

издательство

НАУКА и ТЕХНИКА

Санкт-Петербург

представляет серию книг

«Интерактивный справочник»



Книги серии «Интерактивный справочник» дополняют друг друга. По тексту стоят QR-коды, предназначенные для мгновенного перехода к необходимым ресурсам (видео, справочной информации, калькуляторам), иллюстрирующим рассматриваемый материал. Приложения содержат большие путеводители с QR-кодами для современного электрика.

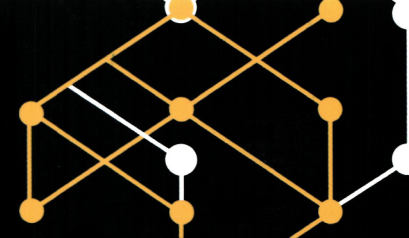


Подробную информацию о книгах смотрите на сайте издательства www.nit.com.ru



«ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА и ТЕХНИКА»
г. Санкт-Петербург

Для заказа книг: (812) 412-70-26
e-mail: nitmail@nit.com.ru



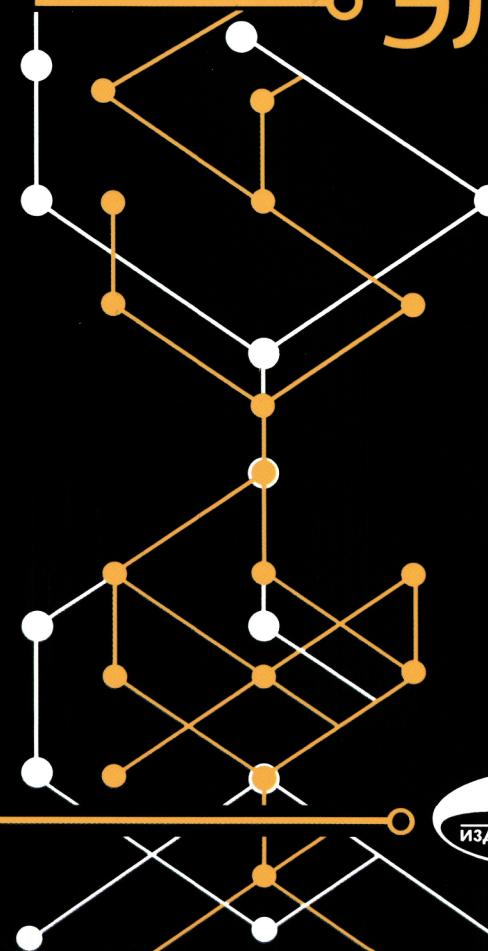
Штерн М.И.

с онлайн ресурсами
через QR-коды

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА



nit.com.ru



Интерактивный
справочник

Штерн М.И.

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА

С ОНЛАЙН РЕСУРСАМИ ЧЕРЕЗ QR-КОДЫ

Серия
«ИНТЕРАКТИВНЫЙ СПРАВОЧНИК»



Издательство Наука и Техника,
Санкт-Петербург

УДК 621.314:621.311.6
ББК 32.816

Штерн М.И.

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника, 2024. — 560 с., илл.

Серия «Интерактивный справочник»

ISBN 978-5-907592-29-2

В интерактивном справочнике сделан упор на рассмотрение информации для современного электрика. Рассматриваются компоненты и материалы для электросети, принцип действия и характеристики электрооборудования, методики безопасной эксплуатации, основы проведения ремонта электротехники и многое другое.

По тексту книги размещены QR-коды, предназначенные для мгновенного перехода к необходимым ресурсам (видео, справочной информации, калькуляторам), иллюстрирующих рассматриваемый материал.

В необходимых случаях приводятся ссылки на Интернет-ресурсы по соответствующей теме. Из приведенных сайтов можно почерпнуть дополнительные сведения по электрооборудованию, которые из соображений оптимизации объема справочника не были рассмотрены. По указанным адресам можно также определить с приобретением соответствующей продукции, запасных частей.

Книга продолжает ряд интерактивных справочников для профессиональных электриков и мастеров-ремонтников. Справочник будет полезен как инженерам, конструкторам, профессиональным электрикам, проводящим ремонт электротехники, так и домашним мастерам.



9 785907 592292

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав. Издательство не несет ответственности за доступность материалов, ссылки на которые вы можете найти в этой книге. На момент подготовки книги к изданию все ссылки на интернет-ресурсы были действующими.

Контактный телефон издательства

(812) 412-70-26

Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Штерн М.И., 2024

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2024

12+

ООО «Издательство Наука и Техника».

192029 г. Санкт-Петербург,

пр. Обуховской обороны, д. 107, лит. Б, пом. 1-Н

Подписано в печать 23.10.2023. Формат 70×100 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 35 п. л.

Тираж 1250 экз. Заказ № 7956.

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО "Принт-М", 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

СОДЕРЖАНИЕ

Онлайн видео, информация и калькуляторы по QR-коду	14
ЧАСТЬ 1. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	15
Глава 1. Физические свойства электроизоляционных материалов	16
Основные понятия и определения	16
Классы нагревостойкости изоляции электротехнических изделий	17
Физические свойства твердых неорганических веществ	18
Физические свойства твердых органических веществ и жидкостей	20
Физические свойства газов	23
Глава 2. Изоляция	24
Изоляция из поливинилхлоридного пластификата	24
Полиэтиленовая изоляция	26
Пленка полиэтилентерефталатная	26
Пленка фторопластовая	28
Изоляционные резина, бумага и картон	31
Полипропиленовая изоляция	32
Полистирольная изоляция	32
Полиуретановая изоляция	33
Неопреновая изоляция	33
Глава 3. Лакоткани и стеклоткани	34
Лакоткани	34
Характеристики стеклоткани	35
Виды стеклотканей	36
Маркировка и свойства ранее выпускавшихся стеклотканей	38
Глава 4. Ленты электропроводящие и полупроводящие	39
Электропроводящие ленты	39
Полупроводящие ленты	40
Глава 5. Слоистые листовые прессованные материалы	44
Текстолит и асботекстолит	44
Стеклотекстолит электротехнический	48
Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные	48
Глава 6. Ткани, ленты изоляционные и герметизирующие	50
Керамические и стеклянные изоляционные ткани	50
Электроизоляционные ленты ЛЭТСАР	51
Термостойкая электроизоляционная резиностеклоткань РЭТСАР	53
Глава 7. Изоляционные ленты	55
Стеклолента с липким слоем ЛСКЛ-155	55
Лента электроизоляционная самослипающаяся СЭЛ	55
Лента электроизоляционная поливинилхлоридная липкая марки ПВХ ..	56
Лента электроизоляционная из поливинилхлоридного пластиката нелипкая марки ЛВ	57

Лента электроизоляционная полиэтиленовая с липким слоем	57
Лента электроизоляционная прорезиненная липкая	58
Лента электроизоляционная стеклотканевая марки ЛСЭ-105/130	58
Лента электроизоляционная лакотканевая марки ЛХМ-105	59
Лента электроизоляционная из стеклянных крученых комплексных нитей марок ЛЭС и ЛЭСБ	59
Лента электроизоляционная бумажная марок К-120, КМ-120	60
Лента хлопчатобумажная для электропромышленности ЛХБ	60
Лента смоляная марки ЛС	61
Лента резиновая маслбензостойкая, мягкая марки МБС	61
Ленты для электропромышленности	62
Глава 8. Изоляционные и термоусаживаемые трубки	63
Изоляционные трубки из поливинилхлоридного пластиката	63
Термоусаживаемая изоляционная трубка ТУТ	65
Тонкостенные термоусаживаемые трубки желто-зеленого цвета	68
Термоусаживаемые трубки Birch Valley Plastics Ltd	68
Термоусаживаемые трубки для изоляции сборных шин	71
Нескользкая термоусаживаемая трубка	72
Трубки холодной усадки	72
Термоусаживаемые ремонтные манжеты	74
Термоусаживаемая среднестенная трубка с клеем	74
Глава 9. Компаунды	76
Назначение компаунда	76
Компаунды горячего отверждения	77
Компаунды для напыленной изоляции	78
Компаунды холодного отверждения	78
Глава 10. Лаки и эмали электроизоляционные	81
Разновидности лаков	81
Лаки кремнийорганические электроизоляционные	82
Лаки электроизоляционные пропиточные марок БТ-987, БТ-988	85
Покровные лаки	86
Клеящие лаки	88
Эмали	90
Глава 11. Клеи	95
Разновидности клеев	95
Акриловые клеи	95
Анаэробные клеи	96
Цианакрилатные клеи	96
Акриловые клеи, отверждающиеся при УФ-облучении	98
Клеи на основе канифоли	100
Клеи на основе каучуков	100
Клеи на основе карбамидоальдегидных олигомеров	100
Клеи на основе фенолоформальдегидных олигомеров	101
Клеи на основе латексов	102
Клеи на основе элементарорганических соединений	103
Клеи-расплавы	105
Неорганические клеи	107
Полиуретановые клеи	107
Полиэфирные клеи	108

Клеи на основе поливинилацетата (ПВА) и его сополимеров.....	108
Клей бутиральфенольный БФ.....	110
Клей «Момент».....	111
Суперклей.....	113
Силикатный клей.....	113
Эпоксидный клей.....	114
Казеиновый клей.....	115
Виниловый клей.....	116

ЧАСТЬ 2. МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ..... 117

Глава 12. Проводниковые материалы, применяемые в электротехнике .. 118

Группы проводниковых материалов.....	118
Медь.....	119
Латуни.....	120
Бронзы.....	121
Алюминий.....	122
Основные характеристики проводниковых материалов.....	123
Токопроводящие жилы.....	125

Глава 13. Сплавы металлов, применяемые в электротехнике 129

Сплавы, используемые в магнитопроводах.....	129
Сплавы для катушек сопротивлений и измерительных приборов.....	130
Жаростойкие сплавы для нагревательных приборов.....	131

Глава 14. Контактные материалы, применяемые в электротехнике 134

Классификация контактов.....	134
Контакты из металлокерамических композиций.....	135

ЧАСТЬ 3. ПРИПОИ И ФЛЮСЫ..... 137

Глава 15. Припой 138

Классификация припоев.....	138
Система обозначения припоев.....	139
Области применения мягких и полутвердых припоев.....	140
Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев.....	141
Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев.....	143
Мягкие припои с низкой температурой плавления.....	144
Твердые серебряные и медно-фосфорные припои.....	144
Медно-цинковые и медно-никелевые твердые припои.....	145
Серебряные припои с пониженной температурой плавления.....	145
Области применения твердых припоев.....	145
Медно-фосфорные припои.....	146
Припои для пайки алюминия.....	146

Глава 16. Паяльные флюсы..... 148

Классификация флюсов и система их обозначений.....	148
Флюсы для пайки мягкими и полутвердыми припоями.....	149
Флюсы для пайки меди и ее сплавов.....	150
Флюсы для пайки и сварки алюминия.....	152
Влияние остатков флюса на изоляцию.....	152

ЧАСТЬ 4. ПРОВОДА И ШНУРЫ	153
Глава 17. Обмоточные провода	154
Классификация обмоточных проводов	154
Медные обмоточные провода	155
Высокочастотные обмоточные провода.....	158
Глава 18. Провода высокого сопротивления	160
Основные характеристики проводов высокого сопротивления	160
Способы соединения проводов из сплавов высокого сопротивления ...	162
Глава 19. Монтажные провода и кабели	164
Назначение, классификация и выбор.....	164
Основные параметры монтажных проводов.....	164
Монтажные кабели	166
Глава 20. Установочные и силовые провода	168
Назначение установочных и силовых проводов	168
Провода с резиновой изоляцией.....	168
Провода с резиновой изоляцией экранированные.....	170
Провода с пластмассовой изоляцией.....	171
Провода для выводов электрических машин и нагревостойкие	173
Число жил и номинальное сечение установочных проводов	174
Глава 21. Соединительные шнуры и гибкие провода	176
 ЧАСТЬ 5. КАБЕЛИ	 179
Глава 22. Маркировка и конструкции кабелей	180
Определение и классификация кабелей	180
Классификация силовых кабелей	181
Условные обозначения силовых кабелей	181
Жилы силовых кабелей	183
Глава 23. Кабели силовые на низкое напряжение	184
Марки, элементы конструкции, области применения	184
Конструктивные параметры	186
Токопроводящие жилы силовых кабелей	187
Маркировка жил силовых кабелей	189
Поясная изоляция многожильных кабелей	190
Одножильные кабели с алюминиевыми жилами.....	190
Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами	192
Разновидности кабелей с медными жилами.....	198
Одножильные кабели с медными жилами.....	199
Трехжильные кабели с медными жилами	200
Требования к электрическим параметрам.....	202
Глава 24. Силовые кабели на напряжения 20 и 35 кВ	204
Конструкция силовых кабелей	204
Силовые одножильные кабели на напряжение 20 и 35 кВ	205
Силовые трехжильные кабели на напряжение 20 и 35 кВ.....	205
Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей.....	206
Приемо-сдаточные испытания силовых кабельных линий	208

ЧАСТЬ 6. СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ.....	209
Глава 25. Разновидности силовых полупроводниковых приборов	210
Силовые MOSFET транзисторы.....	210
Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ или IGBT) ..	214
Модули БТИЗ	216
Силовые диоды	217
Силовые модули	219
Глава 26. Транзисторы MOSFET	220
PolarHT™ HiPerFETs™ и IGBT транзисторы фирмы IXYS	220
Мощные MOSFET транзисторы N-типа	223
Глава 27. Мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором ..	224
Транзисторы фирмы INTERNATIONAL RECTIFIER.....	224
Биполярные транзисторы с изолированным затвором фирмы TOSHIBA.....	229
IGBT модули — одиночные ключи	232
IGBT модули-полумосты.....	233
IGBT модули-чопперы	236
Глава 28. Силовые диоды	239
Диоды выпрямительные	239
Диоды лавинные.....	242
Диоды быстровосстанавливающиеся	244
Диоды Шоттки фирмы IXYS SEMICONDUCTOR.....	247
Зарубежные выпрямительные диоды общего применения.....	250
Модули быстровосстанавливающиеся диодные SFRD	253
Силовые полупроводниковые модули	253
Глава 29. Термисторы.....	256
Термисторы для температурных измерений.....	256
Термисторы для ограничения тока	258
PTC-термисторы.....	259
Глава 30. Мощные транзисторы.....	263
Мощные отечественные полевые транзисторы	263
Мощные импортные полевые транзисторы.....	267
Отечественные транзисторы Дарлингтона	273
Транзисторы Дарлингтона фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR.....	275
Мощные транзисторы фирмы AIRCHILD SEMICONDUCTOR	276
Глава 31. Тиристоры и симисторы	280
Многовыводные полупроводниковые приборы.....	280
Тиристоры низкочастотные.....	281
Тиристоры лавинные	284
Тиристоры быстродействующие.....	285
Тиристоры частотно-импульсные быстродействующие	288
Симисторы	289
Глава 32. Симисторы и тиристоры зарубежного производства	292
Стандартные симисторы фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR	292
Тиристоры фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR.....	294
Тиристоры фирмы ON SEMICONDUCTOR.....	296
Тиристоры для сварки фирмы INTERNATIONAL RECTIFIER	299

ЧАСТЬ 7. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ	301
Глава 33. Теория электродвигателей	302
Неотъемлемые части электродвигателя	302
Потери в электродвигателях	303
Номинальные напряжения электродвигателей	304
Электродвигатели переменного тока	304
Глава 34. Асинхронные электродвигатели: устройство и принцип действия	306
Физические основы работы асинхронных двигателей	306
Принцип действия асинхронных электродвигателей	308
Конструкция асинхронных двигателей	312
Глава 35. Асинхронные электродвигатели популярных серий	313
Асинхронные двигатели единой серии	
A2 и A02, АОП2 АОС2, АОЛС2 с КЗ ротором	313
Электродвигатели серии 5АМ	317
Электродвигатели серии Д основного исполнения	319
Электродвигатели серии Д с повышенным скольжением	321
Многоскоростные электродвигатели серии Д	323
Электродвигатели серии Да сельскохозяйственного исполнения	324
Асинхронные двигатели единой серии ВАО с КЗ ротором	326
Асинхронные двигатели единой серии АО2, АОП2 сельскохозяйственного исполнения	327
Асинхронные двигатели малой мощности серии ДА	328
Электродвигатели общего назначения серий 4А	331
Двигатели универсальные однофазные асинхронные серии УАД	335
Двигатели однофазные серии АИР	336
Двигатели асинхронные однофазные серии 5АЕ	336
Однофазные электродвигатели серии 6А	338
Глава 36. Электродвигатели асинхронные взрывозащищенные	340
Двигатели асинхронные взрывозащищенные, обдуваемые, с короткозамкнутым ротором серии ВАО	340
Двигатели асинхронные взрывозащищенные типа ВАО8	342
Двигатели асинхронные взрывозащищенные серий АИМ, АИМР, АИУ, АИУР	343
Двигатели взрывозащищенные трехфазные, с короткозамкнутым ротором типа АВ	345
Защищенные общепромышленные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели со степенями защиты IP23 и IP44	346
Глава 37. Двигатели асинхронные трехфазные	350
Трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором общепромышленного исполнения	350
Трехфазные асинхронные электродвигатели серии Д	351
Электродвигатели асинхронные трехфазные серии ДАТ	353
Глава 38. Двигатели асинхронные конденсаторные для бытовой техники ...	355
Двигатели однофазные асинхронные конденсаторные серии ДАК	355
Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные встраиваемые серии 2ДАВ	357

Электродвигатели асинхронные однофазные с пусковым конденсатором серии ДАО	358
Однофазные конденсаторные электродвигатели ДАК160, АВЕ-07 и 6ФК.733.031	359
Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные АЗОК ...	360
Глава 39. Двигатели асинхронные особой конструкции	362
Двигатели с повышенным скольжением серии 4АС	362
Многоскоростные электродвигатели с фазным ротором серии 4А	364
Асинхронные двигатели с фазным ротором АК2 и АОК2	371
Двигатели с встроенным электромагнитным тормозом	373
Глава 40. Синхронные электродвигатели	377
Состав синхронного двигателя переменного тока	377
Принцип работы	378
Схема синхронной машины	379
Электродвигатели синхронные ДСО 21-0,4-0,375 и ДСО 21-0,35-0,450 ..	380
Электродвигатели синхронные ДСК 25-3,0-250	381
Электродвигатель синхронный ДСОР32-250-2	381
Электродвигатели синхронные ДСО32-2.0-0.375 и ДСО32-2.0-0.450	382
Глава 41. Синхронные генераторы	383
Синхронные генераторы для автономных энергетических систем	383
Синхронные генераторы со статической системой возбуждения СГД2, СГД2М, СГД21У, СГД25	384
Синхронные генераторы СГСБ с бесщеточной системой возбуждения ..	385
Синхронные генераторы БСГС с бесщеточной системой	387
Синхронные генераторы СГС со статической системой возбуждения ...	388
Синхронные генераторы ГСБ с бесщеточной системой возбуждения и автоматическим регулированием напряжения	389
Глава 42. Шаговые электродвигатели	391
Принцип действия шагового двигателя	391
Шаговый электродвигатель ШД-1С	392
Четырехфазные шаговые электродвигатели магнитоэлектрического типа ШДМ-7Ф и ШДМ-7ФА	393
Электродвигатели шаговые ДШР-39, ДШР-46, ДШ-48	396
Шаговые электродвигатели ДШР-57, ДШР-80	396
Электродвигатели шаговые ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3	398
Глава 43. Электродвигатели постоянного тока	399
Конструкция	399
Принцип действия	401
Электродвигатели постоянного тока 6П	402
Двигатели постоянного тока 4П	404
Коллекторные двигатели постоянного тока типа ДПМ	406
Схемы включения электродвигателей постоянного тока	408
Глава 44. Диагностика электродвигателей	410
Глава 45. Ремонт электродвигателей	414
Наиболее распространенные неисправности электродвигателей	414
Сводная таблица неисправностей электродвигателей	415

Глава 46. Перемотка обмоток электродвигателя	420
Методы определения места повреждения изоляции обмотки	420
Признаки замыкания в обмотках	421
Определение дефектной фазы.	422
Диагностика обмоток	423
Метод последовательного деления на части.	423
Ремонт обмотки с удалением из схемы поврежденных катушек	424
Измерение сопротивления обмоток электродвигателей по постоянному току	426
 ЧАСТЬ 8. АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОММУТАЦИИ	 429
Глава 47. Выключатели автоматические	430
Выключатели автоматические серии АЕ1000 (однополюсные).	430
Выключатели автоматические серии АЕ2000	431
Выключатели автоматические типа ВА51, ВА52	432
Автоматические выключатели серии АП 50Б	433
Глава 48. Концевые выключатели	435
Выключатели путевые серии ВПК	435
Конечные выключатели рычажные серии КУ-700А	436
Глава 49. Пакетные выключатели	437
Пакетные выключатели серии ПВ	437
Пакетные выключатели серии ВП	438
Глава 50. Электронные и электромагнитные пускатели.	439
Назначение пускателей	439
Пускатели электронные ПЭ-001 – ПЭ-004	439
Пускатели ПМ12	440
Пускатели электромагнитные серии ПМЕ	443
Магнитные пускатели серии ПМА	445
Магнитные пускатели серии ПМЛ	446
Глава 51. Реле в устройствах защиты	448
Классификация реле	448
Измерительные реле	449
Логические реле	449
Реле защиты	450
Глава 52. Реле времени	451
Назначение и основные характеристики	451
Реле времени серии РВ-100, РВ-200	452
Глава 53. Реле контроля фаз	454
Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13	454
Реле контроля фаз РКФ-М04-1-01, РКФ-М04-1-03	455
Глава 54. Реле максимального и минимального напряжения	457
Реле максимального напряжения типов РН 51, РН 53, РН 151, РН 153	457
Реле минимального напряжения типов РН 54, РН 154	460

Реле сдвига фаз РН-55.....	461
Реле минимального напряжения с оперативным питанием НЛ-5	462
Реле максимального напряжения НЛ-6	463
Реле минимального напряжения НЛ-7	464
Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М	465
Реле контроля напряжения РЭВ-821 и РЭВ-825.....	466
Глава 55. Реле промежуточные	467
Принцип действия и таблица параметров.....	467
Реле промежуточные РПУ-2	468
Реле промежуточные РПУ-3М.....	469
Реле промежуточные РП-21	471
Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-37.....	471
Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-38.....	472
Реле промежуточное малогабаритное постоянного тока ПЭ-39.....	473
Реле промежуточные электромагнитные РЭП-20	475
Реле промежуточное РП-16	475
Реле промежуточные электромагнитные РЭП-15	476
Реле промежуточные двухпозиционные РП-8, РП-9, РП-11, РП-12	478
Реле промежуточные с выдержкой времени РП 251, РП 252, РП 253, РП 254, РП 255 и РП 256.....	479
Реле промежуточные электромагнитные РП23 и РП25	480
Реле РЭ16	481
Реле промежуточные РЭВ-822 и РЭВ-826.....	482
Глава 56. Реле тепловые токовые	483
Реле электротепловые токовые серии РТТ	483
Реле электротепловые токовые серии РТЛ	484
Глава 57. Реле токовые	486
Классификация, принцип действия и характеристики	486
Реле максимального тока РТ-40, РТ-140.....	488
Реле тока серии РТ-40	489
Реле максимального тока РТ81, РТ82, РТ83, РТ84, РТ85, РТ86	490
Реле максимального тока РТ91, РТ95	492
Реле максимального тока РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14	492
Реле контроля тока РЭВ-830.....	493
Двустабильные реле тока серии РТД 11 и РТД 12.....	494
Глава 58. Указательные реле	496
Структура условного обозначения.....	496
Технические характеристики	496
Глава 59. Твердотельные оптоэлектронные реле	499
Классификация твердотельных реле	499
Способы управления	500
Однофазные нормально замкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ	501
Однофазные нормально разомкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ	503
Трехфазные реле переменного тока 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ	506
Однополярные нормально замкнутые реле постоянного тока 5П20.01ПА, ПА1	508

Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока 5П20.10П, П1, ПА, ПА1	509
Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П, П1, ПА, ПА1	511
Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П62.10П1	513
Оптоэлектронные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с защитой по току 5П40ПТ	514
Однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П59.10П1....	516
Биполярные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П57.10П1	517
Биполярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П19.10П, П1, ПА, ПА1	518
Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на IGBT-транзисторах 5П20.10Г1, GD1, GA1, GDA1	519
Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах 5П40.10Г1, GD1, GA1, GDA1	521
Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П62.10Г1, GD1	523
Оптоэлектронные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40ГТ	524
Реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П59.10Г1, GD1	525
Однофазные реверсивные реле 5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ	527
Двухфазные реверсивные реле 5П55.20ТМ	528
Трехфазные реверсивные реле	528
Корпуса твердотельных реле	529

Приложение 1. Онлайн-калькуляторы для современного электрика 537

Базовые калькуляторы по электротехнике	537
Расчеты токовой нагрузки квартирной электросети	539
Расчеты греющего провода для прогрева бетона	539
Расчеты проводов и кабелей для домашней электросети	540
Расчеты провода обогрева водопровода, водосточков и кровли дома ...	540
Расчеты греющего кабеля теплого пола.	540
Расчеты и выбор комплектации квартирного щитка	541
Расчеты для использования светодиодных лент	541
Расчеты на использование электроприборов	541
Расчеты элементов заземления дома	542
Расчеты молниезащиты дома	542
Расчеты для электродвигателей	542
Расчеты освещения помещения	543
Расчеты номинального тока автоматов	543
Конвертеры физических величин, используемых в электротехнике	543

Приложение 2. Поставщики электротехнической продукции..... 544

Поставщики кабельной продукции	544
Поставщики силовых полупроводниковых приборов	545
Поставщики электроустановочных изделий	546
Поставщики реле	547

Поставщики электронных датчиков	548
Поставщики терморегуляторов	549
Поставщики трансформаторов	550
Поставщики средств электробезопасности	550
Поставщики электроизмерительных приборов	551
Поставщики электродвигателей	552

Приложение 3. Особенности электрики в странах, использующих стандарт электроснабжения 120 В 60 Гц 553

Инструменты и электротехнические материалы	553
Провода и кабели, рекомендации по выбору	555
Формирование квартирных и домовых щитков	556
Электросеть деревянных и каркасных домов	556

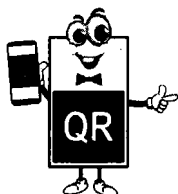
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 558

ОНЛАЙН ВИДЕО, ИНФОРМАЦИЯ И КАЛЬКУЛЯТОРЫ ПО QR-КОДУ

Для работы с интерактивным материалом в книге широко используется технология QR-кодов, которая превращает этот СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРИКА в удобный ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОДУКТ.

QR-код (quick response code) — это двухмерный матричный штрих-код (или бар-код), предоставляющий информацию для ее быстрого распознавания с помощью камеры на мобильном устройстве. Аббревиатура **QR** происходит от английской фразы **QUICK RESPONSE**, что можно перевести как **БЫСТРЫЙ ОТКЛИК**.

Стандартные программы-сканеры, входящие в исходный набор ПО смартфона, часто не очень удобны в работе по следующим причинам: работают недостаточно быстро, могут не распознать код при низком качестве изображения, обычно автоматически не переходят на изображение в интернете, требуя дополнительного нажатия ссылки на экране.



Для работы с QR-кодами Издательство рекомендует установить на смартфон (планшет) СПЕЦИАЛЬНОЕ более КАЧЕСТВЕННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ: «Сканер QR- и штрих-кодов (русский)» TeaCapps, отсканировав своим мобильным устройством под управлением ANDROID 6.0 и выше этот QR-код.



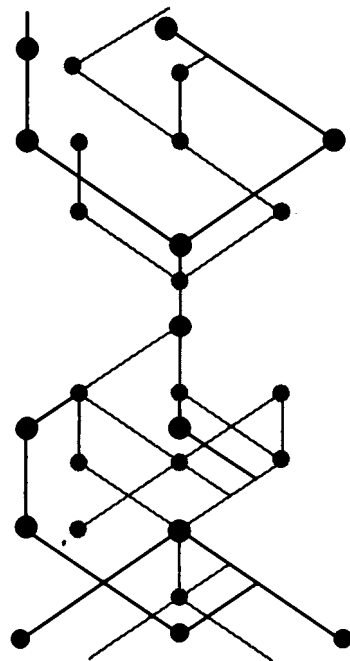
Можно установить это Приложение на смартфон и вручную, найдя это приложение в GooglePlay или AppStore.

Приложение «Сканер QR и штрих-кодов (русский)» представляет собой современный сканер QR- и штрих-кодов со всеми необходимыми пользователю функциями. Поддерживается чтение всех распространенных форматов штрих-кодов: QR-код, примененный в данной книге, а также Data Matrix, Aztec, UPC, EAN, Code 39 и многие другие, которые могут пригодиться в дальнейшем.

После установки на смартфон, запустите Приложение и настройте его, перейдя в раздел «НАСТРОЙКИ» (иконка в верхнем правом углу экрана). Поставьте «птичку» напротив пункта «ОТКРЫВАТЬ ВЕБ-САЙТЫ АВТОМАТИЧЕСКИ». При такой настройке сайты при сканировании QR-кодов в книге будут открываться немедленно после сканирования.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- *Физические свойства электроизоляционных материалов*
- *Изоляция*
- *Лакоткани и стеклоткани*
- *Ленты электропроводящие и полупроводящие*
- *Слоистые листовые прессованные материалы*
- *Ткани, ленты изоляционные и герметизирующие*
- *Изоляционные ленты*
- *Изоляционные и термоусаживаемые трубки*
- *Компаунды*
- *Лаки и эмали электроизоляционные*
- *Клеи*



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

|| Основные понятия и определения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Диэлектрическая проницаемость материала** – величина, характеризующая способность диэлектрика поляризоваться в электрическом поле и равная отношению емкости конденсатора с данным диэлектриком к емкости аналогичного конденсатора, диэлектриком которого является вакуум.*

Тангенс угла диэлектрических потерь характеризует мощность, рассеиваемую в единице объема вещества. Чем больше этот тангенс, тем больше нагрев диэлектрика.

Электрическая прочность диэлектрика определяется напряженностью однородного электрического поля, при которой происходит электрический пробой.

Электропроводность диэлектрика характеризуется удельным объемным и удельным поверхностным сопротивлением. Для низкокачественных электроизоляционных материалов (дерево, мрамор) значение электропроводности находится в пределах $10^6 \dots 10^8 \text{ Ом} \times \text{м}$, для высококачественных (фторопласт, полистирол) – $10^{14} \dots 10^{16} \text{ Ом} \times \text{м}$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Нагревостойкость материала** – способность длительно выдерживать высокую температуру.*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p><i>Изоляционные материалы</i></p>	 <p><i>Свойства электроизоляционных материалов</i></p>	 <p><i>Электроизоляционные материалы и изделия</i></p>
 <p><i>Виды, свойства и область применения электроизоляционных материалов</i></p>	 <p><i>Основные свойства электроизоляционных материалов</i></p>	 <p><i>Электроизоляционные материалы, применяемые в промышленности</i></p>

ONLINE ВИДЕО

 <p><i>Изоляторы и диэлектрики: в чём разница?</i></p>	 <p><i>Неметаллические и электроизоляционные материалы</i></p>	 <p><i>Изоляционные материалы в электротехнике</i></p>
--	--	--

Классы нагревостойкости изоляции электротехнических изделий

Согласно ГОСТ 8865-93 стойкость изоляции электротехнических изделий зависит от температуры, электрических и механических воздействий, вибрации, агрессивности среды, химического воздействия, влажности, загрязнения, радиационного излучения. Главным фактором старения электроизоляционных материалов и систем изоляции является **температура**. Поэтому для оценки стойкости электрической изоляции электротехнических изделий к воздействию температуры приняты **классы нагревостойкости**, представленные в табл. 1.1.

Классы нагревостойкости и соответствующие им температуры

Таблица 1.1

Класс нагревостойкости	Температура, °C	Класс нагревостойкости	Температура, °C	Класс нагревостойкости	Температура, °C
Y	90	B	130	200	200
A	105	F	155	220	220
E	120	H	180	250	250

Температура выше 250 °C должна повышаться на интервал в 25 °C с присвоением соответствующих классов. Использование буквенных обозначений необязательно. Но следует придерживаться вышеприведенного соответствия между буквенными обозначениями и температурами.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Класс
нагревостойкости
изоляции



Классы
нагревостойкости
электроизоляционных
материалов



Классы
нагревостойкости
изоляции и режим рабо-
ты электродвигателей

Физические свойства твердых неорганических веществ

Основные физические свойства твердых неорганических веществ приведены в табл. 1.2.

Основные физические свойства твердых неорганических веществ

Таблица 1.2

Вещество	Температура, °C	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Алюминия окись	20	10^{16}	-	10	$5 \cdot 10^{-4}$ (10^6 Гц)
	300	$3 \cdot 10^{13}$	-	-	$15 \cdot 10^{-4}$ (10^{10} Гц)
	800	$3,5 \cdot 10^8$	-	-	-
	1100	10^6	-	-	-
Асбест (хризотилвый)	20	$10^{10} - 10^{12}$	-	-	-
Асбестоцемент	20	$10^{10} - 10^{12}$	2-3 (20-150 °C)	-	-

Таблица 1.2 (продолжение)

Вещество		Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Бериллия окись		600	$4 \cdot 10^5$	-	7,5	$3 \cdot 10^{-4}$ ($2 \cdot 10^{-9}$ Гц)
		1100	$5 \cdot 10^6$			
		2100	10^3			
Бора нитрид		2000	$1,9 \cdot 10^3$	-	-	-
Калий бромистый		25	-	$0,85 \cdot 10^5$	4,9	-
		300	$0,5 \cdot 10^9$			
		500	$3 \cdot 10^6$			
		700	10^4			
Калий хлористый		25	-	$1,2 \cdot 10^5$	4,68	-
		300	$0,5 \cdot 10^9$			
		500	$3 \cdot 10^6$			
		700	10^4			
Кварц плавленый		20	10^{15}	$6,5 \cdot 10^5$	3,75	0,003
		400	10^{10}	-	3,75	
		600	10^8	-	3,75	
		1000	10^6	-	-	
Керамика конденсаторная	TK-20	20	$10^{14} - 10^{15}$	32	28-30	$2,5 - 5,5 \cdot 10^{-4}$
	TK-20-80	20	$10^{14} - 10^{15}$	-	30-32	$3,5 - 6 \cdot 10^{-4}$
	T-80	20	$10^{13} - 10^{14}$	27	78-88	$4 - 5,5 \cdot 10^{-4}$
	T-150	20	$10^{14} - 10^{15}$	22	150-165	$2 - 4 \cdot 10^{-4}$
	T-900	20	$10^{12} - 10^{14}$	28	900-1000	$5 - 10 \cdot 10^{-4}$
	CM-I	20	$10^{11} - 10^{13}$	13	2700-3000	$1 - 2 \cdot 10^{-2}$
Магния окись		850	$2 \cdot 10^8$	-	-	-
		2100	$4,5 \cdot 10^2$	-	-	-
Мрамор		20	$10^7 - 10^{11}$	2,5	8-10	0,005-0,001
Натрий бромистый		25	-	$0,98 \cdot 10^5$	6,1	-
		300	$3 \cdot 10^7$	-	-	-
		500	$2 \cdot 10^5$	-	-	-
		700	$2 \cdot 10^3$	-	-	-
Натрий хлористый		25	-	$1,56 \cdot 10^5$	5,9	-
		300	10^9	-	-	-
		500	$3 \cdot 10^6$	-	-	-
		700	10^4	-	-	-
Слюда мусковит		20	10^{15}	$10^5 - 10^6$ (эксперимент)	6,8-7,5	0,0002-0,0006
Слюда флогопит		20	$10^{13} - 10^{14}$	200 (технич.)	5,5	0,0025-0,01
Стеатит (высоковольтный)		20	10^{15}	20-25	6-6,5	0,002
		100	-	-	-	-
Стекло		200	$4 \cdot 10^9$	-	-	-
Стекло боросиликатное №24		20	-	-	8,4	0,0009
		200	$3 \cdot 10^{13}$	-	-	0,0009

Таблица 1.2 (продолжение)

Вещество	Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь
Стекло пирекс натриевый	20	-	-	5,3	0,0035
	200	$2 \cdot 10^8$	-	-	0,01
Стекло пирекс калиевый	20	-	-	5,7	0,0018
	200	$8 \cdot 10^{11}$	-	-	-
Стекло титановое	20	-	-	11,0	0,0012
	200	10^3	-	-	0,0012
Тальк	20	$10^9 - 10^9$	1	4-5	-
Тория двуокись	20	$4 \cdot 10^{13}$	-	17	$1,5 \cdot 10^{-3}$
	550	$2,6 \cdot 10^4$	-	-	-
	1200	$1,5 \cdot 10^4$	-	-	-
Циркония двуокись	385	10^4	-	-	-
	700	$2,2 \cdot 10^3$	-	-	-
	1200	$3,6 \cdot 10^2$	-	-	-
	2000	10	-	-	-

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Неорганические вещества. Физические свойства и реакционная способность

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Классификация неорганических веществ.

**ONLINE
ВИДЕО**

Классификация неорганических веществ

|| Физические свойства

|| твердых органических веществ и жидкостей

Основные физические свойства твердых органических веществ приведены в табл. 1.3.

Основные физические свойства твердых органических веществ

Таблица 1.3

Вещество		Темпера- тура, °С	Удельное сопротивле- ние, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектри- ческая прони- цаемость	Тангенс угла диэлектриче- ских потерь
Антрацен		17	-	-	3,46	-
Винипласт		20	10 ¹⁴ –10 ¹⁵	45	3,1–3,5	0,025–0,04
Воск (пчелиный)		20	5–12·10 ¹³	25–30	2,8–2,9	0,02–0,03
Гетинакс		20	10 ¹⁰ –10 ¹¹	16–25	7–8	0,045–0,1
Дифенил		17	-	-	2,57	-
Древесина	Дуб	20	8·10 ¹⁰	3–5,5	-	-
	Сосна	20	8·10 ¹⁰	2,4–4,5	-	-
Канифоль		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁶	10–15	3	<0,05
Каучук (натуральный)		20	5·10 ¹⁵ –10 ¹⁶	-	2,3–2,4	0,001–0,003
Нафталин		25	-	-	2,85	-
Парафин		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁷	20–30	1,9–2,2	3,7·10 ⁻⁴
Поливинилхлорид (полихлорвинил)		20	10 ¹⁴ –10 ¹⁶	14–20	3–5	0,03–0,05
Полиметилметакрилат (орг. стекло)		20	10 ¹⁴ –10 ¹⁶	18–35	3,5–4,5 (50 Гц) 2,7–3,2 (10 ⁶ Гц)	0,04–0,06 (50 Гц) 0,02–0,03 (10 ⁶ Гц)
Полистирол		20	10 ¹⁷ –10 ¹⁸	20–35	2,45–2,65	0,0001–0,0008
Политетрафторэтилен		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁶	20–30	2	0,0002
Полиэтилен		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁷	18–20	2,3	0,0002
Резина электроизоляционная		20	10 ¹⁴ –10 ¹⁵	20–40	2,5–5	0,01–0,03
			кратковременно			
Резина кремнийорганическая		20	10 ¹⁴	20	4	0,008–0,01
Смола эпоксидная		20	10 ¹³ –10 ¹⁴	16	3,7	0,019
Текстолит		20	10 ⁹ –10 ¹⁰	3,5–6	8	0,07 и более
Стеклотекстолит		20	10 ¹²	10–12	-	0,05–0,06
Фенопласт (пресс-порошок)	K-211-3	20	10 ¹⁴	12	7	0,01
	K-211-4	20	10 ¹³	12	6	0,02
	K-211-34	20	10 ¹⁴	12	-	0,01
Церезин		20	10 ¹⁶	15	2,1–2,3	0,2·10 ⁻⁴
Шеллак		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁶	20–30	3,6	0,01
Эбонит		20	10 ¹⁵ –10 ¹⁶	-	2,7–3,0	0,01–0,015
Янтарь		20	до 10 ¹⁹	-	2,8	0,01

ONLINE ВИДЕО



Классификация
органических
веществ

ONLINE ВИДЕО



Составление
формул органиче-
ских соединений
по названию

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Физические
свойства органиче-
ских веществ

Основные физические свойства жидкостей приведены в табл. 1.4.

Основные физические свойства жидкостей

Таблица 1.4

Вещество	Температура, °С	Удельное сопротивление, Ом·см	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость
Азот (жидкий)	-198,4	-	-	1,445
Аммиак (жидкий)	-77,7	$1,3 \cdot 10^7$	-	25,0
Аргон (жидкий)	-184,4	-	-	1,516
Ацетон	-15	$1,1 \cdot 10^9$	-	-
	25	-	-	20,74
Бензол	20	10^{18}	-	-
	25	-	-	2,2747
Бром	-17,2	$1,3 \cdot 10^{13}$	-	3,22
Вода (перегнанная в вакууме)	0	$1,58 \cdot 10^8$	-	-
	10	$2,85 \cdot 10^8$	-	-
	18	$4,44 \cdot 10^8$	-	78,3 (25°)
	34	$9,62 \cdot 10^8$	-	34,6 (208°)
	50	$18,9 \cdot 10^8$	-	10,1 (364°)
Вода (дистиллированная)	20-25	$1-4 \cdot 10^6$	-	-
Водород (жидкий)	-252,85	-	-	1,225
Водород хлористый (жидкий)	-96	10^8	-	-
	-113,2	-	-	11,8
Гексан	18	10^{18}	-	-
Гелий (жидкий)	-269,0	-	-	1,048
Глицерин	25	$6,4 \cdot 10^8$	-	42,4
Кислород (жидкий)	-182,9	-	-	1,463
Кислота муравьиная	18	$5,6 \cdot 10^5$	-	57,9
Кислота олеиновая	15	$2 \cdot 10^{10}$	-	-
Кислота серная	21,9	-	-	2,43
	25	10^2	-	-
Кислота уксусная	25	$1,1 \cdot 10^8$	-	6,19
Масло касторовое (рициновое)	20	$5 \cdot 10^{10} - 5 \cdot 10^{12}$	14-16	4-4,5
	100	-	-	3,5-4,0
Масло кремний-органическое	20	$10^{14} - 10^{15}$	20-43,5	2,5-3,5
Масло конденсаторное	20	10^{14}	20	2,1-2,3
Масло трансформаторное	20	$10^{14} - 10^{16}$	20-25	2,1-2,2
	60	$10^{13} - 10^{15}$		
Сероводород (жидкий)	-61,8	10^{11}	-	8,04
Сероуглерод	25	-	-	2,625
Спирт метиловый	20	$5,8 \cdot 10^6$	-	37,92 (0°)
	0	$1,5 \cdot 10^7$	-	-
Спирт этиловый	18	$6,4 \cdot 10^8$	-	26,4 (10°)
	25	$1,3 \cdot 10^9$	-	-
Толуол	19,5	$< 10^{14}$	-	2,435 (0°)
Фтор (жидкий)	-189,97	-	-	1,517
Хлор (жидкий)	-70	10^{16}	-	2,048
Этиленгликоль	-	-	-	38,7
Эфир диэтиловый	25	$4 \cdot 10^{13}$	-	4,22

ONLINE
ВИДЕОФизические
свойства
жидкостейONLINE
ИНФОРМАЦИЯФизические
свойства
жидкостиONLINE
ИНФОРМАЦИЯОсновные физи-
ческие свойства
жидкостей

Физические свойства газов

Основные физические свойства газов приведены в табл. 1.5.

Основные физические свойства газов

Таблица 1.5

Вещество	Температура, °С	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость
Азот	0	1,0	1,00058
Аргон	0	0,25	1,000554
Вода (пар)	10	–	1,0126
Водород	0	0,6	1,00027
Воздух	0	1,0	1,00057
Гелий	0	0,2	1,000068
Дихлордифторметан (фреон-12)	–	2,4–2,6	1,00355

Вещество	Температура, °С	Пробивное напряжение, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость
Кислород	0	0,9	1,000532
Ксенон	25	–	1,000768
Неон	0	0,15	1,000127
Ртуть	400	–	1,00074
Серы гексафторид (элегаз)	25	2,3–2,5	1,002049
Углерода двуокись (углекислый газ)	0	0,9	1,00099

ПРИМЕЧАНИЕ

Пробивное напряжение для газов дается по отношению к воздуху, для которого пробивное напряжение равно 32 кВ/см при толщине зазора 1 см и давлении 760 мм рт. ст. Значения диэлектрической проницаемости для газов соответствует давлению 760 мм рт. ст.

**ONLINE
ВИДЕО**



Газ – свойства
и классы

**ONLINE
ВИДЕО**



Свойства газов

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Физические
свойства газов

ИЗОЛЯЦИЯ

|| Изоляция из поливинилхлоридного пластификата

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Поливинилхлоридный пластификат (ПВХП) — смесь из поливинилхлорида с пластификаторами, стабилизаторами и иными добавками, которые придают ПВХП эластичность, облегчают его обработку, однако ухудшают его электроизоляционные свойства, нагревостойкость, химическую стойкость.

К ПВХП общего применения относят марки: И40, И45, И50, И60. ПВХП пониженной горючести: марки НГП 40-32 и НГП 30-32. Выпускают в соответствии с ТУ 2246-425-05761784-98. ПВХП марки ИМ 40-8, ИОМ 40-8 — в соответствии с ТУ 6-02-51-90, ПВХП повышенной тепло- и бензомаслостойкости марки ИТ-105В — в соответствии с ТУ 16.К 71-275-98 и т. д.

ПВХП марок И40-13, И40-13А, И40-14 используют для изоляции проводов и кабелей в диапазоне температур от -40 до $+70$ °С. Для той же цели используют марки И50-13, И50-14 в диапазоне температур от -50 до $+70$ °С, а И60-12 — в диапазоне температур от -60 до $+70$ °С. Все эти марки изоляции рекомендованы для районов крайнего Севера.

Для изоляции и оболочки проводов и кабелей используется марка И45-12 в диапазоне температур от -45 до $+70$ °С.

Физические свойства и технические характеристики некоторых ПВХП представлены в табл. 2.1.

*Физические свойства и технические характеристики
некоторых ПВХП общего применения*

Таблица 2.1

Параметры	Марки поливинилхлоридного пластификата					
	И40-13	И40-14	И45-12	И50-13	И50-14	И60-12
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, при 20 °С	10 ¹³	2·10 ¹⁴	10 ¹²	2·10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹²
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, при 70 °С	2·10 ¹⁰	1,5·10 ¹²	–	5·10 ¹⁰	10 ¹²	10 ¹⁰
Прочность при разрыве, не менее, МПа	17,6	19,6	11,7	19,6	17,6	9,8
Относительное удлинение при разрыве, %	200	250	350	200	200	300
Температура хрупкости, не выше, °С	–40	–40	–45	–50	–50	–60
Потери в массе при нагреве до 160 °С в течение 6 ч, %	2	2	2,5	2	2	2
Светостойкость при 70 °С, не менее, ч	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Твердость при 20 °С, не менее, МПа	1,47	1,47–1,96	1,07	5,8	Не нормируется	0,69
Твердость при 70 °С, не менее, МПа	0,78	0,68–1,07	0,78	1,07	Не нормируется	0,39
Водопоглощение, не более, %	0,32	0,23	0,30	0,32	0,32	0,46
Температура размягчения, °С	180±10	180±10	170	190±10	175±10	175±10
Плотность, г/см ³	1,27–1,35	1,28–1,32	1,2–1,25	1,29–1,35	1,26–1,3	1,16–1,24
Количество посторонних включений, не более	45	18	27	56	27	36

ONLINE ВИДЕО

*Линия нанесения
поливинилхлоридной
изоляции на жилу
электропровода*

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Поливинилхлоридный
пластикат в кабельно-
проводниковом мире*

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Изоляция из поли-
винилхлоридного
пластиката*

Полиэтиленовая изоляция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Полиэтиленовая изоляция (ПЭ) – материал, изготовленный на основе полиэтиленов низкой плотности (ПЭНП) и полиэтиленов высокой плотности (ПЭВП).

ПЭНП получают полимеризацией этилена при высоком давлении, а ПЭВП — при низком давлении с применением металлорганических катализаторов. Маркировка композиций:

- на основе ПЭНП включает трехзначные цифры, начинающиеся с единицы: 102, 107 и т. д.
- на основе ПЭВП включает цифры, начинающиеся с двойки: 204, 206, 207 и т. д.

Электрическая прочность для полиэтиленовых изоляций (ПЭИ) толщиной 1 мм при частоте 50 Гц составляет 35–40 кВ/мм. **Диэлектрическая проницаемость** при частоте 1 МГц изменяется в пределах 2,3–2,4. Тангенс угла диэлектрических потерь при той же частоте — в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ до $7 \cdot 10^{-4}$. Применение ПЭИ отражено в табл. 2.2.

Области применения полиэтиленовой изоляции

Таблица 2.2

Марка композиций	Область применения
Диапазон рабочих температур от –70 до +70 °С	
102-01K, 153-01K, 178-01K, 107-01K, 180-01K	Для неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей. Рекомендованы для кабелей связи (кроме 180-01K)
102-02K, 104-02K, 107-02K, 107-04K, 153-02K, 153-04K, 178-02K, 179-04K, 180-02K, 180-04K	Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей
Диапазон рабочих температур от –60 до +90 °С	
204-07K, 206-07K, 207-07K, 208-07K	Для окрашиваемой и неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей
204-11K, 206-11K, 273-81K	Для светостойкой изоляции проводов
271-70K	Для изоляции проводов и кабелей

Пленка полиэтилентерефталатная

Пленка полиэтилентерефталатная ПЭТ-Э (лавсан) представляет собой гибкую, прочную и долговечную пленку. Она применяется в электрической изоляции либо как самостоятельный материал, либо в виде ламинатов с другими гибкими материалами. Пленка обладает большой

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Полиэтиленовая
изоляция

прочностью при растяжении, отличается большой влагостойкостью и стойкостью к большинству химикатов и может выдерживать температуры от -70 до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Марки полиэтилентерефталатных пленок в зависимости от их назначения:

- ♦ **Э** — для изготовления электроизоляционных материалов, для изоляции проводов и кабелей, обмоток электрических машин и аппаратов и для изделий радиотехнического назначения;
- ♦ **КЭ** — для конденсаторов и изоляции обмоток электрических машин и аппаратов;
- ♦ **М** — для основы при получении металлизированной пленки;
- ♦ **О** — для товаров культурно-бытового и хозяйственного назначения.

Пленку по цвету выпускают неокрашенную белую и голубую. Пленку марок Э и КЭ выпускают высшего и первого сортов.

Условное обозначение пленки состоит из сокращенного названия материала (ПЭТ), марки (Э, КЭ, М, О), толщины в микрометрах, ширины в миллиметрах, цвета, сорта и обозначения настоящего стандарта:

Пример условного обозначения полиэтилентерефталатной пленки марки Э, толщиной 20 мкм, шириной 8 мм, неокрашенной, высшего сорта: **ПЭТ-Э, 20Х8, неокрашенная, высший сорт, ГОСТ 24234-80.**

Электрическая прочность полиэтилентерефталатных пленок должно быть не менее:

- ♦ для пленки марки КЭ толщиной до 6 мкм — 100 кВ/мм, свыше 6 мкм — 120 кВ/мм;
- ♦ для пленки марки Э толщиной 190 мкм — 75 кВ/мм, 250 мкм — 70 кВ/мм.

Гарантийный срок хранения со дня изготовления устанавливается для пленки марок: Э, КЭ и М — 12,5 лет; О — 5 лет.

Основные электроизоляционные и физико-математические свойства пленки полиэтилентерефталатной ПЭТ-Э представлены в табл. 2.3.

Основные электроизоляционные
и физико-математические свойства
пленки полиэтилентерефталатной ПЭТ-Э

Таблица 2.3

Показатель	Норма
Плотность, кг/м^3	1390–1400
Водопоглощение при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 7 сут., вес. %	0,5
Влагопроницаемость для пленки толщиной 25 мкм при $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 90 %, кг/м^2	0,03
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	260
Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$	0,19
Удельная теплоемкость, $\text{Дж/кг}\cdot\text{К}$	
при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	1320
при $200\text{ }^{\circ}\text{C}$	1994

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Пленка полиэтилентерефталатная
ПЭТ-Э

Таблица 2.3 (продолжение)

Показатель	Норма
Модуль упругости при растяжении, МПа	3500–4000
Диэлектрическая проницаемость при частоте 60 Гц	3,1–3,2
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1000 Гц	3,1–3,2
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10^6 Гц	3,0–3,1
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, при температуре 23 °С и относительной влажности 30 %	$1 \cdot 10^{16}$
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, при температуре 23 °С и относительной влажности 80 %	$1 \cdot 10^{12}$
Показатель преломления	1,655
Газопроницаемость пленки толщиной 20 мкм, $\text{м}^2\text{Па}^{-1}\text{с}^{-1}$ для газа CO_2	$5 \cdot 10^{-14}$
Газопроницаемость пленки толщиной 20 мкм, $\text{м}^2\text{Па}^{-1}\text{с}^{-1}$ для газа N_2	$0,2 \cdot 10^{-14}$
Газопроницаемость пленки толщиной 20 мкм, $\text{м}^2\text{Па}^{-1}\text{с}^{-1}$ для газа O_2	$1,0 \cdot 10^{-14}$
Зольность, %, не более для пленки без наполнителя	0,15
Зольность, %, не более для пленки с наполнителем	0,5
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10^3 Гц	0,0045
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10^6 Гц	0,022
Класс нагревостойкости	В
Кислородный индекс	20–25

ONLINE ВИДЕО



Производство ПЭТ пленки

ONLINE ВИДЕО



Производство ПЭТ пленки

ONLINE ВИДЕО



В чем разница между АПЭТ, ПЭТ-Э, ПЭТ-Г, БОПЭТ пленкой?

ПРИМЕЧАНИЕ

Пленка устойчива к действию кипящей воды, минеральных кислот, органических жидкостей, солнечному свету; среднеустойчива – к щелочам и ультрафиолетовым лучам, и растворяется в фенолах и серной кислоте. Пленка марки КЭ допускает металлизацию в вакууме цинком с подслоем олова или алюминием, обеспечивая равномерное покрытие металлом.

Пленка фторопластовая

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Фторопласт-4 (политетрафторэтилен, тефлон или фторопласт-4 $(-\text{C}_2\text{F}_4)_n$) – полимер тетрафторэтилена (ПТФЭ – PTFE) – фторуглеродный полимер, продукт полимеризации тетрафторэтилена.

Высокая прочность связи атомов фтора и углерода и специфичная структура молекул обуславливают хорошее сочетание химических, физических, электрических, антифрикционных и других свойств, которое невозможно найти ни в каком другом материале.

Фторопласт-4 имеет температуру плавления около 327 °С и температуру разложения свыше 415 °С. Используется в диапазоне температур от -90 до +250 °С.

В связи с этим фторопласт-4 перерабатывается в изделия методом предварительного формования заготовок на холоду с последующим спеканием.

Фторопласт-4 обладает:

- ♦ исключительно высокими диэлектрическими показателями;
- ♦ низкими значениями тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости, почти не зависящими от частоты и температуры;
- ♦ исключительно высокой стойкостью к вольтовой дуге;
- ♦ электрической прочностью (при изменении на тонких пленках толщиной 5–20 мкм электрическая прочность достигает 300 МВ/м и более);
- ♦ чрезвычайно высокой химической стойкостью, которая объясняется высоким экранирующим эффектом электроотрицательных атомов фтора;
- ♦ стойкостью ко всем минеральным и органическим кислотам, щелочам, органическим растворителям, газам и другим агрессивным средам. Разрушение материала наблюдается лишь при действии расплавленных щелочных металлов;
- ♦ способностью не смачиваться водой;
- ♦ высокими антифрикционными свойствами, исключительно низким коэффициентом трения.

Фторопласт считают высокотехнологичным пластиком, **который широко применяется:**

- ♦ как антикоррозионный материал — в химической промышленности для аппаратов, теплообменников, насосов, труб, клапанов, облицовочной плитки, сальниковых набивок и др.;
- ♦ как диэлектрик — в электротехнике, электронике;
- ♦ как материал для уплотнителей и подшипников скольжения — в машиностроении;

ONLINE ВИДЕО



*Производство
пленок
из фторопласта*

ONLINE ВИДЕО



*Пленка
фторопластовая.
Применение
и технические
характеристики*

- ♦ в чистом и наполненном виде фторопласт применяется для деталей машин и аппаратов, подшипников, работающих без смазки в коррозионных средах, в виде уплотнений в компрессорах, кранах и др. оборудовании;
- ♦ в производстве клейких и красящих веществ,— для защиты оборудования от загрязнений;
- ♦ в пищевой промышленности (облицовка валов, покрытие форм, уплотнение оборудования);
- ♦ в медицине — протезы и трансплантаты, емкости, держатели протезов и т. д.).

В зависимости от свойств и назначения **фторопласт-4** выпускают следующих марок, которые рекомендуются для изготовления:

- ♦ **С** — специзделий;
- ♦ **П** — электроизоляционной и конденсаторной пленок;
- ♦ **ПН** — электротехнических изделий и других изделий повышенной надежности, а также электроизоляционных, изоляционных и пористых, вальцованных пленок и прокладочной ленты (при отсутствии фторопласта-4 марки С допускается применять фторопласт-4 марки ПН для изготовления изделий спецназначения);
- ♦ **О** — изделий общего назначения и композиций;
- ♦ **Т** — толстостенных изделий и трубопроводов.

Свойства фторопласта-4 приведены в табл. 2.4 и табл. 2.5 (ГОСТ 10007-80).

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Пленка
фторопластовая

Основные свойства фторопласта-4

Таблица 2.4

Наименование показателя	Норма для марки				
	С	П	ПН	О	Т
Внешний вид	Легко комкующийся порошок белого цвета без видимых включений			Легко комкующийся порошок белого цвета	
Внешний вид пластины: цвет	Белый однородный			Белый однородный. Допускается серый или кремовый оттенок	
Внешний вид пластины: чистота	Не определяют		В соответствии с образцом, утвержденным в установленном порядке		
Массовая доля влаги, % не более	0,02				
Плотность, г/см³, не более	2,18		2,19	2,20	2,21
Прочность при разрыве незакаленного образца, МПа (кгс/см²), не менее	27 (270)	26 (260)	25 (250)	23 (230)	15 (150)
Относительное удлинение при разрыве незакаленного образца, %, не менее	350				280
Термостабильность, ч, не менее	100				15

Таблица 2.4 (продолжение)

Наименование показателя	Норма для марки				
	С	П	ПН	О	Т
Электрическая прочность (толщина образца (0,100±0,005) мм при постоянном напряжении), кВ/мм, не менее	50	60	50	-	-
Внешний вид строганной пленки	Без металлических включений, отверстий и трещин, чистота и однородность окраски должны соответствовать образцу, утвержденному в установленном порядке		Не определяют		
Относительное удлинение при разрыве строганной пленки в поперечном направлении, %, не менее	Не определяют	175	Не определяют		

Электрические свойства фторопласта-4

Таблица 2.5

Наименование показателя	Норма
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом, не менее	$1 \cdot 10^{17}$
Удельное объемное электрическое сопротивление при постоянном напряжении, Ом·см, не менее	$1,5 \cdot 10^{17}$
Диэлектрическая проницаемость в области частот 50–10 ¹⁰ , Гц	$2,0 \pm 0,1$
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте, Гц: 50–10 ⁶	не более 0,0002
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте, Гц: 10 ⁸ –10 ¹⁰	0,0002
Электрическая прочность при переменном напряжении (толщина образца 2 мм), В/м, не менее	$25 \cdot 10^6$

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Твердые
электроизоляцион-
ные материалы

Изоляционные резина, бумага и картон

Резиновая изоляция изготавливается на основе натуральных или синтетических (бутадиеновых, бутиловых и др.) каучуков. Используются следующие типы установленных ГОСТом изоляционных резин: РТИ-0, РТИ-1, РТИ-2, РНИ, классифицируемых в зависимости от содержания каучука. На основе каучука и кремнийорганических спиртов производится кремнийорганическая резина, обладающая более высокими электрофизическими свойствами. Например, она длительно устойчива к воздействию температур в диапазоне от –60 до +200 °С.

Бумага конденсаторная КОН-1 и КОН-2 выпускается толщиной от 4 до 30 мкм, имеет пробивное напряжение 300–600 В.

Картон электроизоляционный марки ЭВ и ЭВТ выпускается в рулонах толщиной 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5 мм и в листах

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Полипропиленовая
изоляция:
особенности
и преимущества*

толщиной 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3 мм (последний только марки ЭВ). Электрическая прочность рулонного электроизоляционного картона в плоском состоянии составляет 10–13 кВ/мм, а по линии перегиба снижается до 8–10 кВ/мм.

Для кабелей и проводов применяют **резиновую, пластмассовую, пропитанную бумажную и иные виды изоляции**. Изоляционные материалы обозначаются буквой И с индексами, соответствующими конкретному материалу.

Полипропиленовая изоляция

Полипропилен обладает схожими с полиэтиленом электрическими характеристиками. Полипропилен жестче, чем полиэтилен, что делает возможным его применение в качестве изолятора тонких плоских поверхностей. Материал не обладает особой термостойкостью. Обычно температура не должна превышать +60 °С, в редких случаях +80 °С. Различают два вида полипропилена — твердый и пенообразный. Диэлектрическая постоянная для первого составляет 2,25, для второго варианта 1,55.

В электротехнической промышленности находят применение формованные детали из полипропилена (катушки, обоймы, футляры, ламповые патроны, подставки, детали выключателей и телефонных аппаратов, корпуса радиоэлектроники, телевизоров и т. п.), а также изоляционные оболочки и пленка в виде ленты. В качестве материала для изоляции электрических проводов и кабелей полипропилен не получил широкого признания.

Полистирольная изоляция

Полистирол — синтетический термопластичный полимер с аморфным строением. Полистирол отличается высоким уровнем термической стабильности, твердости и электрической изоляции. Материал химически стоек (исключение — азотная и уксусная кислота), технологичен при обработке. Хорошо поддается окрашиванию, склеивается, морозостоек, плохо поглощает влагу, биологически безвреден. Широко применяется

для бытовых товаров, в оформлении, светотехнике, медицине и строительстве. Применяется в электротехнических конструкциях и приборах, в том числе как конденсаторная пленка.

Полиуретановая изоляция ||

Полиуретан — используется как наружная изоляция для кабеля. Обладает отличной стойкостью к окислению, нефтепродуктам и к воздействию озона. Некоторые виды полиуретана имеют хорошую огнестойкость. Полиуретан — жесткий материал, обладающий превосходным сопротивлением к истиранию. Он отлично сохраняет свою форму, что делает его идеальной оболочкой для кабеля.

Неопреновая изоляция ||

Неопрен — маслостойкий материал, устойчивый к солнечному свету, имеет черный, темно-коричневый и серый цвета. Изоляционные свойства неопрена не столь выражены, поэтому для изоляции необходимо использовать более толстые слои. Материал применяют в качестве изоляции кабелей для наружной проводки.

Силикон — мягкий материал, способный работать в температурном диапазоне от -80 до $+200$ °С. Силикон имеет превосходные электрические свойства, стойкость к действию солнечного света, озона, высокой влажности. Из недостатков следует выделить низкую стойкость к механическим воздействиям.

ЛАКОТКАНИ И СТЕКЛОТКАНИ

Лакоткани

Лакоткани электроизоляционные, пропитанные масляным лаком, растворитель — уайт-спирит, применяют в качестве электроизоляционного материала для длительной работы при температуре до +105 °С (относительная влажность 45–75 % при температуре +15–35 °С).

Лакоткань обозначают словами, определяющими тип лака и основную ткань.

Типы лака: OR — масляно-смоляной; PF — фенольный; АК — алкидный; PUR — полиуретановый; EP — эпоксидный; SI — силиконовый; BT — битумный.

Допускается применять условные обозначения типов лака: MC — масляно-смоляной; Ф — фенольный; АК — алкидный; ПУ — полиуретановый; ЭП — эпоксидный; СИ — силиконовый; БТ — битумный; Э — эскапоновый; Л — латексный.

Типы ткани-основы: С — хлопок; R — вискоза; S — шелк; PETP — полиэтилентерефталат; G — стекловолокно; PA — полиамид.

Допускается применять условные обозначения типов ткани-основы: X — хлопок; B — вискоза; Ш — шелк; ПЭТФ — полиэтилентерефталат; C — стекловолокно; ПА — полиамид.

В названии марок ранее выпускавшихся лакотканей:

- ♦ буквы «К» и «Ш» обозначают соответственно капроновую и шелковую лакоткани;

ONLINE ВИДЕО



*Лакоткань
ЛШМ-105.
Применение
и технические
характеристики*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лакоткань

- ♦ цифры 105 — температурный режим, 105-1 — работа при температуре +105 °С, 1 сорт;
- ♦ буква «С» — специальная (допускается работа в трансформаторном масле).

В случае необходимости используют сокращенные обозначения (буквенные шифры). Пределы прочности лакотканей при растяжении представлены в табл. 3.1.

Пределы прочности лакотканей при растяжении

Таблица 3.1

Номинальная толщина, мм	Предел прочности при растяжении, Н, на 10 мм ширины косонарезанного образца	
	нормального	сшитого
0,10	30	20
0,12	30	20
0,15	35	30
0,20	45	35
0,25	50	40
0,30	55	50

Номинальная толщина лакоткани: 0,05; 0,06; 0,08; 0,10; 0,12; 0,13; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19; 0,20; 0,23; 0,24; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 и 0,60 мм (серия R"-10).

Лакоткань электроизоляционная капроновая ЛКМ-105 и ЛКМС-105 поставляется толщиной 0,1; 0,12; 0,15; 0,17 мм.

Лакоткань электроизоляционная шелковая ЛШМ-105 и ЛШМС-105 — с малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры, возможному в процессе пайки при монтаже электрических машин и трансформаторов. Поставляется толщиной 0,06; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,17 мм.

Гарантийный срок хранения — 6 месяцев со дня изготовления.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Лакоткань

Характеристики стеклоткани

Стеклоткани вырабатывают из нитей алюмоборосиликатного стекла на замасливателе «парафиновая эмульсия» и прямом замасливателе. Такие ткани невоспламеняемы, негорючи, не подвергаются коррозии, обладают высокой химической стойкостью, их рабочий диапазон температур от –200 до +550 °С.

Стеклоткани электроизоляционные **предназначены** для изоляции электродвигателей, изготовления фольгированных диэлектриков, стеклолакотканей, стеклопластиков; в производства блоков, панелей, схем для радиоприемников, компьютеров, приборов, а также в сельском хозяйстве (защита саженцев, уплотнение построек) и др.

Благодаря хорошей теплоудерживающей способности стекла, стеклоткани применяются для теплоизоляции трубопроводов, котлов, труб.

Стеклоткани на прямом замазливателе применяют для изготовления стеклопластиков на основе эпоксидных и полиэфирных смол. Материалы на основе стеклоткани обладают высокой стойкостью к разложению и механическому износу, долговечностью.

Поставляются ткани марки Э3-200, Э3-200П, Э1/1-100П, Э1-125П, Э3-125П, где:

- ♦ Э — ткань электроизоляционная;
- ♦ 1,3 — класс назначения;
- ♦ 200 — толщина, мкм;
- ♦ П — ткань выработана на бесчелночных ткацких станках с перевивочной кромкой.

Основные характеристики электроизоляционных стеклотканей представлены в табл. 3.2.

ONLINE ВИДЕО



Стеклоткань
Э3-100 ГОСТ
19907-2015.
Применение
и технические
характеристики

Основные характеристики электроизоляционных стеклотканей

Таблица 3.2

Технические показатели	Э1/1-100П	Э1-125П	Э3-125П	Э3-200	Э3-200П
Толщина ткани, мм	0,1	0,125	0,125	0,19±0,01	0,19±0,01
Поверхностная плотность, г/м ²	110±6	145±9	145±12	200±16	200±10
Плотность ткани, нитей/см по основе по утку	16+1 16,5±1	16+1 16+1	16+1 16±1	10+1 9±1	10+1 9+1
Разрывная нагрузка, Н по основе по утку	588 588	882 882	784 784	1127 1078	1127 1078
Массовая доля веществ, удаляемых при прокаливании, %	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,0—1,5
Ширина, см	95	95±0,9 107±1,0	107±1	95	107±1,0 115±1,1

Виды стеклотканей

Конструкционная стеклоткань. Популярными ее марками являются Т-11, Т-13, Т-11-ГВС9, Т-23. Использование данного вида ткани при производстве стеклопластика позволяет создать особо прочный, износостойкий материал, обладающий ударной вязкостью. Этот превосходный диэлектрик устойчив к коррозии. В качестве сырья для производства конструкционной стеклоткани используется алюмобороси-

ликатное стекло, пропитанное эпоксидными, полиэфирными и формальдегидными смолами.

Электроизоляционная стеклоткань. Наиболее используемыми являются марки Э1/1-100П, Э3/1-100, Э1-125П, Э4-62П, Э4/1-46П, Э3-200П. Буква «П» в маркировке указывает на использование в производстве стеклоткани полого стекловолокна. Электроизоляционная стеклоткань незаменима при производстве облегченного стеклопластика. Небольшой вес конечного изделия не влияет на его прочность. Материал используется также в качестве теплоизоляции.

Ровинговая стеклоткань. Наиболее распространены марки ТР-0,7 и ТР-0,3. Используется при производстве композитных материалов, а также при изготовлении полимерно-композиционных изделий (в качестве армирующего материала). Одним из преимуществ данного материала является его устойчивость к перепаду температур (от -200 до $+550$ °С), превосходное сопротивление к растяжению, стойкость к воздействию коррозии, антимагнитные и диэлектрические свойства. Ровинговая стеклоткань встречается практически во всех отраслях промышленности: от производства деталей для яхт до изготовления комплектов летательной техники.

Кремнеземная стеклоткань. Чаще встречаются материалы марки КТ-11, КТ-180, КТ-300, КТ-600, КТ-1000. За счет устойчивости к воздействию высоких температур и благодаря своим превосходным теплоизоляционным свойствам, кремнеземная стеклоткань применяется в различных областях промышленности. Она может использоваться при температуре в 1000 °С. В течение определенного времени способна выдерживать температуры до 1700 °С. Кремнеземная стеклоткань считается хорошей альтернативой асбесту. Она применяется в качестве наполнителя для композиционных материалов, в виде огнеупорных подложек, покрывал, прокладок и т. д. К достоинствам можно отнести абсолютную безопасность для человека. Она устойчива к воздействию минеральных и органических кислот.

Базальтовая стеклоткань. Наиболее распространены марки ТБК-100 и БТ-11. Базальтовая стеклоткань используется как обкладка теплоизоляционных материалов и утеплителей, а также в производстве щелочестойких и термостойких изделий. Является заменителем асбеста, но в отличие от последнего, она безвредна для человека и окружающей среды. Может использоваться в температурных режимах от -270 до $+700$ °С.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Стеклоткань –
виды маркировок,
таблица
характеристик,
описание полотна

|| Маркировка и свойства ранее выпускавшихся стеклотканей

Марки ЛСМ-105/120 (толщина 0,15; 0,17; 0,2; 0,24 мм), ЛСЛ-105/120 (0,15; 0,17; 0,2 мм), ЛСЭ-105/130 (0,12; 0,15; 0,17; 0,2; 0,24 мм), ЛСБ-105/130 (те же), ЛСП-130/155 (0,08–0,17 мм), ЛСКЛ-155 (0,12 и 0,15 мм).

Буквы и цифры в марке обозначают:

- ♦ С — стеклянная;
- ♦ Э — на основе эскапонного лака;
- ♦ П — на основе полиэфирно-эпоксидного лака;
- ♦ К — на основе кремнийорганического лака;
- ♦ Л — липкая;
- ♦ остальные буквы — как описано выше.

Среднее пробивное напряжение до перегиба составляет: при толщине 0,05 мм — 1,5 кВ, 0,06 мм — 2,8 кВ, 0,08 мм — 3,6 кВ, от 0,1 до 0,24 мм — 4,8–10,8 кВ. После перегиба или растяжения пробивное напряжение снижается в 1,5–2 раза.

Гарантированный срок хранения 6 мес.

ONLINE ВИДЕО



*Стекломат
и стеклоткани:
для чего
применяются*

ЛЕНТЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ И ПОЛУПРОВОДЯЩИЕ

Электропроводящие ленты

Лента электропроводящая из алюминиевой фольги (ГОСТ 618-73) изготавливается для различных технических целей и поставляется в рулонах и роликах шириной 10–960 мм. Для электромонтажных работ применяется лента в роликах шириной 10–40 мм.

Лента из алюминиевой фольги применяется для восстановления электропроводящих слоев на кабелях с бумажной пропитанной изоляцией напряжением 20 и 35 кВ, а также на кабелях с пластмассовой изоляцией напряжением 6 и 10 кВ.

Лента электропроводящая из медной фольги (ГОСТ 5638-75), так же как и из алюминиевой фольги, изготавливается для различных технических целей и поставляется в рулонах и роликах шириной 20–230 мм. Для электромонтажных работ применяются ленты в роликах шириной 20–40 мм. Лента применяется для восстановления медных экранов на кабелях с пластмассовой изоляцией напряжением 6 и 10 кВ.

Лента электропроводящая из кашированной фольги — металлизированной бумаги (ТУ 48-21-459-75) представляет собой плотно склеенные поливинилацетатной эмульсией сплошным слоем алюминиевую фольгу толщиной 0,014 мм (ГОСТ 618-73) с электроизоляционной кабельной бумагой (ГОСТ 23436-79) или полупроводящей кабельной бумагой (ГОСТ 10751-80Е).

ONLINE ВИДЕО



*Устройство для
определения элек-
трической про-
водимости элек-
тропроводящей
ленты МТ 428*

ONLINE ВИДЕО



Устройство
для измерения
электрического
поверхностного
сопротивления
электропроводя-
щей ткани, ленты

Лента из кашированной фольги выпускается перфорированной с равномерно расположенными по всей поверхности сквозными отверстиями и неперфорированной. В электромонтажном производстве применяется лента марки ФКПП-120 — фольга кашированная, перфорированная, на полупроводящей бумаге КПУ толщиной 0,12 мм.

Лента из кашированной фольги марки ФКПП-120 выпускается в рулонах шириной 380–500 мм. Лента применяется для восстановления экранов в цилиндрической части соединительных муфт на кабелях с пластмассовой изоляцией напряжением 35 кВ.

Характеристики электропроводящих лент для температурного диапазона от -50 до $+50$ °С приведены в табл. 4.1.

Характеристики электропроводящих лент

Таблица 4.1

Состав ленты	Прочность при разрыве, МПа, не менее	Относительное удлинение при разрыве, %	Горючесть
Фольга алюминиевая	0,04	2	Не горит
Фольга медная	0,3	–	То же
Фольга кашированная — металлизированная бумага	0,9	2	Самозатухает

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Анизотропные
токопроводящие
ленты

Полупроводящие ленты

Электропроводящие термостойкие ленты на основе силиконовых каучуков и органических полимеров ЛЭТСАР-ЛП, ЛЭТСАР-ЛПП, ЛЭТСАР-ЛПм, ЛЭТСАР-ЛППм обладают адгезией к полиэтиленовой изоляции кабеля, к ленте марки ЛЭТСАР, к стали, меди и алюминию.

Лента электропроводящая термостойкая самослипающаяся резиновая, обладающая адгезией к полиэтилену, радиационной вулканизации марки ЛЭТСАР-ЛПП (ТУ 38-103419-78) — черного цвета, с ровной поверхностью без гофр и трещин по краям, характеризуется высокой морозостойкостью и теплостойкостью, стойкостью к озонному и световому старению, обладает адгезией к полиэтилену, металлам; при выдержке 24 ч при температуре $+25$ °С нет расслоений между витками ленты в ролике, безвредна.

ПРИМЕЧАНИЕ

Недостатком ленты является низкая механическая прочность. Повышение электропроводящих свойств лент достигается за счет увеличения массы проводящих наполнителей.

Для ленты ЛЭТСАР-ЛПП наполнителем является сажа, введение которой в значительных количествах затрудняет изготовление полупроводящей массы и дальнейшую технологию ее раската и превращения в ленту. Физико-механические свойства ленты после введения сажи ухудшаются: снижаются показатели относительного удлинения ленты, уменьшается адгезия к металлам и полимерам из-за миграции сажи на поверхность ленты, в процессе эксплуатации на лентах появляются трещины.

Лента полупроводящая термостойкая самослипающаяся резиновая, обладающая адгезией к полиэтилену, стойкая к маслोकанифольному составу МП радиационной вулканизации марки ЛЭТСАР-ЛППм (ТУ 38-403309-78) получается на основе силоксановых каучуков и органических полимеров, имеет черный цвет, ровную поверхность без гофров и трещин по краям.

Лента стойка к масло-канифольному составу МП при температуре от -50 до $+80$ °С, характеризуется хорошей влаго- и водостойкостью, стойкостью к световому и озонному старению. Лента безвредна и не требует индивидуальных средств защиты при работе. Недостатком ленты считается слабая механическая прочность.

Лента применяется при электромонтажных работах для восстановления полупроводящих экранов кабелей напряжением до 35 кВ при соединении кабелей с бумажной пропитанной изоляцией и кабелей с пластмассовой изоляцией.

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе с лентой следует избегать больших усилий из-за слабой механической прочности ленты. Изолированные лентой места не должны подвергаться ударам и другим механическим повреждениям. Как правило, на ленту ЛЭТСАР-ЛППм затем наматывается лента ЛЭТСАР, которая имеет лучшие механические характеристики и прилипает к ленте ЛЭТСАР-ЛППм.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Полупроводящие
ленты

Ленты марок ЛП и ЛППм применяют в электротехнической промышленности для восстановления изоляции кабеля с пластмассовой и

бумажной изоляцией, для герметизации стыков (швов) и оконцевания кабелей напряжением до 35 кВ.

Ленты, табл. 4.2, предназначены для работы при температурах:

- ♦ ЛП и ЛПП — от -50 до $+130$ °С и кратковременно при $+250$ °С,
- ♦ ЛПм и ЛППм — от -50 до $+150$ °С и кратковременно при $+200$ °С.

Гарантийный срок хранения ленты ЛЭТСАР-ЛП — 8 мес., остальных марок — 12 мес.

Лента полупроводящая самослипающаяся СПЛ (ТУ 6-05-1784-76) представляет собой композицию на основе полиизобутилена, хлорированного полиэтилена, ацетиленовой сажи с добавкой стабилизатора — диафена. Лента СПЛ имеет удельное объемное сопротивление не более 10^6 Ом·см и может эксплуатироваться в диапазоне температур от -50 до $+90$ °С, имеет адгезию к полиэтилену и металлам (меди, алюминию, стали), не токсична при эксплуатации при температурах от -30 до $+40$ °С, но горюча.

Лента применяется для восстановления полупроводящего слоя кабеля в арматуре для кабелей с полиэтиленовой изоляцией на напряжение 10–35 кВ.

ВНИМАНИЕ

Выполнять работу с применением ленты марки СПЛ следует аккуратно, т. к. лента имеет низкую механическую прочность.

Физико-механические и электрические характеристики термостойких лент на основе ЛЭТСАР

Таблица 4.2

Наименование показателя	Норма для марок ЛЭТСАР			
	ЛП	ЛПП	ЛПм	ЛППм
Аутогезия ленты при намотке в полнахлеста и выдержки в течение 48 ч при температуре $+(23\pm 2)$ °С	Отсутствие расслаивания			
Цвет	Красный или синий	Черный	Красный или зеленый	Черный
Плотность, г/см ³	1,16	1,17	1,4	1,15
Адгезия к полиэтилену, МПа (кгс/см ²), не менее	0,39(4,0)	0,39(4,0)	0,24(2,5)	0,28(3,0)
Адгезия к стали, меди и алюминию МПа (кгс/см ²), не менее	0,39(4,0)	0,39(4,0)	0,49(5,0)	0,69(7,0)
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	0,78(8)	0,98(10)	1,67(17)	1,18(12)
Относительное удлинение, %, не менее	300	600	370	150
После термического старения в течение 48 ч при температуре $+150$ °С:				
условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	0,78(8)	0,78(8)	0,98(10)	0,98(10)
относительное удлинение, %, не менее	200	500	200	110
Электрические показатели:				
электрическая прочность, кВ/мм, не менее	15,0	–	17,0	–
удельное объемное сопротивление, Ом·см, не более	10^{11}	$3 \cdot 10^3$	–	В пределах $10^1 - 10^4$
тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц и напряженности поля 1 кВ/мм, не более	0,025	–	–	–

Таблица 4.2 (продолжение)

Наименование показателя	Норма для марок ЛЭТСАР			
	ЛП	ЛПП	ЛПм	ЛППм
Изменение массы в нефрасе С3-80/120 после выдержки при температуре (23±2) °С в течение 24 ч, %, не более	–	–	100	110
После выдержки при температуре +100 °С в течение 72 ч в маслоканифольной композиции МП-1:				
изменение массы %, не более	–	–	8	5
условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см²), не менее	–	–	0,49(5)	0,49(5)
относительное удлинение при разрыве, %, не менее	–	–	200	100
Водопоглощение за 24 ч при температуре (23±2) °С, %, не более	–	–	2,5	2,0
Стойкость к световому старению, ч, не менее	2000	2000	2000	2000
Стойкость к озонному (при содержании озона в воздухе 0,01 %) старению, ч, не менее	6	6	6	6

СЛОИСТЫЕ ЛИСТОВЫЕ ПРЕССОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Текстолит и асботекстолит

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Текстолит и асботекстолит конструкционные – слоистые листовые прессованные материалы, состоящие из нескольких слоев хлопчатобумажной или асбестовой ткани, пропитанной термореактивными смолами.

ONLINE ВИДЕО



*Текстолит
ПТК ГОСТ 5-78.
Применение
и технические
характеристики*

Электротехнический листовый текстолит выпускается различных марок (табл. 5.1).

Условное обозначение текстолита состоит из наименования материала, его марки, толщины, сорта и обозначения настоящего стандарта.

Пример условного обозначения текстолита марки ПТК высшего сорта, толщиной 20,0 мм: **текстолит ПТК-20, сорт высший ГОСТ 5-78.**

То же, асботекстолита марки Б, толщиной 30,0 мм: **асботекстолит Б-30 ГОСТ 5-78.**

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Свойства
и сфера применения
текстолита*



*Асботекстолит.
Виды и особенности.
Применение*

Показатель	Норма для марки							
	Текстолит					Асботекстолит		
	ПТК	ПТК-С	ПТ	ПТМ-1	ПТМ-2	А	Б	Г
Модуль упругости при растяжении, МПа (кгс/см ²)	(3,9–6,4)·10 ³ [(40–65)·10 ³]			–	–	(13,7–9,6)·10 ³ [(140– 00)·10 ³]		–
Относительное удлинение при разрыве, %	1	1	1	–	–	–	–	–
Коэффициент трения без смазки	0,32	0,32	0,32	0,44	–	0,30–0,38		–
Коэффициент трения со смазкой маслом	0,02	0,02	0,02	–	–	0,05–0,07		–
Изгибающее напряжение при разрушении для листов толщиной от 2 до 9 мм, МПа (кгс/см ²)	137 (1400)	137 (1400)	117 (1200)	–	–	–	–	–
Прочность при разрыве, МПа (кгс/см ²) для листов толщиной, мм:								
от 1 до 2	39,0 (400)	39,0 (400)	39,0 (400)	–	–	–	–	–
более 2	93,0 (950)	93,0 (950)	66,0 (680)	–	–	–	–	–
более 5	–	–	–	–	–	49,0 (500)	49,0 (50101)	–
Ударная вязкость при Шарпи на образцах без надреза кДж/м ² (кгс-см/см ²) для листов толщиной, мм:								
от 5 до 8	19,5 (20)	19,5 (20)	14,5 (15)	–	–	24,5 (25)	–	–
от 8 до 9	24,5 (25)	24,5 (25)	19,6 (20)	–	–	–	–	–
Предел прочности при срезе, МПа (кгс/см ²):								
параллельно слоям	100,0 (1020) высший сорт	–	100,0 (1020) высший сорт	94,0 (965)	–	–	–	–
перпендикулярно слоям	108,0 (1104) высший сорт	–	93,0 (950) высший сорт	96,6 (980)	–	108,0 (1104)	94,0 (965)	66,5 (680)
Прочность при разрыве, МПа (кгс/см ²):								
по основе	Не менее 90,0 (918)	Не менее 98,0 (1000)	Не менее 69,0 (700)	–	–	57,0 (580)	63,0 (640)	–
по утку	49,0 (500) высший сорт	–	40,0 (410) высший сорт	34,5 (350)	–	–	42,0 (430)	–
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа (кгс/см ²):								
перпендикулярно слоям	Не менее 230 (2360)	Не менее 250 (2550)	Не менее 200 (2040)	200 (2040)	–	–	200 (2040)	–

Таблица 5.1 (продолжение)

Показатель	Норма для марки							
	Текстолит					Асботекстолит		
	ПТК	ПТК-С	ПТ	ПТМ-1	ПТМ-2	А	Б	Г
параллельно слоям	—	—	—	—	—	98,0 (1000)	83,0 (850)	87,6 (894)
Твердость, МПа (кгс/см ²)	—	—	—	Не менее 275,0 (2800)	—	Не менее 295,0 (3000)	Не менее 275,0 (2800)	186,0 (1898)
Сопротивление раскалыванию вдоль нитей основы, кН/м (кгс/см), на образцах:								
без надреза	Не менее 200 (204)	—	Не менее 220 (224) высший сорт	Не менее 210 (214)	—	333 (340)	333 (340)	230 (238)
с надрезом	19,6 (20) высший сорт	—	19,0 (19,5) высший сорт	—	—	28,4 (29,0)	29,4 (30)	—
Изгибающее напряжение при разрушении, МПа (кгс/см ²):								
по основе	—	—	—	100 (1020)	—	—	—	—
по утку	95,0 (970) высший сорт	—	90,0 (918) высший сорт 80,0 (816) первый сорт	65,0 (660)	—	78,0 (800)	68,0 (700)	47,0 (480)
Коэффициент термического линейного расширения, град ⁻¹ при 20–100 °С	(2,0–4,1)·10 ⁻⁵	—	—	—	—	—	—	—
Теплостойкость по Мартенсу, °С	Не менее 130	Не менее 140	Не менее 130	Не менее 130	—	250	250	225
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К (ккал/ч·м·град)	—	—	0,23–0,34 (0,20–0,29)	—	—	—	—	—
Удельная теплоемкость, Дж/кг·К (ккал/кг·град)	1,4654–1,5072 (0,35–0,36)	—	—	—	—	1,67 (0,40)	1,67 (0,40)	—
Водопоглощение, %, для листов толщиной, мм:								
1,0–1,8	8	8	8	—	—	—	—	—
2,0–3,5	7	7	7	—	—	—	—	—
4,0–5,0	4	4	4	—	—	—	—	—
6,0–7,0	3	3	3	—	—	—	—	—
8,0–9,0	2	2	2	—	—	—	—	—
Маслостойкость при 20 °С в течение 24 ч, %	0,06–0,08	—	0,08–0,018	0,08	—	+1,0	+1,0	—
Изменение массы после выдержки образцов в горячем трансформаторном масле, %	—	—	—	—	—	–1,0	±1,0	—

Таблица 5.1 (продолжение)

Показатель	Норма для марки							
	Текстолит					Асботекстолит		
	ПТК	ПТК-С	ПТ	ПТМ-1	ПТМ-2	А	Б	Г
Бензиностойкость при 20 °С в течение 24 ч, %	0,02 высший сорт	–	0,02 высший сорт 0,05 первый сорт	–	–	1,0	1,0	–
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	$1 \cdot 10^{10} - 1 \cdot 10^{12}$			–	–	$1 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$	–
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$1 \cdot 10^{10} - 1 \cdot 10^{12}$			–	–	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$	–
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁶ Гц	0,02–0,08			–	–	1,0	1,0	–
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁶ Гц	5,7	5,7	5,7	–	–	7,0	7,0	–
Электрическая прочность при (20±5) °С, кВ/мм	2–5	2–5	2–5	–	–	8–15	8–15	–
Стойкость к действию химических сред (по изменению массы), %:								
Серная кислота концентрированная	–2,40 – высший сорт	–	–1,20 – высший сорт	–0,57	–	–0,20	–0,38	–
Серная кислота 3%-ная	1,15 высший сорт	–	0,94 – высший сорт	0,97	–	–0,02	0,15	–
Щелочь 10%-ная	2,39 – высший сорт	–	1,68 – высший сорт	1,15	–	2,48	–	–
Щелочь 1%-ная	1,43 – высший сорт	–	1,08 – высший сорт	1,01	–	2,36	–	–
Рабочая температура, °С	От –40 до +105			От –40 до +105		От –40 до +130		
Внешний вид и цвет	Поверхность ровная, гладкая без посторонних включений							
	От светло-желтого до темно-коричневого цвета, неоднотонный					От серого до темно-коричневого цвета, неоднотонный		
Прогиб, мм/м, не более	8	4	8	10	8	20	20	20
Плотность, г/см ³	1,3–1,4	1,3–1,4	1,3–1,4	1,3–1,4	1,3–1,4	1,5–1,7	1,5–1,7	1,5–1,7

Стеклотекстолит электротехнический

Стеклотекстолит должен изготавливаться типов 121, 221, 222, 223, 225, 231, 321 по ГОСТ 25500 и сортов высшего, первого и второго. Условное обозначение стеклотекстолита состоит из его марки и сорта, толщины.

ПРИМЕРЫ

- ♦ Стеклотекстолит марки СТ высшего сорта толщиной 10,0 мм: **СТ ВС-10,0**.
- ♦ Стеклотекстолит марки СТЭФ первого сорта толщиной 12,0 мм: **СТЭФ 1с-12,0**.
- ♦ Стеклотекстолит марки СТ второго сорта толщиной 10,0 мм: **СТ 2с-10,0**.

Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные — слоистые прессованные пластики, состоящие из бумаги или стеклоткани, пропитанные терморезистивными связующими и облицованные с одной или с двух сторон медной электролитической фольгой. Фольгированные материалы применяются для изготовления печатных плат.

Гетинакс без дополнительной влагозащиты предназначен для изготовления печатных плат, на которые в процессе работы может воздействовать окружающая среда, характеризующаяся относительной влажностью воздуха 45–75 % при температуре 15–35 °С.

Гетинакс с дополнительной влагозащитой и стеклотекстолит всех марок предназначены для изготовления печатных плат, на которые в процессе работы может воздействовать окружающая среда, характеризующаяся относительной влажностью воздуха до 98 % при температуре не выше 40 °С.

ONLINE ВИДЕО



Стекло-
текстолит FR4

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Стеклотекстолит
СТЭФ ГОСТ 12652-74

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Стеклотекстолит
электротехнический.
ГОСТ 12652-74,
ТУ 16-503.118-78,
ТУ 16-89И79.0066.002 ТУ,
ТУ 29.00213064.043-2011



Буквы и цифры в марках обозначают:

- ♦ Г (первая цифра) — гетинакс;
- ♦ С — стеклотекстолит;
- ♦ Ф — фольгированный;
- ♦ Г (последняя цифра) — облицованный гальваностойкой фольгой;
- ♦ Н — нагревостойкий;
- ♦ 1 — облицованный фольгой с одной стороны;
- ♦ 2 — облицованный фольгой с двух сторон;
- ♦ 35 и 50 — толщина фольги, мкм.

ПРИМЕР

Условное обозначение фольгированного стеклотекстолита I класса толщиной 1,5 мм, облицованного с двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм: **СФ-2-35Г-1,51 кл. ГОСТ 10316-78.**

То же, фольгированного гетинакса II класса толщиной 2 мм, облицованного с одной стороны медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 50 мкм: **ГФ-1-50Г-2,0 II кл. ГОСТ 10316-78.**

ТКАНИ, ЛЕНТЫ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ И ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИЕ

Керамические и стеклянные изоляционные ткани

Изоляционные ткани изготавливают из керамических и Е-стеклянных волокон, являющихся негорючими (не воспламеняющимися), стойкими против гнили и отличающимися хорошими теплоизоляционными и электроизоляционными свойствами, табл. 6.1. Большинство тканей может быть лакировано алюминиевой фольгой (максимальная температура 120 °С).

Керамические и стеклянные изоляционные ткани

Таблица 6.1

Марка	Состав ткани	Макс. длина, м	Температура, °С	Ширина, м	Толщина, мм
Кератем Г	Тканая из керамической пряжи с армировкой из Е-стеклянного волокна	650	30	1,0	2; 3
Кератем И	Тканая из керамической пряжи с армировкой инконелевой проволокой	1100	30	1,0	2; 3
Эконет 500	* Тканая из Е-стеклянной пряжи прошита двойной основной пряжей и стеклянным шелком 1:1	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Эконет 500А	Эконет 500 лакированная алюминиевой пленкой	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Эконет 500 КП	* Комбинированное переплетение» Эконет 500 и цельностеклянная электроткань полотняного переплетения. Прошито двойной основной пряжей	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5

Таблица 6.1 (продолжение)

Марка	Состав ткани	Макс. длина, м	Температура, °С	Ширина, м	Толщина, мм
Эконет 700	* Е-стеклянная пряжа прошита одной основной пряжей стеклянным шелком полотняным переплетением	700	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Эконет 700 А	* Эконет 700 плакированная алюминиевой пленкой	700	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Базальтекс	100 % базальтовое волокно	650 (800**)	30; 50	1,0; 2,0	1,0
Эконет 700 КП	* Комбинированное переплетение» – Эконет 700 и цельностеклянная электроткань полотняного переплетения	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Эконет 700 КП-Ал	Прошито одной основной пряжей * Эконет 700 КР плакированная алюминиевой пленкой	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Эконет Реко	Эконет 500 КП, в которой в качестве основы использована грубоватая цельностеклянная ткань РЕКО полотняного переплетения. Прошито двойной основной пряжей стеклянным шелком 1:1	500	25; 50	0,9; 1,8	1,5
Нетес 250 КП	Стеклянная бумага с основой из стеклянной ткани. Прошито переплетением трико-тамбур	500	25; 50	0,9; 1,8	1,0
Нетес 250 КП-Ал	vTES 250 КР плакированная алюминиевой пленкой	500	25; 50	0,9; 1,8	1,0

Примечание. * Переплетение более высокой прочности. ** Кратковременно.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p>Керамические ткани НТ</p>	 <p>Изоляция на основе керамических волокон</p>	 <p>Ткань стеклянная конструкционная ГОСТ 19170-2001</p>
---	---	--

ONLINE ВИДЕО



Лента ЛЭТСАР

Электроизоляционные ленты ЛЭТСАР

Электроизоляционные ленты ЛЭТСАР (лента электроизоляционная термостойкая, самосклеивающаяся, резиновая), табл. 6.2, изготовленные на основе кремнийорганики (силоксановых полимеров), обладают малой токсичностью, высокой стойкости к воздействию:

- ♦ тепла и мороза (диапазон температур от -50 до $+250$ °C);
- ♦ влаги, озона, ультрафиолетовых лучей;
- ♦ масел, бензина и других химических реагентов.

ЛЭТСАР применяется для изоляции гибких шунтов и выводов электрических машин постоянного и переменного тока, индукционных электропечей, высоковольтных трансформаторов, склейки, ориентирования, транспортировки и разработки полупроводниковых элементов, изоляции электрических кабелей, жгутов, шин и токопроводов.

ЛЭТСАР выпускают двух марок:

- ♦ К — красного цвета, для интервала температур от -50 до $+250$ °C и кратковременно до $+300$ °C;
- ♦ Б — белого цвета, для интервала температур от -50 до $+200$ °C и кратковременно до $+250$ °C.

По профилю сечения:

- ♦ Ф — фигурная;
- ♦ П — прямоугольная.

ONLINE ВИДЕО



Лента ЛЭТСАР.
Применение
и технические
характеристики

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лента
высоковольтная
самослипающаяся
ЛЭТСАР КФ-0,5, mun X

Физико-механические и электрические характеристики лент ЛЭТСАР

Таблица 6.2

Параметр	Величина
Общие показатели	
Внешний вид	Эластичная лента красного или белого цвета с ровной поверхностью без гофра и разрывов по краям.
Аутогезия ленты при намотке вполнахлеста и выдержке при (25 ± 5) °C в течение 48 ч или при дополнительном прогреве при 150 °C в течение 3 ч.	Отсутствие расслаивания
Разрастание прокола изоляции, проколотой под углом 45° иглой диаметром 1 мм и прогретой 3 ч при 150 °C	В месте прокола изоляция не должна давать трещин и разрывов
Физико-механические показатели	
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	4,90–4,40(50–45)
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350
Физико-механические показатели после термического старения для красной ленты, выдержанной в течение 48 ч при 300 °C	
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	2,45(25)
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	100

Таблица 6.2 (продолжение)

Параметр	Величина
Физико-механические показатели после термического старения для белой ленты, выдержанной в течение 72 ч при 250 °С	
Условная прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	2,95(30)
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	150
Диэлектрические показатели	
Удельное объемное сопротивление, Ом·см, не менее	10 ¹⁴ –10 ¹³
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	20

Термостойкая электроизоляционная резиностеклоткань РЭТСАР

Электроизоляционная самослипающаяся термостойкая резиностеклоткань РЭТСАР (радиационная электроизоляционная термостойкая самослипающаяся резиностеклотканевая) предназначена для применения в электротехнической промышленности в качестве изоляции элементов обмоток электрических машин и аппаратов, работающих в условиях повышенной влажности и температуры.

РЭТСАР применяется для гибких шунтов и выводов электрических машин постоянного и переменного тока, электрических жгутов, кабелей, шин и токопроводов. Этот материал может применяться как самостоятельно, так и в комбинации с лентой ЛЭТСАР.

РЭТСАР получается на основе стеклоткани и кремнийорганической резины методом радиационной вулканизации.

РЭТСАР является материалом класса нагревостойкости «Н», способным работать в интервале температур от –50 до +250 °С. Характеризуется высокой стойкостью к воздействию воды, озона, ультрафиолетовых лучей, некоторых масел (турбинного, трансформаторного) и ряда химических реагентов, полным отсутствием токсичности.

Резиностеклоткани РЭТСАР, табл. 6.3, выпускают в виде ленты шириной 700–1100 мм и толщиной 0,21±0,03; 0,25 ±0,05; 0,30 ±0,05; 0,35 ±0,05 мм с резиновым покрытием: А — двухсторонним; Б — одно-

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Ткань
электроизоляци-
онная РЭТСАР

Характеристики резиностеклотканей РЭТСАР

Таблица 6.3

Показатель	Норма
Общие показатели	
Внешний вид	Стеклоткань с нанесенными одним или двухсторонним резиновым покрытием красного цвета с ровной или слегка шероховатой поверхностью без пузырей, натеков, отслоения слоев резины от стеклоткани и других видимых дефектов.
Условная прочность в момент разрыва, МПа (кгс/см ²), не менее	39,2 (400)
Условная прочность в момент разрыва после термического старения (выдержка 72 ч при 250 °С), МПа (кгс/см ²), не менее	14,7 (150)
Аутогезия резиностеклоткани при выдержке при (25±5) °С в течении 48 ч или при дополнительном прогреве при 150 °С в течении 3 ч для:	
марки «А» при намотке вполнахлеста	Отсутствие расслаивания резиновых слоев
марки «Б» при нанесении встык на изоляцию из самослипающейся ленты ЛЭТСАР (резиновым слоем резиностеклоткани к ленте)	Монолитное самослипание резиновых слоев резиностеклоткани и резиновой ленты
Диэлектрические показатели	
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	1·10 ¹³
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее	20

Примечание. * *Аутогезия* – способность слоев ленты слипаться между собой.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛЕНТЫ

Стеклолента с липким слоем ЛСКЛ-155

Стеклолента с липким слоем ЛСКЛ-155 ТУ 16-90И37.0003.003 изготавливается методом пропитки электроизоляционных стеклотканей в кремнийорганическом лаке на пропиточных машинах. Обе стороны стеклолакоткани обладают заданной липкостью.

Применяется в качестве липкой электроизоляционной ленты для длительной работы в электрических машинах и аппаратах. Класс нагревостойкости — 155 °С. Ширина ленты 10, 15, 20, 25 и 30 мм с предельным отклонением 2 мм, толщина 0,12–0,15 мм.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p><i>Стеклолакоткань ЛСКЛ-155 (липкая лента)</i></p>	 <p><i>Стеклолакоткани с липким слоем</i></p>	 <p><i>Лента липкая ЛСКЛ-155 (ЛК-150)</i></p>
--	---	---

Лента электроизоляционная самослипающаяся СЭЛ

Лента электроизоляционная самослипающаяся марки СЭЛ (ТУ 6-10-1653-78) — на основе полиолефинов, марок А и Б черного цвета, не имеет посторонних включений, сквозных отверстий и скла-

ONLINE ВИДЕО

Электроизоляционная
самоклею-
щаяся лента

док. Лента не токсична. Для предохранения слоев лент от слипания между ними прокладывается разделительный слой ленты РСК.

Лента применяется при монтаже соединительных муфт силовых кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением до 10 кВ. Возможность работы с лентой при различных температурах, особенно низких, позволяет выполнять монтаж на кабельных линиях при срочных ремонтно-восстановительных работах.

Лента электроизоляционная поливинилхлоридная липкая марки ПВХ

Лента электроизоляционная поливинилхлоридная липкая марки ПВХ (ГОСТ 16214-86) изготавливается на основе поливинилхлоридного светотермостойкого изоляционного пластиката, на одну сторону которого наносится липкий состав на основе перхлорвинильной смолы. Лента содержит вредные примеси, обладает самозатухающими свойствами. Выпускается светло-синего цвета, однако может выпускаться белого, черного, серого, желтого, зеленого, синего, голубого, фиолетового, красного, оранжевого, розового и коричневого цветов. Лента выпускается первого и второго сортов. Липкость ленты второго сорта в 2 раза меньше, чем ленты первого сорта.

Лента ПВХ морозостойкая, эластичная, имеет неплохие механические свойства и характеризуется удовлетворительной липкостью к металлу и поливинилхлориду. Недостатком ленты является ее токсичность при горении. Сохранность свойств ленты в изделиях гарантируется в течение 10 лет при температуре 5–35 °С и относительной влажности до 80 % и 3 лет в полевых условиях при температуре от –50 до +50 °С и относительной влажности 98 %.

До появления лент типа ЛЭТСАР лента ПВХ являлась основной электроизоляционной лентой для электромонтажных работ. В настоящее время применяется:

- ♦ для изолирования жил проводов электропроводки;
- ♦ изолирования и герметизации при монтаже концевых заделок контрольных, специальных и силовых кабелей;
- ♦ бандажирования в пучки проводов и кабелей мелких сечений.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

ПВХ лента
изоляционная

Лента электроизоляционная из поливинилхлоридного пластика нелипкая марки ЛВ

Лента электроизоляционная из поливинилхлоридного пластика нелипкая марки ЛВ (ГОСТ 17617-72) изготавливается из поливинилхлоридного пластика специальных рецептур. Ленты марок ЛВ-40 и ЛВ-50 предназначены для эксплуатации в обычных климатических условиях, хрупкость поливинилхлоридного пластика наступает при температуре -40 и -50 °С. Лента марки ЛВ-40Т предназначена для эксплуатации в районах с тропическим климатом, температура хрупкости пластика -40 °С, в статическом состоянии температура от -60 до $+70$ °С.

Ленты изготавливаются бесцветными или окрашенными (марок ЛВ-40 и ЛВ-40Т) в белый, серый, черный, коричневый, красный, розовый, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, светло-синий, фиолетовый цвета. Лента марки ЛВ-50 бывает только черного цвета.

Лента имеет несколько лучшие электрические характеристики, чем липкая лента марки ПВХ, большее относительное удлинение и большую температуру эксплуатации.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Лента ЛВ-40
из поливинил-
хлоридного
пластика*

Лента электроизоляционная полиэтиленовая с липким слоем

Лента электроизоляционная полиэтиленовая с липким слоем (ГОСТ 20477-75) представляет собой полиэтиленовую пленку-основу, разрезанную на полосы определенной ширины, с нанесенным на нее бензиновым раствором композиции полиизобутилена. Полиэтиленовая лента с липким слоем в зависимости от толщины пленки-основы изготавливается марок А и Б.

Внешне лента глянцевая без трещин и складок, без сквозных отверстий, без заметной на ощупь волнистости и посторонних включений в клеевом составе. Толщина клеевого состава составляет $0,03$ – $0,06$ мм.

Полиэтиленовая лента с липким слоем применяется при монтаже концевых заделок на кабелях с полиэтиленовой изоляцией жил, а также для бандажирования кабелей и проводов с пластмассовой изоляцией.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Лента поли-
винилхлоридная
электроизоляцион-
ная с липким слоем*

Лента электроизоляционная прорезиненная липкая

Лента электроизоляционная прорезиненная липкая (ГОСТ 2162-78) представляет собой хлопчатобумажную ткань (миткаль), на поверхность которой нанесена липкая резиновая смесь. Лента выпускается следующих типов:

- ♦ 1ПОЛ — односторонняя (резиновая смесь нанесена с одной стороны ткани) для промышленного применения, обычной липкости;
- ♦ 2ПОЛ — двусторонняя (резиновая смесь нанесена с двух сторон ткани) для промышленного применения, обычной липкости);
- ♦ 2ППЛ — двусторонняя (резиновая смесь нанесена с двух сторон ткани) для промышленного применения, повышенной липкости;
- ♦ 1ШОЛ — односторонняя (резиновая смесь на одной стороне ткани) для широкого потребления, обычной липкости;
- ♦ 2ШОЛ — двусторонняя (резиновая смесь с двух сторон ткани) для широкого потребления, обычной липкости.

Резиновая липкая смесь нанесена на ткань ленты плотно, равномерно, без пропусков (оголенных мест).

Изоляционная лента для промышленного применения и широкого потребления обычной липкости выпускается чёрного цвета; лента для промышленного применения повышенной липкости (2ППЛ) — светло-серого цвета. Лента гигроскопична, имеет небольшое относительное удлинение, сравнительно небольшую электрическую прочность; применяется при ремонтных работах в электропроводах напряжением до 1000 В внутренней установки, а также при монтаже концевых заделок из резиновых перчаток на силовых кабелях и для бандажирования контрольных и силовых кабелей всех конструкций, сечений и напряжений.

Лента электроизоляционная стеклотканевая марки ЛСЭ-105/130

Лента электроизоляционная стеклотканевая марки ЛСЭ-105/130 (ГОСТ 10156-78Е) изготавливается на основе стеклоткани, пропитанной пленкообразующим составом. Для электромонтажных работ применяется лента марки ЛСЭ-105/130.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Лента
изоляционная
прорезиненная.
ГОСТ 2162-78*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лента стеклотканевая, высоко-температурная

В обозначении марки буквы и числа означают:

- ♦ Л — лакоткань, С — стеклянная, Э — на основе эскапонового лака;
- ♦ 105/130 — диапазон температуры для длительной работы, т. е. температура, характеризующая нагревостойкость ленты.

Лента равномерно пропитана лаком, имеет ровную и гладкую поверхность без натеков лаковой основы, не имеет видимых пор и посторонних включений. Лента имеет хорошие механические свойства, обладает большой теплостойкостью, но не эластична и слабо прилипает к металлам.

Лента **применяется** при монтаже магистральных шинопроводов напряжением до 1000 В переменного тока и 1200 В постоянного тока.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лакоткань
ЛШМ-105 0,12 мм

Лента электроизоляционная лакотканевая марки ЛХМ-105

Лента электроизоляционная лакотканевая марки ЛХМ-105 (ГОСТ 2214-78Е). Применяется в электромонтажном производстве. В обозначении Л — лакоткань, Х — хлопчатобумажная, М — пропитанная масляным лаком, для длительной работы при температуре до +105 °С.

Широкое применение находят все марки лакоткани в электротехнической промышленности при изготовлении электротехнических изделий и оборудования. В электромонтажном производстве лакоткань применяется при монтаже концевых заделок из свинцовых перчаток на силовых кабелях напряжением до 10 кВ.

Лента электроизоляционная из стеклянных крученых комплексных нитей марок ЛЭС и ЛЭСБ

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Стеклолента
электроизоляци-
онная ЛЭСБ

Лента электроизоляционная из стеклянных крученых комплексных нитей марок ЛЭС и ЛЭСБ (ГОСТ 5937-81) или стеклолента. Стеклолента представляет собой тканевую основу из крученых нитей, пропитанных эмульсионным замасливателем «парафинная эмульсия». Лента белого цвета, имеет высокую механическую прочность и теплостойкость, не горит. Недостатком

ленты является значительная гигроскопичность и невысокая электрическая прочность.

Лента находит применение в электротехнической промышленности при изоляции обмоток электрических машин и аппаратов. В электромонтажном производстве применяется с промазкой эпоксидным компаундом после просушки для выполнения подмоток у концевых муфт силовых кабелей с бумажной изоляцией напряжением 10 и 35 кВ.

Лента электроизоляционная бумажная марок К-120, КМ-120

Лента электроизоляционная бумажная марок К-120, КМ-120 (ГОСТ 23436-79) изготавливается из кабельной бумаги марок: К — обычная, КМ — многослойная и КМП — многослойная, упрочненная. При электромонтажных работах применяется кабельная бумага марки К-120 или КМ-120.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*Применение
электротехни-
ческих лент*

Ленты предназначены для изолирования мест соединения и оконцевания в муфтах силовых кабелей с изоляцией из пропитанной бумаги на напряжение до 35 кВ.

Ленты в роликах и рулонах из бумаги марки К могут иметь цвет натурального волокна или быть окрашенными в красный, зеленый и синий цвета, а из бумаги марки КМ — цвет натурального волокна. Ленты роликов и рулонов, пропитанные маслोकанифольным составом и имеющие цвет натурального волокна, приобретают светло-коричневый цвет.

Лента хлопчатобумажная для электропромышленности ЛХБ

Ленту хлопчатобумажную для электропромышленности ЛХБ (ГОСТ 4514-78) изготавливают из хлопчатобумажной пряжи или полиэфирных нитей. Для электромонтажных работ в основном применяют киперную ленту из хлопчатобумажной пряжи с условным обозначением К.

ПРИМЕЧАНИЕ

Реже применяют тафтяную, миткалевую и батистовую ленты.

Преимущество киперной ленты состоит в том, что она более плотная по сравнению с остальными лентами. Лента белого цвета, без грязных и масляных пятен, подплетин, нарушений кромки, утолщений нитей, гигроскопична, имеет хорошую прочность на разрыв. Лента, связанная по 10 роликов и более, поступает партиями без втулок, применяется в концевых заделках для герметизации жил. Перед применением ленту просушивают и затем обильно пропитывают эпоксидным компаундом.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Ленты технические
хлопчатобумажные
(ЛРТ, ЛХХ, ЛХБ, ЛРЛ)*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лента смоляная

Лента смоляная марки ЛС

Лента смоляная марки ЛС (ТУ 16-503.020-76) представляет собой гибкий материал, изготовленный на основе хлопчатобумажной ткани, пропитанной составом битума с минеральным маслом. Лента липкая, черного цвета, равномерно пропитана, без натеков битумной массы, не выводящей ленту за предельные отклонения по толщине.

Лента предназначена для уплотнения мест ввода кабелей в соединительные муфты, для бандажирования кабелей, а также для временной защиты от влаги концов кабелей.

Лента резиновая маслобензостойкая, мягкая марки МБС

Лента резиновая маслобензостойкая, мягкая марки МБС (ГОСТ 7338-77) применяется для герметизации между оболочкой кабеля и резиновой перчаткой, а также между наконечником и трубкой перчатки.

По адаптивности к высокому давлению и механическим нагрузкам маслобензостойкую резину делят на партии 1 и 2 класса. Продукцию 1 класса используют для уплотнения узлов и агрегатов, если давление превышает 0,1 МПа. Продукция 2 класса подходит для условий эксплуатации с давлением ниже 0,1 МПа, формирования защитных элементов, компенсирующих процессы трения и одинарные ударные нагрузки. Толщина изделий 1 класса достигает 2 см, 2 класса — 6 см.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Маслобензостойкая
резина (МБС)*

В качестве сырья используют хлоропреновый каучук (наирит), серу, наполнители (смолы, сажу и т. д.), другие вещества. Чем больше серы, тем тверже состав. В зависимости от содержания серы продукцию делят на три группы: мягкую (М), среднюю (С), твердую (Т). От твердости зависят прочность, эластичность, устойчивость к разрывным нагрузкам.

Основным преимуществом является высокая устойчивость к минеральным, синтетическим маслам, нефтепродуктам, высокому давлению.

Поэтому уплотнительные соединения, настильные модули, прокладки, переходные кольца и пластины из маслобензостойкой резины широко используют в различных отраслях.

Ленты для электропромышленности

Ленты для электропромышленности (ГОСТ 4514-78) вырабатывают из хлопчатобумажной (ХБ) пряжи и химических нитей и пряжи. Применяются:

- ♦ в электротехнических изделиях;
- ♦ в швейной промышленности и для изготовления канцелярских изделий.

По толщине, переплетению и видам ХБ пряжи различается лента киперная, тафтяная и миткалевая. Из полиэфирных нитей, полиэфирного волокна и пряжи полиэфирной вырабатываются полиэфирные ленты.

Киперная лента (ГОСТ 4514-78) вырабатывается саржевым переплетением из ХБ пряжи. Толщина ленты 0,38 мм.

Тафтяная и миткалевая ленты (ГОСТ 4514-78) вырабатываются полотняным переплетением из ХБ пряжи. Толщина ленты 0,24 и 0,22 мм, соответственно.

Лента ПЭ полиэфирная (лавсановая) вырабатывается из полиэфирной нити полотняным переплетением. Ширина 12, 16, 20, 25 и 30 мм. Толщина 0,15 мм.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ И ТЕРМОУСАЖИВАЕМЫЕ ТРУБКИ

Изоляционные трубки из поливинилхлоридного пластика

Изоляционные трубки из поливинилхлоридного пластика (ГОСТ 19034-82) типа 305 (ГОСТ 17675-87) предназначены для защиты и дополнительной изоляции токоведущих элементов электротехнических устройств, работающих при напряжении до 1000 В постоянного и переменного тока частотой до 50 Гц.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Поливинилхлорид (ПВХ, полихлорвинил, винил, вестолит, хосталит, виннол, корвик, сикрон, джеон, ниппеон, сумилит, луковил, хелвик, норвик и др.) – бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида.

Поливинилхлоридные (полихлорвиниловые) трубки (кембрик) ввиду хороших электроизоляционных свойств, влагонепроницаемости, бензино- и маслостойкости, высокой эластичности применяют для защиты кабельных проходов и для других видов изоляции. Полихлорвиниловая трубка распространена и в качестве маркировочного материала электрических проводов.

Поливинилхлоридные трубки при монтаже узлов электрооборудования металлорежущих станков применяют в качестве электроизоляционного материала, а также материала для трасс

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



ГОСТ 19034-82
Трубки из поливинилхлоридного
пластика

электропроводок. Поливинилхлоридные трубки используют лишь для внутренних разводок по станку, где исключены их механические повреждения.

Условное обозначение трубки состоит из обозначения типа, марки согласно табл. 8.1, цифры, указывающей диаметр трубки согласно табл. 8.2, цвета трубки, сорта и обозначения настоящего стандарта.

Цвета трубок иногда имеют следующее условное обозначение: белый — Б, желтый — Ж, оранжевый — О, розовый — Р, красный — К, голубой — Г, светло-синий — С, зеленый — З, коричневый — КЧ, фиолетовый — Ф, черный — Ч, серый — СР, неокрашенный — НК.

Марки трубок из поливинилхлоридного пластика

Таблица 8.1

Марка трубки	Марка ПВХ пластика	Рецептура сырья	Применяемость в статическом состоянии при температуре
ТВ-40	И40-13	230/1 251/1	от -40 до +70 °С
ТВ-40Т	—	230Т	от -40 до +70 °С
ТВ-40А	ИТ-105	Т-50	от -40 до +105 °С
ТВ-50	—	355	от -50 до +70 °С
ТВ-50-14	И-50-14	Э 50-1	от -50 до +70 °С, с улучшенными изоляционными свойствами
ТВ-60	И60-12	Э 60-1	от -60 до +70 °С

Геометрические характеристики трубок из поливинилхлоридного пластика

Таблица 8.2

Внутренний диаметр, мм		Толщина стенки, мм			
Номин.	Пред. откл.	I исполнение		II исполнение	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
0,50	±0,10	0,30	±0,10	—	—
0,75	±0,10	0,30	±0,10	—	—
1,00	±0,20	0,40	±0,10	—	—
1,50	±0,25	0,40	±0,10	—	—
1,75	±0,25	0,40	±0,10	—	—
2,00	±0,25	0,40	±0,10	1,00	±0,20
2,50	±0,25	0,40	±0,10	—	—
3,00	±0,25	0,40	±0,10	1,00	±0,20
3,50	±0,25	0,40	±0,10	—	—
4,00	±0,25	0,60	±0,10	1,20	±0,20
4,50	±0,25	0,60	±0,10	1,20	±0,20
5,00	±0,25	0,60	±0,10	1,20	±0,20
6,00	±0,30	0,60	±0,10	—	—
7,00	±0,50	0,60	±0,10	—	—
8,00	±0,50	0,60	±0,10	—	—
9,00	±0,50	0,60	±0,10	—	—
10,00	±0,50	0,70	±0,10	—	—
12,00	±0,50	0,70	±0,10	—	—
14,00	±0,50	0,70	±0,10	—	—

Таблица 8.2 (продолжение)

Внутренний диаметр, мм		Толщина стенки, мм			
Номин.	Пред. откл.	I исполнение		II исполнение	
		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
16,00	±0,80	0,90	±0,10	–	–
18,00	±0,80	0,90	±0,10	–	–
20,00	±1,00	1,15	±0,20	–	–
22,00	±1,00	1,15	±0,20	–	–
25,00	±1,00	1,15	±0,20	–	–
30,00	±1,30	1,40	±0,25	–	–
35,00	±1,30	1,40	±0,25	–	–
40,00	±2,00	1,75	±0,25	–	–
50,00	±2,00	–	–	4,5	±0,80

ПРИМЕР

Трубка 305 ТВ-40 – трубка марки внутренним диаметром 4 мм, черного цвета, высшего сорта ГОСТ 19034-82. Для трубок исполнения II дополнительно указывают толщину стенки.

Трубка марки ТВ-40 внутренним диаметром 4 мм, исполнения II, толщиной 1,2 мм, черного цвета высшего сорта: **Трубка 305 ТВ-40, 4×1,2**, черная, высшего сорта ГОСТ 19034-82. Допускается в примере условного обозначения указывать рецептуру.

ONLINE ВИДЕО

Трубка ТВ-40
КЕМБРИК (ПВХ)
ГОСТ 19034-82.
Применение
и технические
характеристики

Электрические характеристики изоляционных трубок в условиях ГОСТ 6433.1-71 приведены в табл. 8.3.

ONLINE ВИДЕО

Термоусадочная
трубка. Для чего?
Как использовать?
Термоусадка

Термоусаживаемая изоляционная трубка ТУТ

Термоусаживаемая изоляционная трубка ТУТ применяется для электрической изоляции, герметизации, антикоррозионной защиты, бандажа проводов, декоративного покрытия и т. д.

Трубки ТУТ изготавливают следующих цветов: черный, красный, желтый, зеленый, синий. Термоусадочные трубки ТУТ выпускаются по ТУ ТФ.207.05-2003. Рабочие температуры от –60 до

+80 °С. Трубки ТУТ обладают стойкостью к изменению погодных условий и к ультрафиолетовому излучению, не поддерживают горение.

Показатель	Норма для марок											
	ТВ-40		ТВ-40Т		ТВ-40А		ТВ-50		ТВ-50-14		ТВ-60	
	Высший сорт	1-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	Высший сорт	1-й сорт	Высший сорт	1-й сорт
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см, не менее:												
6 (15-35) 45-75М (15-35) 45-75	1·10 ¹²	1·10 ¹²	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	2·10 ¹²	2·10 ¹²	1·10 ¹⁰	1·10 ¹⁰	1·10 ¹⁴	1·10 ¹³	1·10 ¹²	1·10 ¹¹
6 (15-35) 45-75,1 (70) 20М (70) 20	1·10 ¹⁰	1·10 ¹⁰	1·10 ⁹	1·10 ⁹	Не определяют		1·10 ⁹	1·10 ⁹	1·10 ¹²	1·10 ¹¹	1·10 ¹⁰	1·10 ⁹
Электрическая прочность, кВ/мм, не менее: 6 (15-35) 45-75М (20) трансформаторное масло	15,8	15	15,8	15	15,8	15	15	15	15	15	15	15
Электрическая прочность в условиях пониженной температуры, кВ/мм, не менее, 6 (15-35) 45-75,2 (-60) М (20) трансформаторное масло	16	10	12	10	10	10	12	10	12	10	12	10
Электрическая прочность в условиях повышенной влажности, кВ/мм, не менее, в условиях ГОСТ 6433.1-71 6 (15-35) 45-75,24 (20) 95М (20) трансформаторное масло	15	10	15	10	13,4	10	10	10	10	10	10	10
Электрическая прочность в условиях повышенной температуры, кВ/мм, не менее, в условиях ГОСТ 6433.1-71												
6 (15-35) 45-75,48 (105) 20М (20) трансформаторное масло	12	10	12	10	-	-	12	10	12	10	12	10
6 (15-35) 45-75,48 (120) 20М (20) трансформаторное масло	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
Прочность при растяжении, МПа (кгс/см ²), не менее	16,3 (170)	15,3 (160)	16,3 (170)	15,3 (160)	13,7 (140)	11,8 (120)	13,0 (133)	9,8 (100)	14,7 (150)	11,8 (120)	9,8 (100)	9,8 (100)
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	220	200	220	200	250	180	220	200	180	120	280	240

В табл. 8.4 приведены основные эксплуатационные характеристики термоусаживаемых изолирующих трубок ТУТ.

Характеристики термоусаживаемых изолирующих трубок ТУТ

Таблица 8.4

Обозначение	Кол-во метров в бухте	Изолируемые диаметры, мм	Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм	Толщина после полной усадки не менее, мм	Вес бухты, кг
ТУТ 4/2	100	2,2–3,4	4	2	0,6	0,4
ТУТ 6/3	100	3,3–5,4	6	3	0,6	0,6
ТУТ 8/4	100	4,5–7	8	4	0,6	0,6
ТУТ 10/5	100	6–9	10	5	1,0	1,6
ТУТ 12/6	100	7–10,5	12	6	1,5	2,1
ТУТ 16/8	100	9–14	16	8	1,5	2,5
ТУТ 20/8	100	9–18	20	8	1,5	4,8
ТУТ 28/11	100	12–25	28	11	1,5	4,8
ТУТ 30/15	100	16–27	30	15	1,5	6,9
ТУТ 33/14	100	15–30	33	14	1,5	5,7
ТУТ 40/20	50	21–37	40	20	1,5	4,3
ТУТ 50/25	50	26–45	50	25	1,5	5,3
ТУТ 60/30	50	31–54	60	30	1,5	3,1
ТУТ 80/40	25	42–72	80	40	1,5	3,9
ТУТ 100/50	25	53–90	100	50	1,5	6,3

Эксплуатационные характеристики трубок ТУТ:

- ♦ электрическая прочность — не менее 20 кВ/мм;
- ♦ относительное удлинение при разрыве — не менее 200 %;
- ♦ радиальная усадка — не менее 50 %;
- ♦ усадка до диаметра, обеспечивающего полное обжатие изделия, происходит в результате нагрева термоусадочной трубки горячим воздухом строительного фена или открытым пламенем газовой горелки до температуры 120–140 °С.

На рис. 8.1 C и C_1 ; D и D_1 — толщина и диаметр стенки до и после усадки.

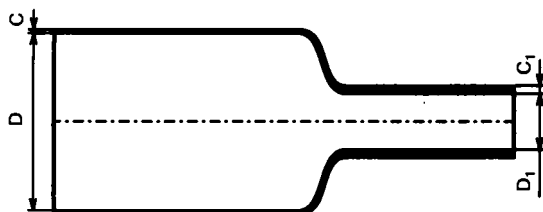


Рис. 8.1. Геометрические характеристики трубок ТУТ до и после усадки

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Термоусаживаемая
изоляционная
трубка ТУТ

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



ТУТ, ТУТНГ,
термоусаживаемая
трубка

Тонкостенные термоусаживаемые трубки желто-зеленого цвета

Трубка термоусаживаемая желто-зеленого цвета предназначена для обозначения и защиты заземляющих проводников, кабелей и шинопроводов. Трубка обладает стойкостью к изменению погодных условий и ультрафиолетовому излучению.

Характеристики:

- ♦ рабочее напряжение до 1 кВ;
- ♦ огнестойкость VW-1,
не поддерживает горение;
- ♦ коэффициент усадки 2:1;
- ♦ температурный диапазон эксплуатации от -40 до +125 °С;
- ♦ температура усадки от +105 до +125 °С.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тонкостенные
термоусадочные
трубки,
термоусадочное
соотношение 2:1

Термоусаживаемые трубки Birch Valley Plastics Ltd

Помимо обширного ассортимента отечественных термоусаживаемых трубок существует большой ассортимент зарубежных термоусаживаемых трубок, малая часть которых представлена ниже, табл. 8.5 — табл. 8.7.

Ассортимент и свойства термоусаживаемых изолирующих трубок производства Birch Valley Plastics Ltd представлены в табл. 8.5. Характеристики термоусаживаемых трубок производства Birch Valley Plastics Ltd **без внутреннего слоя** представлены в табл. 8.6, с **внутренним клеевым слоем** — в табл. 8.7.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Термоусаживаемые
трубки Birch Valley
Plastics Ltd

Ассортимент и свойства термоусаживаемых изолирующих трубок
производства Birch Valley Plastics Ltd

Таблица 8.5

Обозначение	Описание	Температурный диапазон, °С	Кэфф. усадки	Диапазон размеров, мм
HST	Высококачественная, задерживающая распространение пламени ПВХ трубка, более дешевая, чем полиолефин.	-30 ... +105	2:1	1,2-76
NPO	Дешевый, безгалогенный полиолефин с улучшенными температурными характеристиками.	-55 ... +125	2:1	1,2-38,1
LPO	Очень гибкая полиолефиновая с низкой температурой усадки, для использования при низких температурах.	-70 ... +125	2:1	3,2-38,1

Таблица 8.5 (продолжение)

Обозначение	Описание	Температурный диапазон, °C	Коефф. усадки	Диапазон размеров, мм
VPO	Негорючая, очень гибкая, с низкой температурой усадки облученная полиолефиновая.	-30 ... +125	2:1	1,2–50,8
CPO	Общего назначения, задерживающая распространение пламени, полиолефиновая.	-55 ... +125	2:1	1,2–102
BPO	Задерживающая распространение пламени, с хорошей температурной стойкостью, полиолефиновая.	-70 ... +135	2:1	1,2–102
EPO3	Трубка EPO с коэффициентом усадки 3 : 1	-55 ... +135	3:1	1,5–40
EPO	Негорючая, по военным спецификациям и по UL224, полиолефиновая.	-55 ... +135	2:1	1,2–102
DWF	Полугибкая, полиолефиновая трубка с плавким внутренним слоем	-55 ... +110	3:1	3,0–39,0
DWA	Дешевая, с внутренним слоем плавкого адгезива, полиолефиновая.	-30 ... +80	3:1	3,0–39,0
KYNAR	Жесткая, высокотемпературная тонкостенная изоляционная трубка	-55 ... +175	2:1	–
DWR	Полужесткая, радиационно сшитая, полиолефиновая трубка с плавким внутренним слоем	–	2,5–4:1	–

Характеристики термоусаживаемых трубок без внутреннего слоя производства Birch Valley Plastics Ltd

Таблица 8.6

Наименование	Свойства	Стандартные цвета*	Темп. диапазон	Коефф. усадки	Диапазон размеров (в дюймах или мм)
Тонкостенные трубки					
LSTT	Низкая температура усадки (Коммерческое применение)	0, 2, 4, 5, 6, 9, X	-40 +105 °C	2:1	1,6–38,0 мм
VERSAFIT	Очень огнестойкий	0, 9, 2, 6, 4, 5	-55 +135 °C	2:1	3/64"–4"
VERSAFIT-3X	VERSAFIT с коефф. усадки 3:1	0, 9	-55 +135 °C	3:1	3/32"–1"
VERSAFIT V	Огнестойкий полиолефин	0, 9, 2, 6, 4, 5	-55 +105 °C	2:1	1–30 мм
VERSAFIT V2	Огнестойкий полиолефин	0, 9, 2, 6, 4, 5	-55 +125 °C	2:1	1–30 мм
VERSAFIT V4	Огнестойкий полиолефин с очень тонкой стенкой	0	-45 +125 °C	2:1	3/64"–1" (1–30 мм)
Гибкие					
CGRT	Коммерческий негорючий полиолефин	0, 2, 4, 5, 6, 9, X	-40 +135 °C	2:1 3:1	1,6–38,0 мм
DCPT	Полиолефин с продольными желто-зелеными полосами	Желто-зеленые полосы 45	-55 +135 °C	2:1	1/8"–1/2"
RNF-100	Высококачественный гибкий полиолефин	0, 2, 4, 5, 6, 9, X	-55 +135 °C	2:1	3/64"–5"
RNF-150	Высококачественный гибкий флуорополимер	0	-55 +150 °C	2:1	3/64"–1"
RNF-3000	Полиолефин с коефф. усадки 3:1	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9	-55 +135 °C	2:1	1,5–39 мм
RNF-4800	Полиолефин с коефф. усадки 4:1	0	-55 +135 °C	4:1	3/4"–4,6"
RNF-375	Прозрачный высококачественный прозрачный полиолефин	X	-55 +150 °C	2:1	3/64"–1"
TFE	Высокотемпературный тефлон	X	-67 + 250 °C	1,8:1	0,8–11,9 мм
TFE-R	Высокотемпературный тефлон	X	-67 + 250 °C	3,2:1	2–32 мм
TUGA	Ярко окрашенный, прочный полиолефин	0, 2, 4, 5, 6, 9, X	-55 + 125 °C	2:1	1,2–51 мм
ZH-100	Тонкостенный пожаробезопасный полиолефин	0	-30 + 105 °C	2:1	1/8"–2"

Таблица 8.6 (продолжение)

Наименование	Свойства	Стандартные цвета*	Темп. диапазон	Коефф. усадки	Диапазон размеров (в дюймах или мм)
Полужесткие					
CRN	Пожаробезопасный полиолефин	0, X	-55 + 135 °C	2:1	3/64"-1"
Kynar	Высококачественный флуорополимер	X	-55 + 175 °C	2:1	3/64"-11/2"
RT-3	Полужесткий полиолефин для изоляции наконечников	0	-55 + 135 °C	2,5:1	0,240"-0,485"

Характеристики термоусаживаемых трубок с внутренним клеевым слоем производства Birch Valley Plastics Ltd

Таблица 8.7

Наименование	Свойства	Цвет	Темп. диапазон	Коефф. усадки	Диапазон размеров (в дюймах или мм)
Полугибкие					
ATUM	Полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-55 + 110 °C	3:1 4:1	1/8"-11/2" 4-52 мм
CGAT	Коммерческий полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-30 + 80 °C	3:1	3-39 мм
DWP-125	Полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-40 + 110 °C	3:1	1/8"-1"
HTAT	Высокотемпературный полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-55 + 125 °C	4:1	4-48 мм
TAT-125	Полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-55 + 110 °C	2:1	1/8"-11/2"
Полужесткие					
ES1000	Прозрачный полиолефин с внутр. клеевым слоем и высоким коефф. усадки	X	-30 + 130 °C	4:1	0,225"-0,700"
ES2000	Пожаробезопасный полиолефин с внутр. клеевым слоем	0	-30 + 130 °C	4:1	0,225"-0,700"
SCL	Полиолефин с внутр. слоем инкапсулянта	0	-55 + 110 °C	3:1	1/8"-1"
Медицинские					
MT2000	Смачиваемый тонкостенный полиолефин	0, X	-40 °C + 105 °C	2,5:1	1-10 мм
MT3000	Высокотемпературный гибкий флуорополимер	0	-55 °C + 150 °C	2:1	1/16"-1"
MT5000	Гибкий полиолефин	0, X	-70 + 105 °C	2:1	1/16"-1"
MT1000	Полужесткий флуорополимер, стойкий к обработке в автоклаве	X	-55 + 175 °C	2:1	1/16"-1"
Со средней толщиной стенки					
DR-25	Стойкий к жидкостям эластомер	0	-75 + 150 °C	2:1	1/8"-3"
NT; NT-FR	Очень гибкий прочный неопрен	0	-70 + 121 °C	1,75:1	1/8"-3"
RT-555	Стойкий к химикатам и жидкостям флуорополимер	0	-65 + 200 °C	2:1	1/8"-2"
SFR	Очень гибкий силикон	0	-75 + 180 °C	1,75 : 1	1/4"-2"
SRFR	Очень гибкая силиконовая резина	8	-75 + 200 °C	1,75 : 1	2,9-55,0 мм
Viton	Высокотемпературный гибкий эластомер	0	-40 + 200 °C	2:1	1/8"-2"
Viton-HW	Высокотемпературный толстостенный эластомер	0	-40 + 200 °C	2:1	1/4"-2"
ZHTM	Гибкий полиолефин с низкой токсичностью	0	-30 + 105 °C	2:1	3-40 мм
Толстостенные с судостроительными одобрениями					
BSTS и GPT	Толстостенный прочный общего применения полиолефин	0	-55 + 90 °C	3:1	0,3"-4,5"

Таблица 8.7 (продолжение)

Наименование	Свойства	Цвет	Темп. диапазон	Коефф. усадки	Диапазон размеров (в дюймах или мм)
HF	Очень гибкий толстостенный полиолефин	0	-55 + 90 °C	3:1	0,4"-2,7"
HR; HSR	Ремонтные гильзы с высоким коефф. усадки	0	-55 + 90 °C	5,6 : 1	0,6"-4"
XFFR; ZHS	Безгалогенный, пожаробезопасный полиолефин	0, 2, 4, 5, 6, 9, X	-30 + 90 °C	3 : 1	0,4"-3"
SST; AST	Полиолефин с внутр. слоем герметика	0	-55 + 90 °C	3 : 1	0,3"-4,5"
Комплекты					
Rayblock 85	Герметизация пучка проводов	0	-40 + 85 °C	4:1	0,472"-1,26"
Rayblock 105	Герметизация пучка проводов	0	-40 + 105 °C	4:1	"

* Коды цвета: X – прозрачный; 1 – коричневый; 2 – красный; 3 – оранжевый; 4 – желтый; 5 – зеленый; 6 – голубой; 7 – фиолетовый; 8 – серый.

Термоусаживаемые трубки для изоляции сборных шин

Термоусаживаемые трубки для изоляции сборных шин изготовлены из галогеносодержащих изоляционных материалов. Устойчивы к воздействию ультрафиолетового излучения и эрозии. Могут устанавливаться на все типы кабеля: подвесные, прокладываемые непосредственно в грунте или канализации, без заполнения или с гидрофобным наполнителем, с полиэтиленовой или металлической оболочкой.

Применение:

- ♦ защита от дугового перекрытия изоляции;
- ♦ уменьшение воздушного промежутка между токоведущими шинами.

Характеристики (см. также табл. 8.8): напряжение — 24 кВ, рабочая температура — от -40 до +105 °C, температура для усадки — 125 °C.

Аналоги. Raychem/Тусо: BPTM. DSG Canusa: CBTM. 3M: BBI. LG: LG-BBMV.

Геометрические характеристики термоусаживаемых трубок

Таблица 8.8

Размер	(Шина) Ширина + толщина Мин. / Макс., мм		(Круглая шина) Диаметр Мин. / Макс., мм		Размер	(Шина) Ширина + толщина Мин. / Макс., мм		(Круглая шина) Диаметр Мин. / Макс., мм	
25/10	15	25	10	18	80/32	55	90	40	60
30/12	22	35	15	25	100/40	70	110	50	80
40/15	28	45	20	30	120/50	90	140	60	95
50/20	38	55	25	40	150/60	105	180	70	120
60/24	38	55	25	40	180/70	130	210	85	140
65/26	45	65	35	50	210/84	140	260	95	170
75/30	45	65	35	50	230/92	140	260	95	170
70/28	45	65	35	50					
75/30	45	65	35	50					

Примечание. Толщина трубки после усадки составляет 1,6 мм.

Нескользящая термоусаживаемая трубка

Нескользящая термоусаживаемая трубка может использоваться в ручках и рукоятках для защиты от проскальзывания. Трубка обладает стойкостью к изменению погодных условий и ультрафиолетовому излучению.

Характеристики (см. также табл. 8.9):

- ♦ рабочая температура — от -55 до $+110$ °C;
- ♦ температура для усадки — 70 °C;
- ♦ коэффициент усадки — 2:1.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Трубка
термоусадочная
противоскользящая
RAYCHMAN TCT
Velvet – 2:1

Геометрические характеристики термоусаживаемых трубок

Таблица 8.9

Размер	До усадки, мм		После усадки, мм	
	Диаметр	Толщина стенки	Диаметр	Толщина стенки
10×5	10	–	5,0	–
15×7,5	15	–	7,5	–
20×10	20	0,65±0,1	10	2±0,2
22×11	22	0,65±0,1	11	2±0,2
25×12,5	25	0,65±0,1	12,5	2,0±0,2
28×14	28	0,65±0,1	14	2,2±0,2
30×15	30	0,65±0,1	15	2,2±0,2
35×17,5	35	0,8±0,1	17,5	2,2±0,2
40×20	40	0,8±0,1	20	2,2±0,2
45×22,5	45	0,8±0,1	22,5	2,2±0,2
50×25	50	0,8±0,1	25	2,2±0,2

Трубки холодной усадки

Трубки холодной усадки применяют для электрической изоляции кабеля, восстановления кабельной оболочки, уплотнения и других применений без нагрева и использования открытого огня. Это свойство является необходимым в случаях, когда невозможно обеспечить нагрев изделия, либо его нагрев невозможен из соображений безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Технология изготовления данных трубок основана на способности эластомеров вновь приобретать начальную форму после растяжения и деформации.

Изделия «холодной» усадки во время производственного процесса растягивают на специальном каркасе из свитого в спираль пластика (пластикового шнура). Для усадки изделия необходимо потянуть за свободный конец шнура. В результате данного действия резина сожмется под действием упругих сил сжатия и усадится на требуемый объект.

Преимущества трубок холодной усадки:

- ♦ простой и быстрый монтаж, для установки трубок не требуется пламени или специального инструмента;
- ♦ после удаления пластикового корда трубка сама усаживается на кабель, создавая изоляционный слой равномерной толщины, без пустот и неровностей;
- ♦ герметичность уплотнения, упругость и усилие сжатия сохраняется на протяжении всего срока эксплуатации трубки;
- ♦ усаженная трубка создает равномерное радиальное прижимное давление на кабель и повторяет его расширение/сужение при повышенных нагрузках и перепадах температур;
- ♦ устойчивость к кислотам, щелочам, растворителям и др. химическим веществам;

Служит в качестве механической защиты и защиты от влаги для электрического оборудования, жгутов проводов, соединителей. Применяется для антикоррозионной защиты фиттингов и другого не электротехнического оборудования.

Характеристики (см. также табл. 8.10):

- ♦ рабочая температура от -55 до $+105$ °С;
- ♦ удлинение до разрыва 630 %;
- ♦ предел прочности на разрыв выше 11,0 МПа;
- ♦ диэлектрическая постоянная 5;
- ♦ диэлектрическая прочность 18 кВ/мм;
- ♦ водопоглощение менее 3%.

Аналоги. ЗМ: PST 8420.

ONLINE ВИДЕО



Термоусадочная
трубка холодной
усадки COAX
CONNECTOR COLD
SHRINK KIT

Геометрические характеристики трубок холодной усадки

Таблица 8.10

Размер, мм	Длина, мм	Изолированный диаметр, мм	Размер, мм	Длина, мм	Изолированный диаметр, мм
25×203	203	10–20	40×152	152	15–30
25×279	279	10–20	40×305	305	15–30
35×229	229	15–25	53×152	152	25–50
35×279	279	15–25	53×305	305	25–50

Термоусаживаемые ремонтные манжеты

Термоусаживаемые ремонтные манжеты предназначены для быстрого и качественного ремонта поврежденной изоляции кабелей и для монтажа и ремонта соединительных муфт. Могут устанавливаться на все типы кабеля: подвесные, прокладываемые непосредственно в грунте или канализации, без заполнения или с гидрофобным наполнителем, с полиэтиленовой или металлической оболочкой.

Характеристики (см. также табл. 8.11):

- ♦ Напряжение 1 кВ.
- ♦ Рабочая температура от -25 до +90 °С.
- ♦ Температура для усадки 135 °С.

Аналоги. Raychem/Tyco: CRSM. DSG Canusa: CRDW. 3M: HDCW.

ONLINE ВИДЕО



Термоусаживаемые
ремонтные
манжеты TRM

Геометрические характеристики термоусаживаемых ремонтных манжет

Таблица 8.11

Размер	Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм	Толщина стенки, мм	Стандартная длина, мм
Ф34/8	34	8	3,0	250, 500
Ф53/13	53	13	3,0	250, 500
Ф93/25	93	25	3,0	250, 500, 1000
Ф135/34	135	34	3,0	500, 1000
Ф198/55	198	55	3,0	500, 1000

Термоусаживаемая среднестенная трубка с клеем

Термоусаживаемая среднестенная трубка с клеем, не содержащая галогенов с термопластичным клеевым подслоем, обладающим высокой адгезией и стойкостью к сдвиговым деформациям, используется для комплектации кабельных муфт, герметизации, изоляции и защиты от коррозии в электроэнергетике, связи, нефте- и газопереработке, телекоммуникациях.

Клеевая термоусадочная трубка обладает высокой механической и электрической прочностью, а также стойкостью к ультрафиолетовому излучению.

ONLINE ВИДЕО



Термоусаживаемая
трубка 3М MDT-A
50-18 средне-
стенная с клеем

Преимущества:

- ♦ термоплавкий клей трубки обеспечивает герметизацию и влагонепроницаемость;
- ♦ материал клеевой трубки не поддерживает горение;
- ♦ износостойкость.

Характеристики (см. также табл. 8.12):

- ♦ напряжение использования 1–15 кВ;
- ♦ рабочая температура от –55 до +105 °С;
- ♦ температура для усадки 125 °С;
- ♦ продольная усадка не более 1 %.

Аналоги. Raychem/Тусо: MWТМ. 3М: IMCSN.

*Геометрические характеристики термоусаживаемых
среднестенных трубок с клеем*

Таблица 8.12

Наименование	Диаметр до усадки, мм	Диаметр после усадки, мм	Толщина стенки после усадки, мм
ТУТ-К 8/2	8	2	1,5
ТУТ-К 9/3	9,6	3,2	1,7
ТУТ-К 12/4	12	4	1,7
ТУТ-К 19/6	19	6	2,5
ТУТ-К 25/8	25	8	2,5
ТУТ-К 28/9	28	9	2,5
ТУТ-К 33/11	33	11	2,5
ТУТ-К 40/12	40	12	2,5
ТУТ-К 55/16	55	16	2,7
ТУТ-К 75/22	75	22	3,0
ТУТ-К 95/25	95	25	3,0
ТУТ-К 115/34	115	34	3,0
ТУТ-К 140/42	140	42	3,0
ТУТ-К 160/50	160	50	3,0

КОМПАУНДЫ

|| Назначение || компаунда

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Компаунды – термоактивная, термопластическая полимерная смола (отверждаемая в естественных условиях) и эластомерные материалы с наполнителями и/или добавками или без них после затвердевания.

Герметизация компаундом обеспечивает защиту части электрооборудования, способные воспламенить взрывоопасную атмосферу за счет искрения или нагрева. Части электрооборудования заключаются в компаунд таким образом, чтобы взрывоопасная атмосфера не могла воспламениться. Регламентируется ГОСТ Р 51330.17-99 Часть 18. Взрывозащита вида «Герметизация компаундом (m)».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Герметизация компаундом – процесс нанесения компаунда для защиты любого электротехнического устройства (устройств) методом погружения или заливки.

Погружение в компаунд – процесс заключения в компаунд электротехнического устройства (устройств) путем заполнения компаундом формы с расположенным в ней устройством и последующего извлечения залитого устройства (устройств) из формы после отверждения компаунда.

Заливка компаундом – процесс погружения, в котором форма остается скрепленной с залитым устройством (устройствами).

Эпоксидные компаунды разделяют на две группы — компаунды горячего отверждения, требующие для полимеризации повышенной температуры, и компаунды холодного отверждения, не требующие нагревания, но менее теплоустойчивые, чем компаунды горячего отверждения:

- ♦ компаунды горячего отверждения требуют прогрева при температуре около 100°C в течение нескольких часов;
- ♦ компаунды холодного отверждения полимеризуются при нормальной температуре и затвердевают через 4 часа, но приобретают установившиеся параметры через сутки.

Используется в качестве электроизоляционного материала. В последнее время область применения компаундов расширяется.

ONLINE ВИДЕО



Компаунды
и силиконы
заливочные для
печатных плат
и электроники

Компаунды горячего отверждения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Компаунды горячего отверждения — компаунды, для отверждения которых необходима выдержка при повышенных температурах.

Термообработка эпоксидных компаундов горячего отверждения проводится в сушильных камерах при 70 °C в течение 2 ч, затем повышают температуру от 70 до 120 °C в течение 4—6 ч, выдерживают при 120 °C в течение 6 ч, затем в течение 1 ч повышают температуру от 120 до 140—150 °C, выдерживают при этой температуре 24 ч и охлаждают вместе с термокамерой.

Отверждение полимера заканчивается еще при повышенной температуре и к первичной усадке добавляются механические напряжения из-за неравенства температурных коэффициентов линейного расширения заливочного компаунда и деталей блока.

ПРИМЕЧАНИЕ

Реакция отверждения у эпоксидных смол проходит с участием отвердителя, который вводят в компаунд непосредственно перед заливкой.

Реакция полимеризации эпоксидных компаундов экзотермическая. Так, эпоксидный компаунд горячего отверждения, нагретый до 160°C,

при отверждении разогревается еще примерно на 50°C. Это необходимо учитывать при заливке деталей с ограниченной теплостойкостью.

ВЫВОД

Компаунды горячего отверждения более удобны в производстве благодаря большой жизнеспособности и меньшей зависимости свойств от точности дозировки отвердителя.

Компаунды для напыленной изоляции

Характеристики компаундов для напыленной изоляции приведены в табл. 9.1.

Характеристики компаундов для напыленной изоляции и их основное назначение Таблица 9.1

Марка	Химическая природа ТУ	Основное назначение
ЭП-49А/1	Эпоксидный ТУ 6-05-1420-75	Напыление пазовой изоляции с рабочей температурой от -60 до +130 °С, кратковременно (до 500 ч) 180 °С
ЭП-49А/2 ЭП-49Д/1 ЭВП-10 ЭП-49Д/2	Эпоксидный ТУ ОАЮ503.010, ТУ 6-05.1420-75	Напыление по металлу и обмоткам с рабочей температурой от -60 до +130 °С (ЭВП-10 до 140 °С или в течение 1000 ч до 180 °С)
ЭВН-6	Эпоксидный ТУ ОАЮ504.018	Изолирование шин и аналогичных им деталей с рабочей температурой от -60 до +130 °С
УП 2155 ПЭП-219	Эпоксидный ТУ 6-05-1420-75 ТУ 6-10-1597-77	Нанесение антикоррозионных, декоративных и электроизоляционных покрытий

Компаунды холодного отверждения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Компаунды холодного отверждения – вещества, отверждение которых происходит при обычной температуре, но с предварительным нагревом.

Процесс получения компаундов холодного отверждения заключается в нагреве эпоксидной смолы до 60—80 °С, добавлении при перемешивании в течение 1—2 ч полимерных или мономерных веществ, наполнителя и пластификатора, охлаждении смолы до 15—25 °С. Характеристики компаундов холодного отверждения приведены в табл. 9.2.

Характеристики компаундов холодного отверждения и их основное назначение

Таблица 9.2

Марка	Химическая природа ТУ	Режим отверждения		Основное назначение
		T, °C	Время, ч	
УП-5-105-2	Эпоксидный ТУ 6-05-241-111-75	25 2		Герметизация и склейка электро- и радиотехнических изделий, шпатлевка неплотностей различной аппаратуры, длительно работающей в интервале температур от -60 до +75 °C
УП-5-168С	Эпоксидный наполненный ТУ 6-05-241-112-75	25 4		Герметизация конструкций из стеклопластиков и металлов, работающих в условиях повышенных давлений
УП-5-199	Эпоксидные ТУ 6-05-241-171-80	20 2,5		Изоляция мест соединения или разделки кабелей, а также для заводского изготовления кабельной арматуры с последующей заливкой компаундом на месте монтажа в полевых условиях при -40...+35 °C
УП-5-199-1	Эпоксидные ТУ 6-05-241-171-80	20 2,5		
УП-5-220	Эпоксикремний-органический ТУ 6-05-241-263-80	20 3		Герметизация аппаратуры, работающей в интервале температур от -60 до +120 °C, в условиях повышенной влажности, под действием вибрационных и механических нагрузок
УП-5-221	Эпоксидный ТУ 6-05-241-263-80	20 3,5		Заливка изделий радиоэлектронной промышленности, работающих в условиях повышенной влажности (φ до 98 %) под действием вибрационных и механических нагрузок
УП-5-122 АТ	Эпоксидный ТУ 6-05-1816-77	25 4		Применяется при монтаже огней углубленного типа и кабелей к ним в аэродромных покрытиях. Обеспечивает надежное крепление огней и герметизацию кабелей в условиях воздействия силовых, вибрационных и температурных нагрузок, нефтяных масел и авиационного топлива. Интервал рабочих температур от -40 до +60 °C
УП-5-122АТ-1	Эпоксидный ТУ 6-05-1816-77	25 5		
УП-6-102	Эпоксидный ТУ 6-05-241-181-78	25 6-8		Изоляция крупногабаритных изделий, работающих в интервале температур от -60 до +120 °C
УП-6-104	Эпоксидный ТУ 6-05-241-216-79	25 2-3		Изоляция высоковольтных изделий с большой плотностью монтажа, содержащего чувствительные к механическим и термическим воздействиям элементы, работающие в интервале температур от -60 до +100 °C
Д-6 Д-8 ЭЗК-6 Д-9 Д-9а	Эпоксидные, пластифицированные полиэфиром или дибутилфталатом	20 24		Изоляция тороидальных трансформаторов, блоков резисторов других деталей, работающих в интервале температур от -60 до +80 °C. Используются в качестве клеев холодного отверждения
10-10	Эпокситиоколовый ОСТ 11028.006-74	20 80	16 20	Герметизация элементов аппаратуры, работающей в интервале температур от -60 до +80 °C и кратковременно (до 1000 ч) при 100 °C
10-20	Эпоксидный, модифицированный полиэфиром и тиоколом ОСТ 11028.006-74	80 8-16		Герметизация элементов радиотехнической и радиоэлектронной аппаратуры
ПЭК-18 ПЭК-19 ПЭК-20 ПЭКЛ-19 ПЭКЛ-20	Эпоксидные, модифицированные карбоксилатными каучуками или полиэфиром ТУ 38-5-314-68	20 50	24 48	Герметизация малогабаритных деталей радиоэлектронной аппаратуры, работающей в среде воздуха в интервале температур от -60 до +120 °C, допускающих работу в условиях тропической влажности
ЭЗК-12	Эпоксидный со стиролом	20 60	24 8	Изоляция бумажных и металlobумажных конденсаторов и других деталей
Герметик ЭГ	Эпоксидный ТУ ОЯШ.504.050-79	20-25 4-5		Герметизация трубчатых электронагревательных элементов автоматических стиральных машин
ЭЗК-17	Эпоксидный, модифицированный тиоколом	Нет данных		Изоляция радиотехнической и электронной аппаратуры

Таблица 9.2 (продолжение)

Марка	Химическая природа ТУ	Режим отверждения	Основное назначение
		Т, °С Время, ч	
10-90	Полиуретановый ТУ 38-40325-70	Нет данных	Герметизация изделий, содержащих элементы, чувствительные к механическим нагрузкам
10-145	Полиуретановый ТУ 38-40326-70		Изоляция высоковольтных выводов электронно-лучевых приборов
Виксинт К-18	Кремнийорганич.		Герметизация приборов, работающих в интервале температур от -60 до +250 °С (200 ч) в условиях повышенной влажности. Не рекомендуется для применения в изделиях из незащищенной меди и ее сплавов
Виксинт У-1-18	Кремнийорганич. ТУ 38-103420-78		Герметизация устройств, работающих в различных климатических условиях. Допускает использование в диапазоне температур от -60 до +300 °С (виксинт) и от -60 до +250 °С (КЛ) кратко временно
Герметик КЛ	Кремнийорганич.		
МБ-50	Битумная мастика ТУ 16-503.073-76		Заливка конденсаторных высоковольтных вводов
225Д	Битумный ТУ 6-10-1056-75		Пропитка под давлением катушек и обмоток высоковольтных машин и машин влагостойкого исполнения
225Р	Битумный разбавитель ТУ 6-10-1058-75		Компаунд служит для разбавления компаунда 225Д

ЛАКИ И ЭМАЛИ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

Разновидности лаков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Лак – раствор пленкообразующих веществ (природных или искусственных полимеров) в органических растворителях или воде.

Лаки могут содержать пластификатор, отвердитель и другие добавки, улучшающие качество покрытия. После высыхания лаки образуют прозрачную, блестящую или матовую токонепроводящую пленку. Отверждение лаковой пленки происходит за счет испарения растворителя или в результате химической реакции полимеризации.

Электроизоляционные лаки представляют собой коллоидные растворы пленкообразующих веществ: смол, битумов, высыхающих масел (льняное, тунговое и др.), эфиров целлюлозы или композиций этих материалов в специально подобранных органических растворителях (толуол, спирты, скипидар и др.).

Пропиточные лаки применяются для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с целью улучшения их изоляции, увеличения коэффициента теплопроводности обмоток и повышения их влагостойкости (лак ФЛ-98 или лак МЛ-92). Пропиточный лак, проникая в поры изоляции обмоток, вытесняет оттуда воздух и после своего отвердевания делает обмотку влагостойкой. При этом повышается электрическая прочность изоляции обмотки и ее коэффициент теплопроводности. Одной из главных характеристик пропиточных лаков является их пропитывающая способность.

Покровные лаки позволяют создать защитные (влагостойкие, маслостойкие и др.) покрытия на поверхности пропитанных обмоток, а также на пластмассовых и других электроизоляционных деталях. Покровные лаки также применяют для защиты металлических деталей от коррозии.

Клеящие лаки применяют для склеивания различных электроизоляционных материалов: листочков слюды (в производстве слоистой слюдяной изоляции), керамики, пластмасс и др. Основное требование, предъявляемое к клеящим лакам, состоит в том, чтобы эти лаки обладали хорошим прилипанием (адгезией) и образовывали прочный шов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Один и тот же лак может применяться в качестве пропиточного и покровного или в качестве покровного и клеящего.

По химическому составу лаки подразделяют на:

- ♦ алкидно-акриловые;
- ♦ битумные;
- ♦ глифталевые;
- ♦ кремнийорганические;
- ♦ меламинные;
- ♦ нитроцеллюлозные;
- ♦ пентафталевые;
- ♦ перхлорвиниловые и поливинилхлоридные;
- ♦ полиакриловые;
- ♦ полиуретановые;
- ♦ сополимерно-винилхлоридные;
- ♦ фенольные;
- ♦ эпоксидные.

Лаки кремнийорганические электроизоляционные

Лаки кремнийорганические электроизоляционные класса нагревостойкости Н (ГОСТ 8865-87), представляют растворы кремнийорганических полимеров, модифицированных или немодифицированных органическими соединениями, в органических растворителях.

Электроизоляционные кремнийорганические лаки предназначены для изоляции электрических машин и аппаратов.

Электроизоляционные кремнийорганические лаки производят следующих марок:

- ♦ КО-916 (бывший К-47) — для лакировки электротехнической стали;
- ♦ КО-916А — для изготовления обмоточных проводов со стекловолкнистой изоляцией и теплостойких проводов и кабелей с защитной стекловолкнистой оболочкой;
- ♦ КО-918 (бывший К-54) — для изготовления электроизоляционных покровных эмалей горячей сушки;
- ♦ КО-921 (бывший К-55) — для пропитки стеклянной оплетки проводов и кабелей;
- ♦ КО-922 (бывший К-56) — для изготовления гибких стеклослюдинитовых электроизоляционных материалов;
- ♦ КО-926 (бывший К-41) — для изготовления слоистых пластиков;
- ♦ КО-945 (бывший К-65) — для изготовления электроизоляционных покровных эмалей холодной сушки.

Основные характеристики электроизоляционных кремнийорганических лаков приведены в **табл. 10.1**.

При изготовлении, испытании и применении электроизоляционных кремнийорганических лаков должны применяться растворители, разбавители, ускорители и отвердители, указанные в **табл. 10.2**.

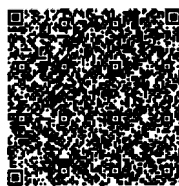
Должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке: толуол (ГОСТ 14710-78), спирт бутиловый (ГОСТ 5208-81), этилцеллозольв (ГОСТ 8313-88), сиккатив НФ-1 или сиккатив ЖК-1 (ГОСТ 1003-73); полиэтиленполиамин — по техническим условиям, утвержденным в установленном порядке.

Лаки КО-918, КО-926, КО-945 должны поставляться в виде двух компонентов, указанных в **табл. 10.3**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Ускорители или отвердители вводятся в лак при тщательном перемешивании непосредственно перед употреблением. Допускается уменьшать количество сиккатива ЖК-1 до 50 % для улучшения адгезии к подложке.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



ГОСТ 16508-70.
Лаки кремний-
органические
электроизоляци-
онные. Технические
условия

Время хранения лака с введенным ускорителем или отвердителем должно быть определено технологической инструкцией по применению лаков.

Физико-химические и электрические показатели электроизоляционных кремнийорганических лаков

Таблица 10.1

Наименование показателя	Норма для марки						
	КО-915 ОКП 23 1133 2300	КО-913А ОКП 23 1133 5200	КО-918 ОКП 21 1133 2500	КО-921 ОКП 23 1133 2700	КО-922 ОКП 24 1133 2800	КО-926 ОКП 23 1133 3000	КО-945 ОКП 23 1133 3400
Наличие механических включений в лаке	Отсутствие						
Внешний вид лака	Оттенок не нормируется Однородный прозрачный раствор. Допускается легкая опалесценция						
Массовая доля нелетучих веществ, %	67±2	60±2	65±2	50±2	50±2	50±2	70±2
Вязкость по вискозиметру ВЗ-4, с	45–65	30–60	72–125	17–27	17–27	14–22	93–160
Время высыхания лаковой пленки до степени 3, мин, не более	15	15	90	15	60	25	24 ч
Массовая доля водорода, связанного с кремнием, %, не более	0,0018	0,0018	0,0012	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
Термоэластичность пленки лака, ч, не менее	50	50	100	75	200	–	70
Маслостойкость пленки лака, Н (кгс), не менее	–	–	49(5)	–	–	–	49(5)
Твердость пленки лака по маятниковому прибору МЭ-3							
при (20 ± 5) °С не менее	0,5	0,6	0,5	–	–	–	0,45
при (180 ± 2) °С не менее	0,2	0,2	0,17	–	–	–	0,13
типа ТМЛ	Не нормируется		–	–	–	–	Не нормируется
Продолжительность желатинизации, мин	–	–	–	–	–	5–20	–
Удельное объемное электрическое сопротивление пленки лака, Ом·м, не менее:							
М (15–35 °С) 45–75 %	1·10 ¹²	1·10 ¹²	1·10 ¹²	1·10 ¹²	1·10 ¹²	–	1·10 ¹²
М (180 °С) < 20 %	1·10 ¹⁰	–	1·10 ¹⁰	1·10 ¹⁰	1·10 ¹⁰	–	–
М (200 °С) < 20 %	–	1·10 ¹⁰	–	–	–	–	–
24 ч (23 °С) 93 %	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	1·10 ¹¹	–	1·10 ¹¹
Электрическая прочность пленки лака, МВ/м, не менее:							
М (15–35 °С) 45–75 %	70	70	60	70	70	–	60
М (180 °С) < 20 %	35	–	30	35	35	–	–
М (200 °С) < 20 %	–	35	–	–	–	–	–
24 ч (23 °С) 93 %	40	40	35	35	35	–	–
Оптическая плотность лака не более	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,8	1,5

Растворители, разбавители, ускорители и отвердители, применяемые при использовании кремнийорганических электроизоляционных лаков

Таблица 10.2

Компоненты	Марки лаков						
	КО-916	КО-916А	КО-918	КО-921	КО-922	КО-926	КО-945
Растворители	Этилцеллозольв	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол
Разбавители	Этилцеллозольв	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол
Ускорители, отвердители	–	–	Сиккатив НФ-1 или сиккатив ЖК-1	–	–	Сиккатив НФ-1 или сиккатив ЖК-1	Полиэтилен-полиамин

Состав кремнийорганических электроизоляционных лаков КО-918, КО-926, КО-945 Таблица 10.3

Марки лаков	Ускорители и отвердители	Масса ускорителя или отвердителя, г на 100 г лака
КО-918	Сиккатив НФ-1 или сиккатив ЖК-1 (20 %)	7,00
КО-926	То же	0,75
КО-945	Полиэтиленполиамин	1,30

Лаки электроизоляционные пропиточные марок БТ-987, БТ-988

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Электроизоляционные пропиточные лаки – растворы сплавов нефтяных битумов (или смеси нефтяных битумов с асфальтитами) и растительных масел в органических растворителях с добавлением сиккатива.

Лаки марок БТ-987, БТ-988 предназначены для пропитки обмоток электрооборудования.

При необходимости перед применением лаки разбавляют до рабочей вязкости толуолом (ГОСТ 14710-78 или ГОСТ 9880-76), ксилолом (ГОСТ 9949-76 или ГОСТ 9410-78), сольвентом (ГОСТ 1928-79 или ГОСТ 10214-78) или смесью одного из этих растворителей с уайт-спиритом (нефрасом С4-155/200 по ГОСТ 3134-78) или с нефрасами С2-80/120 и С3-80/120 (бензины-растворители для резиновой промышленности) по ТУ 38.401-67-108-92 или другой нормативно-технической документации в соотношении 1:1.

Лаки марок БТ-987, БТ-988 соответствуют требованиям и нормам, указанным в табл. 10.4.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Лаки
электроизоляционные
пропиточные
марок БТ-987, БТ-988.
Технические условия.
ГОСТ 6244-70

Характеристики электроизоляционных пропиточных лаков

Таблица 10.4

Наименование показателя	Норма для марки	
	БТ-987	БТ-988
Наличие механических включений в лаке	Отсутствие	
Цвет и внешний вид пленки лака	После высыхания лак должен образовывать черную глянцевую гладкую однородную пленку	
Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ-246 (или ВЗ-4) при температуре (20,0±0,5) °С, с	30–60	
Массовая доля нелетучих веществ, %	43–47	
Время высыхания до степени 3 при температуре 105–110 °С, ч, не более	6	3
Термоэластичность пленки при температуре (150±2) °С, ч, не менее	8	5
Стойкость пленки к разбрызгиванию при температуре (150±2) °С	На контрольной ленте не должно быть капель лака, на поверхности пропитанной ленты не должно быть зубцов и конусов лака	
Электрическая прочность пленки, МВ/м, не менее		
при температуре (20±2) °С	60	
при температуре (90±2) °С	30	
после действия воды в течение 24 ч при температуре (23,0±0,5) °С	25	
Удельное объемное электрическое сопротивление пленки, Ом·м, не менее		
при температуре (20±2) °С	1·10 ¹²	
при температуре (90±2) °С	5·10 ⁹	
после действия воды в течение 24 ч при температуре (23,0±0,5) °С	1·10 ¹⁰	

Покровные лаки

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Покровные (покрывные) лаки – вещества, которые придают изделиям эстетический внешний вид, защищают поверхность от механических, атмосферных, химических и иных воздействий.

Покровные лаки позволяют создать защитные влагостойкие, маслостойкие и другие покрытия на поверхности обмоток или пластмассовых и других изоляционных деталей. Покровные лаки различают по содержанию твердого вещества (MS, HS и VHS).

Лаки со средним содержанием твердого вещества (Medium Solid) примерно наполовину состоят из органических разбавителей. Они обладают высоким блеском, прекрасно растекаются и хорошо полируются, однако уступают по экономичности и экологическим параметрам лакам серии High Solid. Для получения пленки лака серии MS толщиной 50–60 мкм требуется нанести 1,5–2,5 слоя материала.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Покровные лаки

Лаки серии High Solid содержат свыше 60% твердого вещества, что делает их более экономичными и безопасными в применении. Для получения пленки лака толщиной 50–60 мкм потребуется нанести не более полутора слоев материала, причем без промежуточной выдержки.

Лаки серии Very High Solid отличаются повышенным содержанием твердого вещества.

Для высушивания всех основных покровных лаков можно применять воздушную, ускоренную или инфракрасную сушку.

Покровные лаки подразделяют на лаки для полной и поддетальной окраски, лаки для поддетальной окраски и точечного ремонта, лаки для окраски пластиков и лаки в аэрозольной упаковке.

Большинство покровных лаков состоит из двух компонентов — для их приготовления нужен отвердитель. Лаки могут быть приготовлены и на водоразбавляемой основе.

Свойства покровных лаков приведены в табл. 10.5 и табл. 10.6.

Электроизоляционные покровные лаки

Таблица 10.5

Марки		Химическая природа	Основная область применения
новая	старая		
НЦ-995	4Б	Нитроцеллюлозный лакированный	Лакировка оплеток низковольтных проводов
НЦ-995А	4БА	То же с антисептиком	То же
НЦ-995Б	5Б	Нитроцеллюлозный лакированный	Лакировка оплеток высоковольтных проводов
ЭЦ-959	ДЭП-2	Этилцеллюлозный лакированный	Лакировка оплеток низковольтных проводов
ЭЦ-9101	ЭКЛ-1	То же	Лакировка оплеток монтажных проводов
ХС-9105	—	Сополимеро-винилхлоридный	Защита маркировочных обозначений, нанесенных краской МА-514 на различные поверхности радиодеталей, при эксплуатации их при температуре от –60 до +85 °С в среде с повышенной влажностью (до 97 %)
БТ-99	462П	Битумно-масляный	Покрытие пропитанных обмоток электрических машин и аппаратов, а также других изделий, работающих внутри помещений
КФ-965	302	Масляно-канифольный	Лакировка электротехнической стали
УР-976		Полиуретановый	Нанесение влагостойких электроизоляционных покрытий
УР-9130	УР-930	Полиуретановый, модифицированный фенолформальдегидной смолой и ацетобутиратом целлюлозы	Маслостойкое электроизоляционное покрытие по металлу, керамике, гетинаксу и текстолиту
ПЭ-9131	—	Полиэфирный	Лакировка электротехнической стали
ЭП-96	—	Эпоксидный, модифицированный адипиновой кислотой с добавкой смол РБ и К-421-02	Электроизоляционные влагозащитные покрытия
ЭП-730	Э-4100	Эпоксидный	Электроизоляционные влагозащитные покрытия преимущественно холодной сушки для печатного монтажа и электронной аппаратуры. Покрытия стойки к растворам щелочей и спиртобензиновой смеси
ЭП-9114	—	Эпоксидный	Защита печатных узлов, эксплуатируемых при температурах от –60 до +125 °С

Таблица 10.5 (продолжение)

Марки		Химическая природа	Основная область применения
новая	старая		
КО-916	К-47	Кремнийорганический, модифицированный полиэфиром	Лакировка электротехнической стали
КО-940	—	Кремнийорганический, модифицированный полибутилметакрилатом	Защита токонесущей поверхности труб
КО-990	—	То же	Защита печатных плат, изготовленных на высокочастотных диэлектриках, работающих в интервале температур от -60 до $+150$ °C на частотах 10^6 – 10^{10} Гц. Наносится по адгезионному подслою из сополимера БМК

Показатели покрывных нитролаков, эфирцеллюлозных и сополимерно-винилхлоридных лаков (по ТУ)

Таблица 10.6

Показатель	НЦ-995	НЦ-995А	НЦ-995В	ЭЦ-959	ЭЦ-9101	ХС-9105
Условная вязкость при $20 \pm 0,5$ °C, с, по шариковому вискозиметру	120–140	120–140	120–280	120–250	35–120	15–35
Массовая доля нелетучих веществ, %	32–36	35–37	36–40	28–34	26–30	15±1
Время высыхания до степени 3, не более:						
при 20 ± 2 °C, ч	—	—	—	—	—	24
при 80 ± 2 °C, мин					5	
Теплостойкость пленки, ч, не менее:						
при 75 ± 3 °C	24	24	—	24*	—	—
при 130 ± 5 °C	—	—	10	—	—	—
Стойкость к действию смеси бензин-масло при 20 ± 2 °C, ч, не менее	6	6	6			
Стойкость пленки к действию масла при 90 ± 3 °C, ч, не менее			40			
Стойкость пленки к действию воды при 20 ± 2 °C, ч, не менее		24	24			
Стойкость пленки к действию температуры:						
-10 °C, ч, не менее	—	—	15	—	—	—
-60 °C (-85 °C), циклы, не менее	—					5
Горючесть пленки, мм, не более	—	90	50	—	—	—
Адгезия пленки, баллы, не менее						1

Клеящие лаки

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Клеящие лаки — вещества, которые применяют в производстве слюдяных, фольгированных, пленочных и других композиционных материалов, а также для склеивания листов расслоенных магнитопроводов. С их помощью склеивают твердые электроизоляционные материалы.

Общими требованиями, предъявляемыми к таким лакам, являются: высокая клеящая способность, хорошие и электрические и механические показатели, технологичность (стабильность пределов вязкости и содержания нелетучих веществ, температурных режимов и интервалов переработки лака).

Клеящие лаки, как и лаки покрывные, имеют ту же химическую природу, что и пропитывающие, существуют алкидно-фенольные, битумно-масляные и др. виды клеящих лаков.

Полиэфирноэпоксидный клеящий лак применяется для изготовления слюдопластовой ленты для электрической изоляции машин напряжением до 6,6 кВ и мощностью до 100 кВт.

Кремнийорганический клеящий лак, модифицированный эпоксидной смолой, служит для цементации полюсных катушек электрических машин.

Систематизированные сведения по различным свойствам клеящих лаков приведены в табл. 10.7 и табл. 10.8.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеящие лаки

Химическая природа и области применения электроизоляционных клеящих лаков Таблица 10.7

Марка		Химическая природа лака	Основная область применения
новая	старая		
БТ-95	441	Битумномасляный	Изготовление микаленты
ГФ-937	—	Масляно-алкидный	Изготовление микаленты и стекломикаленты
ГФ-956	1159	Масляно-алкидный	Изготовление гибкого миканита, микаленты и стекломикаленты
ГФ-957	1155	Алкидный на смоле ГФ-1350	Изготовление формовочного миканита имикафолия
ГФ-962	88	Алкидно-фенольный	Клейка и цементация полюсных катушек с электрической изоляцией из асбестовой бумаги
ГФ-984	13 59-80	Масляно-алкидный	Изготовление гибкого миканита
ГФ-996	7-627	Алкидный	Клейка пакетов малогабаритных статоров и якорей машин и аппаратов и пакетов трансформаторов
ПЭ-935	—	Полиэфирноэпоксидный с тетраэтоксисиланом	Изготовление гибких стеклослюдянистых материалов класса В
ПЭ-936	—	Алкидный с тетраэтоксисиланом	Изготовление гибких стеклослюдянистых материалов класса В
ПЭ-969	ТГФ-8	Масляно-алкидный	Изготовление гибких миканитов, слюдинитов и слюдопластов
ПЭ-970	612	Полиэфирноэпоксидный	Изготовление слюдопластовой ленты для электрической изоляции машин напряжением до 6,6 кВ, мощностью выше 100 кВт
ЭП-934	ЭПК-1	Полиэфирноэпоксидный	Изготовление пропитанных стеклослюдянистых лент
ЭП-9150	—	Эпоксидный	Изготовление пропитанных стеклослюдянистых лент
КО-991-4	ЭФ-5Т	Кремнийорганический	Изготовление гибких слюдяных и слюдинитовых материалов
КО-991-6	ЭФ-5Б	Эпоксидный	Изготовление гибких слюдяных и слюдинитовых материалов

Таблица 10.7 (продолжение)

Марка		Химическая природа лака	Основная область применения
новая	старая		
КО-916	К-47	Кремнийорганический, модифицированный полиэфиром	Изготовление слюдопластов
КО-919	К-58	Кремнийорганический, модифицированный эпоксидной смолой	Цементация полюсных катушек машин
КО-919Т	—	Кремнийорганический, модифицированный эпоксидной смолой	Промазочный и клеящий состав при изготовлении тяговых двигателей
КО-922	К-56	Кремнийорганический	Изготовление гибких стеклослюдинитовых материалов
КО-946	—	Кремнийорганический	Изготовление гибких слюдинитовых материалов
КО-978	—	Кремнийорганический	Изготовление гибких стеклослюдинитовых материалов

Показатели клеящих масляно-битумных и масляно-алкидных лаков (по ТУ)

Таблица 10.8

Показатель	Наименование лака						
	БТ-95	ГФ-937	ГФ-956	ГФ-957	ГФ-962	ГФ-996	ПЭ-969
Условная вязкость лака по вискозиметру ВЗ-4 при 20±0,5 °С, с	15–35	25–30	≥11	≥10 ≥11 ≥20	30–60	120–200	—
Массовая доля нелетучих веществ, %	≥38	45–50	34±2	25±3 33±3 50±3	45±2	49–55	55±3
Время желатинизации при 150±2 °С, мин	—	—	—	—	50±15	—	—
Время высыхания до степени 3, ч, не более, при 15–35 °С	—	—	—	3	5	—	—
Время высыхания до степени 3, ч, не более, при 80±2 °С	—	—	2*	—	—	9	—
Время высыхания до степени 3, ч, не более, при 130±2 °С	—	—	—	—	—	—	24
Время сохранения клейкости пленки, при 18–22 °С, сут	—	5–8	—	—	—	—	—
Время сохранения клейкости пленки, при 105–110 °С, ч	≥16	1,1–2,5	—	—	—	—	—
Термоэластичность пленки при 150±2 °С, ч, не менее	15	48	20	—	20**	—	48
Е _{np} пленки, МВ/м, не менее, при 15–35 °С	70	70	50	30	60	60	45
Е _{np} пленки, МВ/м, не менее, при 90±2 °С	—	—	—	—	—	30	—
Е _{np} пленки, МВ/м, не менее, после выдержки 24 ч в воде при 20±2 °С	22	20	15	—	—	—	25
tg δ пленки при 100±2 °С, не более	0,1	—	—	—	—	—	—

Примечание. * При 90±2 °С. ** При 105±2 °С.

Эмали

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Эмаль — прочное стеклоподобное, как правило, диэлектрическое покрытие, защищающее металлический предмет от коррозии, наносимое в жидком состоянии на металлический предмет и затем закрепляемое обжигом. Основными компонентами эмалей служат оксиды кремния, бора, алюминия, титана, щелочных и щелочноземельных металлов и другие соединения.

Эмали в ряде случаев представляют собой лаки, в которые введены пигменты — неорганические наполнители (оксид цинка, диоксид титана, железный сурик и др.). Пигменты вводят для придания окраски, повышения твердости, механической прочности, дугоустойкости и других свойств эмалевых пленок. Эмали являются покровными материалами. Они применяются с целью создания на поверхности уже пропитанных обмоток или изоляционных деталей защитных влагостойких, маслостойких или дугоустойких покрытий с повышенной твердостью.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Материалы лакокрасочные. ЭМАЛИ.
Общие ТУ. ГОСТ
P51691-2008

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Эмальлаки — специальная группа лаков без введенных пигментов. Эмальлаки применяют для создания тонких (0,03–0,09 мм) и гибких изоляционных покрытий на обмоточных проводах (провода с эмалевой изоляцией).

Обозначения (табл. 10.9), классификация и основные характеристики эмалей (табл. 10.10, табл. 10.11) приведены ниже.

Обозначение эмалей по роду пленкообразующего вещества

Таблица 10.9

Наименование эмалей по роду пленкообразующего вещества	Обозначение эмалей	Наименование основных пленкообразующих веществ
Алкидно-акриловые	АС	Сополимеры акрилатов с алкидами
Битумные	БТ	Природные асфальты и асфальтиты. Искусственные битумы. Пеки
Глифталевые	ГФ	Смолы алкидные глицерофталатные (глифтали)
Канифольные	КФ	Канифоль и ее производные: резинаты кальциевый, цинковый и т. д., эфиры канифоли, канифольно-малеиновая смола
Каучуковые	КЧ	Дивинилстерольный, дивинилнитрильный и другие латексы, хлоркаучук, циклокаучук
Кремнийорганический	КО	Смолы кремнийорганические-полиорганосилоксановые, полиорганосилазаносилоксановые, кремнийорганосуриновые и другие смолы
Масляно- и алкидно-стирольные	МС	Смолы масляно-стирольные, смолы алкидно-стирольные (сополимеры)
Масляные	МА	Масла растительные
Меламинные	МЛ	Смолы меламино-формальдегидные, алкидно-меламино-формальдегидные
Карбамидные	МЧ	Смолы карбамидо-формальдегидные, алкидно-карбамидо-формальдегидные, алкидно-карбамидо-меламино-формальдегидные
Нитроцеллюлозные	НЦ	Лаковые коллоксилины, нитроалкидные композиции (нитроглифтали, нитропентафтали и т. д.), нитроцеллюлозоуретановые, нитроаминоформальдегидные
Пентафталевые	ПФ	Смолы алкидные пентаэритритифталатные (пентафтали)

Таблица 10.9

Наименование эмалей по роду пленкообразующего вещества	Обозначение эмалей	Наименование основных пленкообразующих веществ
Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные	ХВ	Перхлорвиниловые смолы, поливинилхлоридные смолы
Полиакриловые	АК	Сополимеры (и полимеры) акриловых и метакриловых кислот, их эфиров и других производных со стиролом, винилацетатом и другими виниловыми мономерами, а также отверждаемые изоцианатами
Полиуретановые	УР	Полиуретаны на основе полиатомных спиртов и полиизоциантов
Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ	Смолы полиэфирные ненасыщенные
Сополимеро-винилхлоридные	ХС	Сополимеры винилхлорида с винилацетатом, винилиденхлоридом, винилбутиловым эфиром и другими винильными мономерами
Фенольные	ФЛ	Смолы феноло-формальдегидные (модифицированные, 100 %-ные) на основе фенолов, крезолов и ксиленолов; масляно-фенольные смолы
Фторопластовые	ФП	Фторопроизводные этилена; политетрафторэтилен, политрихлорэтилен
Хлорированные полиэтиленовые	ХП	Хлорсульфированный полиэтилен, хлорполиэтилен, хлорполипропилен
Эпоксидные	ЭП	Смолы эпоксидные, алкидно-эпоксидные, нитроцеллюлозно-эпоксидные, алкидно-меламино-эпоксидные, эпоксиуретановые и другие эпоксидно-модифицированные смолы
Эпоксифирные	ЭФ	Эпоксиды, модифицированные жирными кислотами растительных масел
Этрифталевые	ЭТ	Смолы алкидные этриолфталатные (триметилпропанфталевые)
Нефтеполимерные	НП	Смолы на основе продуктов пиролиза нефти, кубовых остатков ректификации нефти (индена, цикло-, дициклодиенов, пиропластов стирола и его производных)

Основные характеристики эмалей

Таблица 10.10

Наименование показателя	Значение								
	Эмали нитроцеллюлозные НЦ	Эмали на основе полимеризационных смол							
		ХП, ФП	КЧ	НП	АС	АК	ХС	ХВ	Прочие
Цвет покрытия эмали	Должен находиться в пределах допускаемых отклонений, установленных образцами (эталоном) цвета «Картотеки» или утвержденными контрольными образцами цвета								
Внешний вид покрытия эмали	После высыхания эмаль должна образовывать однородную, без кратеров, пор и морщин поверхность; допускается незначительная шагрень								
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	14,5	26,0	50,0	67,0	30,0	30,0	27,0	25,0	14,5
Условная вязкость при температуре (20 ± 0,5) °С по вискозиметру типа ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм, с	17-150	15-150	60-150	45-140	20-160	20-160	15-70	25-100	15-200
Время высыхания:									
при горячей сушке эмалей, ч, не более	Не определяют	5	Не определяют	Не определяют	5	5	Не определяют	3	5
при естественной сушке эмалей до степени 3 при температуре (20 ± 2) °С, не более	2	24	24	24	24	24	3	3	24

Таблица 10.10

Наименование показателя	Значение								
	Эмали нитроцеллюлозные НЦ	Эмали на основе полимеризационных смол							
		ХП, ФП	КЧ	НП	АС	АК	ХС	ХВ	Прочие
Срок годности (жизнеспособность) эмали после смешения компонентов при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, ч, не менее	Не определяют	6	Не определяют	Не определяют	Не определяют	24	8	Не определяют	6
Степень перетира, мкм, для эмалей с классом покрытия:									
I, не более	10								
II, не более	25								
III, не более	35								
IV, не более	50								
V–VII, более	50								
Укрывистость, г/м ² , не более	150	150	130	150	100	100	100	150	150

Основные характеристики эмалей

Таблица 10.11

Наименование показателя	Значение																
	Эмали на основе природных смол			Эмали на основе поликонденсационных смол													
	БТ	КФ, МА	Прочие	КФ	ГФ	ПЭ	ЭФ	ЭП	МС	ЭТ	МЧ	МЛ	ФЛ	КО	УР	Прочие	
Цвет покрытия эмали	Должен находиться в пределах допускаемых отклонений, установленных образцами (эталоны) цвета «Картотеки» или утвержденными контрольными образцами цвета																
Внешний вид покрытия эмали	После высыхания эмаль должна образовывать однородную, без кратеров, пор и морщин поверхность; допускается незначительная шагрень																
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	45	65	45	44	45	46	46	23	37	55	43	44	38	30	45	23	
Условная вязкость при температуре $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ по вискозиметру типа ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм, с	40–80	20–140	20–140	20–150	25–150	40–100	40–120	13–150	35–100	80–120	30–120	35–120	30–100	14–100	13–90	13–150	
Время высыхания эмалей, ч, не более:																	
при горячей сушке	2	5	5	2	2	5	2	4	2	2	2	2	2	3	5	5	
при естественной сушке до степени 3 при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$	24	24	24	48	24	3	20	24	8	24	24	Не определяют	24	3	36	24	
Срок годности (жизнеспособность) эмали после смешения компонентов при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, ч, не менее	Не определяют					0,5	3	0,5	Не определяют			Не определяют	24	4	4	4	
Степень перетира, мкм, для эмалей с классом покрытия:																	
I, не более	10																
II, не более	25																
III, не более	35																
IV, не более	50																
V–VII, более	50																
Укрывистость, г/м ² , не более	30	240	240	240	140	80	80	120	120	85	120	120	120	120	120	240	

Эмали в зависимости от их назначения по ГОСТ 9825 должны соответствовать требованиям и нормам, указанным выше в табл. 10.12.

Требования и нормы при эксплуатации эмалей

Таблица 10.12

Группа эмалей	Обозначение групп	Наименование показателя	Значение
Атмосферостойкие	1	Срок службы в условиях эксплуатации:	
		У1, ХЛ1, УХЛ1, год, не менее	2
		В1, О1, Т1, ОМ1, год, не менее	1
Ограниченно атмосферостойкие	2	Срок службы в условиях эксплуатации:	
		У2, У3, ХЛ2, УХЛ2, ХЛ3, УХЛ3, год, не менее	2
		В2, В3, О2, Т2, Т3, ОМ2, ОМ3, год, не менее	1
Водостойкие	4	Стойкость к статическому воздействию воды или 3 %-ного раствора хлористого натрия при температуре (20±2) °С, ч, не менее	48
Маслобензостойкие	6	Стойкость к статическому воздействию бензина, минеральных масел или других нефтяных продуктов при температуре (20 ± 2) °С, ч, не менее	48
Химически стойкие	7	Стойкость к статическому воздействию растворов кислот, щелочей и других химически агрессивных сред при температуре (20±2) °С, ч, не менее	24
Термостойкие	8	Стойкость к воздействию температуры не менее 150 °С в течение, ч, не менее	3
Электроизоляционные и электропроводные	9	Удельное объемное электрическое сопротивление:	
		для электроизоляционных эмалей, Ом·м, не менее	1·10 ¹²
		для электропроводных эмалей, Ом·м, не более	0,04

КЛЕИ

Разновидности клеев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Клей — вещество или комплекс органических и неорганических веществ, соединяющих разнородные материалы на основе адгезионных связей.

Адгезионное взаимодействие — сцепление предметов за счет межмолекулярного взаимодействия их поверхностных слоев.

Среди материалов, которые могут быть соединены клеем — кожа, дерево, бумага, стекло, ткань, керамика, пластмасса, резина и металл.

Клеи классифицируют по: содержанию влаги; составу; назначению; термическим свойствам; характеру и условиям склеивания; отношению к воде; внешнему виду.

Наиболее распространены клеи: акриловые; на основе канифоли; резиновые (на каучуках); на основе карбамидоальдегидных смол; на основе латексов; поливинилацетатные; на поливиниловом спирте; фенолоформальдегидные; элементоорганические; на основе расплавов; неорганические; полиуретановые; полиэфирные; эпоксидные.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Клеи. ГОСТы

Акриловые клеи

К **акриловым клеям** относят двухкомпонентные конструкционные акриловые клеи, отверждаемые пероксидами, эмульсионные акрило-

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***Акриловые клеи*

вые клеи (на основе акриловых мономеров), анаэробные и цианакрилатные.

Они обладают адгезией к разным материалам, гарантируют высокую прочность и долговечность клеевых соединений, быстро отверждаются, малотоксичны.

**Анаэробные
клеи**

Анаэробные клеи содержат полимерный загуститель, олигомерную основу, сомомеры, наполнитель, активатор, инициатор, ускоритель и ингибитор полимеризации.

Клеи могут длительно оставаться в исходном жидком состоянии, не меняя свойства в контакте с кислородом воздуха, и быстро отвердевать при нарушении этого контакта. Анаэробные клеи обладают высокой проникающей способностью, поэтому плотно заполняют неровности и формируют герметичный и монолитный шов. Они защищают склеиваемые поверхности от коррозии, не образуют дополнительных механических напряжений в соединении.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***Анаэробные клеи***Цианакрилатные
клеи**

Основа **цианакрилатных клеев** — эфиры альфа-цианакриловой кислоты с общей формулой $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CN})\text{COOR}$ (где R — метил, этил, пропи́л, бутил или аллил).

Адгезионные характеристики цианакрилатного клея определяются присутствием полярных циано- и сложноэфирных групп. В зависимости от природы радикала R свойства клея — скорость отверждения, теплостойкость, водостойкость, механические характеристики и др., могут заметно меняться.

Клей может содержать модифицирующие добавки, повышающие тепло-, водо- и вибростойкости клеевого соединения. В состав клеев вводят и пластификаторы (фталаты и др.), вещества, регулирующие

вязкость (загустители), стабилизаторы и вещества, способствующие повышению адгезии (полиакрилаты, поливинилацетат).

ПРИМЕЧАНИЕ

Для исключения самопроизвольной полимеризации применяют ингибиторы отверждения. Для обеспечения тепло- и электропроводящих свойств в состав цианакрилатных клеев добавляют наполнители – ультрадисперсные порошки металлов.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Цианакрилатные
клеи*

Цианакрилатные клеи имеют высокую адгезию к разным материалам (металлам, в том числе с гальваническими покрытиями, стеклам, пластмассам, дереву, резинам и др.). Не следует использовать цианакрилатные клеи для склеивания полиэтилена и фторопласта. Многие цианакрилатные клеи оптически прозрачны в области спектра 220–900 нм. Некоторые цианакрилатные клеи обладают и влагостойкостью.

Модифицированные цианакрилатные клеи устойчивы к действию растворителей (бензин, нефтяные и минеральные масла, спирт, разбавленные кислоты), имеют электроизолирующие свойства. После отвердевания цианакрилатные клеи хорошо растворимы в диметилформамиде и нитрометане.

К **недостаткам** этих клеев относят хрупкость, малую стойкость к ударным нагрузкам, малую влагостойкость, нестабильность при хранении, и низкую морозостойкость.

Средний расход цианакрилатных клеев — 30–50 г/м².

Клеи обладают высокой адгезией к коже, в связи с этим необходимо принять меры для исключения контактов с ней. Тепло- и электротеплопроводящие клеи содержат наполнитель и цианакрилатную основу. Их перемешивают до однородной массы непосредственно перед использованием клея.

ВНИМАНИЕ

Хранить цианакрилатные клеи следует в закрытых и вентилируемых помещениях, вдали от влаги и солнечной света.

Время «схватывания» цианакрилатных клеев — от нескольких секунд до нескольких мин в зависимости от композиции клея, вида склеиваемого материала и влажности воздуха. Отверждение при 20 °С происходит за несколько минут и ускорится при наличии на склеиваемых поверхностях влаги.

Время полного отвердевания 24 ч при 20 °С и влажности воздуха не менее 55 %.

Интервал рабочих температур зависит от состава клея. В основном это от -60 до +70-80 °С; модифицированные бифункциональными соединениями (добавками) клеи могут работать в интервале от -196 до +125 °С или кратковременно от -60 до +300 °С.

Прочности клеевых соединений при 20 °С для сдвига стальных образцов 8-12 МПа, а при равномерном отрыве 16-28 МПа после отвердевания в течение 24 ч.

ПРИМЕЧАНИЕ

Постоянный контакт с водой или с влажным воздухом постепенно снижает прочность клеевого соединения.

Цианакрилатные клеи используют для склеивания деталей и узлов в приборостроении, крепления навесных радиоэлементов, оптических деталей, микросхем, стоек, прокладок, шайб, монтажных жгутов и отдельных проводников к основаниям плат, для закрепления элементов радиоаппаратуры.

Электропроводящие цианакрилатные клеи используют для закрепления электропроводящих материалов за место пайки или вместе с ней.

Теплопроводящие цианакрилатные клеи применяют для крепления полупроводниковых элементов, терморезисторов, термических цепей.

|| Акриловые клеи, отверждающиеся при УФ-облучении

На базе акриловых соединений созданы клеи, которые отверждаются под воздействием УФ-излучения. Для создания таких клеев используют **акриловые мономеры**:

- ♦ обычные;
- ♦ сложные системы на их основе;
- ♦ сложные системы на основе акриловых уретанов и еще более сложные «прочные» акриловые смолы.

Клеи, созданные для склеивания стекол, работают при температурах до 150 °С.

В твердом виде эти клеи являются собой двухфазными системами, в которых стеклообразные участки сочетаются с дисперсной каучукоподобной фазой.

УФ-отверждаемые акриловые клеи можно разделить на группы:

- ♦ двухкомпонентные, в которые катализатор отверждения вводится непосредственно перед использованием;
- ♦ двухкомпонентные, требующие нанесения катализатора отверждения отдельно на соединяемые поверхности;
- ♦ однокомпонентные анаэробные составы.

Клеи 1-й группы по клеящим свойствам сопоставимы с эпоксидными. По технологии и способу получения **клеи 2-й группы** напоминают анаэробные. Все акриловые клеи обладают высокой стойкостью к воздействию окружающей среды.

Двухкомпонентные акриловые клеи обеспечивают адгезию даже к замасленным поверхностям металлов. Это клеи являются быстроотверждающимися при комнатной температуре **двухкомпонентными составами**:

- ♦ 1-й компонент — смесь мономеров и реакционноспособных форполимеров, например, раствор каучукоподобного полимера в метакрилате;
- ♦ 2-й компонент — активатор, его наносят на одну из поверхностей, которые необходимо склеить.

После испарения растворителя (2–5 мин) склеиваемые детали можно транспортировать и хранить. Вторую склеиваемую поверхность нужно предварительно обработать акриловой (метакриловой) смолой. После соприкосновения обработанных деталей пойдет полимеризация клея. Отверждающий агент — дибензоилпероксид. Процесс отверждения закончится за несколько минут.

К **недостаткам** этих клеев можно отнести трудность процессов смешивания компонентов в клеевом слое, а к **достоинствам** — возможность предварительного нанесения на склеиваемые поверхности.

Использование клеев ограничено лимитом клеевого шва (0,4–0,5 мм).

ПРИМЕЧАНИЕ

Известны также клеи на основе акрилового латекса. Являясь клеями на водной основе, они отличаются от других акриловых клеев негорючестью и нетоксичностью, не обладают едким запахом и до высыхания легко могут быть удалены с поверхности влажным тампоном.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Акриловые клеи,
отверждающиеся
при УФ-облучении*

|| Клеи на основе канифоли

Клеи на основе канифоли являются растворами или расплавленными мастиками.

ПРИМЕЧАНИЕ

Канифоль не устойчива к действиям органических растворителей и масел, но имеет хорошую водостойкость, легко подвергается окислению, плохо противостоит старению, сама по себе довольно хрупкая (ее, как правило, обычно модифицируют добавками пластификаторов). Канифоль создает умеренную прочность клеевого соединения, которая достигается весьма быстро после склеивания.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеи
на основе канифоли

Клеи на основе канифоли применяют для временного склеивания бумаги и в качестве клеящего лака для бумажных этикеток. Клеи на основе канифоли могут быть одним из компонентов липкого клея на основе дивинилстирольных сополимеров, а также клеев-расплавов.

|| Клеи на основе каучуков

Клеи на основе каучуков (или резиновые клеи) — изготавливают из натурального и синтетических каучука. Клеи, в состав которых каучуки добавляют как присадки для повышения эластичности и вязкости, или в качестве стабилизаторов, например, дисперсионные клеи, не принято относить к этой группе клеев.

Для резиновых клеев характерны высокие эластичность после отверждения, поэтому они широко используются для склеивания эластичных материалов.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеи
на основе каучуков

|| Клеи на основе карбамидоальдегидных олигомеров

Карбамидоальдегидные смолы — линейные олигомерные продукты конденсации карбамида, чаще всего с формальдегидом. При отверждении образуют прозрачные, светостойкие, но малоэластич-

ные твердые полимеры, нестойкие к действию воды, склонные к усадке, сопровождающейся возникновением внутренних напряжений, и растрескивающиеся со временем.

Отверждаются как при нагревании, так и при 20 °С в присутствии веществ кислотного характера, преимущественно щавелевой, сульфонафтеновой и хлороводородной кислот и хлорида аммония (0,5–1 мас. %). Жизнеспособность смеси олигомера с отвердителем (хлорид аммония, 1 мас. %), составляет 2–24 ч; продолжительность отверждения этой же смеси при 20 °С 30–120 с. При pH 5,5–6 олигомеры отверждаются при нагревании, при pH 3–5 — при 20 °С. Продолжительность склеивания при 20 °С составляет 3–6 ч, при нагревании (90–120 °С) — 3–12 мин.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеи на основе
карбамидоальде-
гидных олигомеров

ПРИМЕЧАНИЕ

В клеевые карбамидоальдегидные композиции обычно вводят наполнители — древесную муку, крахмал, минеральные вещества (8–10 мас. %) и пластификаторы.

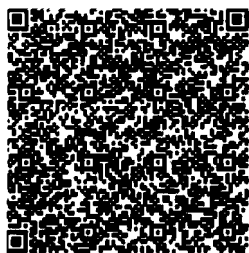
Карбамидоальдегидные клеи используют для соединения древесных материалов (фанеры, древесностружечных плит, древесных пластиков и др.). Прочность клеевых соединений при скалывании колеблется от 1,5 до 4,0 МПа при 20 °С в исходном состоянии; после выдержки в воде при 20 °С в течение 48 ч она составляет около 3,0 МПа, после кипячения в воде в течение 1 ч соединения разрушаются.

Клеи на основе фенолоформальдегидных олигомеров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Фенолоформальдегидные олигомеры — основа большинства клеев, широко используемых при склеивании металлов, дерева и других материалов.

В фенолоформальдегидных олигомерах имеется свободный фенол (до 25 мас. %). Это положительно сказывается на адгезионной прочности клеевого соединения, что обусловлено пластифицирующим действием фенола. Присутствие фенола в клее делает его токсичным.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Клеи на основе
фенолоформальде-
гидных олигомеров*

В ходе отвердевания при нагревании фенолоформальдегидных смол резольного типа имеет место их дальнейшая конденсация, катализаторами которой могут быть кислоты, а также сульфат, хлорид или фосфат аммония. Эти добавки вводят в клеевые композиции в количествах 0,1–5 мас. %. При применении в качестве основы клеев новолачных фенолоформальдегидных смол отвердевание проводят с применением **гексаметилентетрамина**, который нужно вводить в количествах 5–12 мас. %.

К **недостаткам** отвержденных фенолоформальдегидных смол следует отнести повышенную хрупкость. Для повышения эластичности

клеевого соединения используют каучуки (натуральный, метилвинилпиридиновые, бутадиен-нитрильные и др.), поливинилацетали, эпоксидные смолы, что одновременно приводит к снижению термостойкости.

Клеи на основе латексов

Клеи на основе латексов содержат в качестве дисперсионной среды воду, поэтому они менее пожароопасны и токсичны по сравнению с клеями, содержащими органические растворители. Наряду с этим они более дешевы. К недостаткам клеев на основе латексов относятся низкие морозо- и водостойкость, возможность коррозии металлов, плохое смачивание поверхностей, более слабые защитные свойства (по отношению к металлам), чем у аналогичных клеев с органическими растворителями, более низкая липкость, возможность пенообразования при их изготовлении.

Клеи на основе латексов представляют собой многокомпонентные системы. Жидкая фаза содержит эмульгаторы, обеспечивающие регулируемую стабильность латекса как коллоидной системы, а также соединения, снижающие их коррозионную активность.

Различают клеи на основе натурального и синтетических латексов.

Клеи на основе натурального латекса содержат 30–40 % каучука, 1–2 % протеинов, 1–3 % смол и др. Прочность невулканизованных пленок ~1 МПа; показатели свойств латекса и натурального каучука близки. На основе натурального латекса готовят клеи, чувствительные к давлению (на одну из поверхностей наносят адгезив, высушивают, а затем обе поверхности приводят в соприкосновение под давлением).

Смеси натурального латекса с латексами хлоропренового каучука или полистирола используют для получения липких лент. Предпочтительным является соотношение натурального и синтетического латексов от 95:5 до 50:50.

Клеи на основе латексов бутадиен-стирольных каучуков в качестве основы содержат латексы марок СКС-65ГП и СКС-65ГПН.

Винилпиридиновые клеи — клеи на основе латексов поливинилпиридина, содержащих карбоксильные группы.

Поливинилацетатные клеи (ПВА) описаны ниже. Клей выпускают в виде 30–60 %-х водных дисперсий.

Использование латексов полиакрилатов в клеях различного назначения обеспечивает высокую водостойкость, стойкость к действию различных растворителей, эластичность при низких температурах. Однако их высокая стоимость по сравнению с дисперсиями ПВА и латексами бутадиен-стирольных каучуков сдерживает использование акриловых дисперсий.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеи
на основе латексов

Клеи на основе элементорганических соединений

В качестве компонентов клеев применяют элементорганические полимеры. Особый практический интерес среди элементорганических полимеров, используемых для приготовления клея, представляют полиорганосилоксаны. Это связано с их высокой температурной и стойкостью к окислению при нагреве.

Кроме высокой термостойкости кремнийорганические клеи имеют и другие важные свойства:

- ♦ хорошая стойкость к действию атмосферных условий, озона, коррозионного разряда и солнечного света;
- ♦ удовлетворительная стойкость к действию воды;
- ♦ стойкость к воздействию радиации, а также к одновременному действию высокой температуры и радиации;
- ♦ хорошие диэлектрические свойства в большом диапазоне температур.

Недостатком кремнийорганических клеев является невысокие когезионные и адгезионные свойства, которые зависят от строения полимера.

Клей на основе немодифицированных элементарорганических смол представляет раствор смол в органических растворителях, с волокнистым наполнителем или оксидами металлов в виде порошков. Для их отвердевания нужны высокие температуры и давления (250–270 °С; 0,8–1 МПа); прочность клеевых соединений невысока (до 8 МПа).

Для создания клеев также применяют хлорсиланы (диметилдихлорсилан, метилтрихлорсилан, метилфенилдихлорсилан и фенилтрихлорсилан) в различных соотношениях. Отвердевание таких клеев происходит при 150 °С и давлении 0,02–0,07 МПа в течение 2 ч. Прочности клеевых соединений нержавеющей стали на этих клеях после действия температуры 400 °С в течение 0,5 ч равна 3,5 МПа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Немодифицированные клеи на практике используют редко. К примеру, клей ВК-2, который применяется только как основа для уплотнительного состава 18ВК-2Г.

Один из путей увеличения термостойкости кремнийорганических клеев это введение в состав основной цепи карборановых фрагментов. Пример такого клея на основе поликарборансилоксанов — клей ВК-48. Он может работать до 400 °С и имеет высокую термостойкость и оптическую прозрачность.

К кремнийорганическим термостойким клеям относят и органосиликатные клеи. Органосиликатные клеи представляют смесь кремнийорганических полимеров с добавками активированных силикатов и разнх оксидов. Также в их состав вводят и стекловидные добавки.

При введении в клеи стекловидных добавок-катализаторов термостойкость клея увеличивается на 200 °С.

Кремнийорганические клеи отвердевают с выделением летучих продуктов.

Перспективно создание клеев на основе элементарорганических эластомеров. Они дают невысокие прочностные характеристики клеевых соединений (до 4 МПа), однако имеют высокие эластические свойства. Поэтому эти составы широко используют при склеивании материалов с разными коэффициентами линейного расширения.

Композиции холодного отверждения на основе элементарорганических эластомеров изготавливают в виде одно- и двухупаковочных смесей в зависимости от используемого вулканизующего вещества.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Клеи на основе
элементарорганиче-
ских соединений*

Элементорганические клеи обладают недостаточно хорошими адгезионными и когезионными свойствами. Для их улучшения проводят модификацию с применением органических олигомеров.

Клеи-расплавы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

***Клеи-расплавы** – термoplastы (100 %-м клеящего вещества), приобретающие вязкотекучее состояние и адгезионные свойства при нагреве и быстро затвердевающие при охлаждении.*

Преимущества этих клеев: отсутствие растворителей и безвредность для работающих, простая технология использования, высокая скорость приклеивания, экономичность. Клей-расплав не летуч, не вытекает из клеевого шва.

В его состав входят: базовые полимеры, адгезионные добавки (смолы и олигомеры), воски и парафины, пластификаторы, твердые наполнители, антиоксиданты.

Базовые полимеры имеет, как правило, наибольшую температуру плавления. Наиболее широко используется полиэтилен, сополимеры этилена с винилацетатом, этилакрилатом и акриловой кислотой полиэфир, поливинилацетат, полиизобутилен, полиамиды, полиуретаны, поливинилбутираль, и др.

ПРИМЕЧАНИЕ

Широкое использование в качестве основы находят также полиамидные смолы.

Полиэфирные клеи-расплавы обладают температурой плавления 200–220 °С. Как компоненты таких клеев, используются различные полиэфир. Скорость кристаллизации полиэфира определяет скорость отвердевания клея-расплава, но чем больше скорость кристаллизации полиэфира, тем выше хрупкость.

На основе линейных сложных полиэфиров делают высокопрочные клеи, которые могут работать в интервале температур от –29 до +74 °С. При нанесении на поверхность клеи следует нагревать до 204 °С.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Клеи-расплавы

Адгезионные компоненты (канифоль и ее производные, битумы, кумароноинденовые и фенолоформальдегидные смолы) применяют в рецептурах клеев-расплавов для увеличения их адгезии в расплавленном состоянии, для смачивания склеиваемых поверхностей и понижения вязкости.

Воск и парафин используют для снижения вязкости, увеличения смачивающей способности, понижения стоимости клея-расплава. Используются твердые нефтяные парафины, низкомолекулярные полиэтиленовые воски и некоторые другие.

Как **пластификаторы** используются дибутилфталат, трифенилфосфат, трибутилфосфат, диоктилфталат, низкомолекулярный жидкий полиизобутилен, полиамиды, хлорпарафины и др.

Наполнители для клеев-расплавов — тальк, оксиды титана, магния, каолин, цинка, древесная мука, бентонит и др.

ПРИМЕЧАНИЕ

Клеи-расплавы идеальны для механизации и автоматизации процесса склеивания. Процессы склеивания имеют малую энергоемкость, большую производительность. Не замерзают и не охрупчиваются, нетоксичны, пожаро- и взрывобезопасны, не изменяют свойств при хранении. Проявляют адгезионные свойства в расплавленном состоянии.

К **недостаткам** клеев-расплавов можно отнести ползучесть под нагрузкой и особенно при одновременном воздействии температуры и незначительной инерционной нагрузки, необходимости применению оборудования для их нанесения, строгий контроль температуры склеивания, а иногда и предварительный нагрев субстратов перед нанесением клея.

ПРИМЕЧАНИЕ

Срок хранения при комнатной температуре таких клеев неограниченный.

Режимы приклеивания — нагрев до плавления 65–200 °С и выдержка 5–30 с. Давление при приклеивании от контактного до 0,7 МПа. Интервалы рабочих температур составляют от –100 до +100...140 °С.

Лучшая морозостойкость у клеев-расплавов на основе полиамидов и сополимеров этилена с винилацетатом; наибольшая термостойкость характерна для полиэфирных клеев-расплавов.

Области применения — обувное и швейное производство, для упаковки, в переплетном деле при изготовлении мебели, для производства нетканых материалов, слоистых пластиков, при склеивании

древесины, картона и бумаг, для получения липких лент, склеивания термоусаживающихся трубок, комбинированных материалов.

Неорганические клеи

Неорганические клеи это наиболее термически стойкие из всех известных в настоящее время клеевых систем. Многие могут выдерживать действие высокой температуры (до 3000 °С), сохраняют высокие изоляционные свойства при высоких температурах, не выделяют газообразные вещества при работе в вакууме. Эти клеи имеют невысокие прочностные свойства (3–5 МПа) и хрупки, поэтому не могут использоваться как конструкционные.

Клеи представляют собой щелочные или кислые составы, что ограничивает возможности их применения для склеивания ряда материалов.

К неорганическим клеям относят фосфатные и силикатные клеи, металлические клеи, гидравлические цементы. Ниже приводятся свойства неорганических клеев, которые нашли применение в различных отраслях народного хозяйства.



Полиуретановые клеи

Полиуретановые клеи имеют высокую адгезию к большинству субстратов из-за наличия в их составе полярных групп $-HNCOO$. Наиболее распространены двухупаковочные клеи, которые состоят из изоцианата и гидроксилсодержащего соединения (олигоэфира). Формирование полиуретана происходит при совмещении этих продуктов в клеевом соединении в процессе отвердевания клея. Жизнеспособность клеев — 1–3 ч при 20 °С.

Отвердевание происходит в течение 1–3 сут. при 20 °С или при 100–150 °С и давлении до 0,3 МПа в течение 3–6 ч с выделением H_2O и CO_2 .

Второй вид полиуретановых клеев — на базе предварительно синтезированных полиуретанов. Их используют в виде растворов в органических растворителях.



Третий вид полиуретановых клеев — одноупаковочные составы, отверждающиеся влагой, которая адсорбирована на склеиваемых поверхностях и содержится в воздухе. Для ускорения отвердевания применяются катализаторы — третичные ароматические амины.

|| Полиэфирные клеи

Основа полиэфирных клеев — олигомеры на базе ненасыщенные многоосновных кислот и многоатомных спиртов. При приготовлении клеев также добавляют винилацетат, стирол, метилметакрилат и полифункциональными соединения — триаллилцианурат, аллиловыми эфирами дикарбоновых кислот, олигоэфиракрилаты.

Композиции, которые способны быстро отвердевать при 20 °С, можно получать на основе ненасыщенных полиэфиров, содержащих третичные атомы азота. Как второй компонент используется стирол или олигоэфиракрилат. Инициатор — дибензоилпероксид. Разрушающее напряжение при сдвиге клеевых соединений дуралюмина на этих клеях равно 3–7 МПа при 20 °С и 0,5–1,0 МПа при 100 °С.

Для создания термостойких клеев применяют ненасыщенные карборансодержащие полиэферы со стиролом. Прочности при сдвиге клеевого соединения, склеенного этим клеем, в 2 раза выше, чем при применении клея, в котором нет карборановых группировок. Для некоторых составов этот показатель достигает 33 МПа при 25 °С и 5–6 МПа при 250 °С.



|| Клеи на основе поливинилацетата (ПВА) и его сополимеров

Поливинилацетат представляет собой твердый или вязкий прозрачный продукт с плотностью 1180–1190 кг/м³. Полимер может быть использован до температуры 100 °С; при 120 °С наблюдается пластическое течение, а выше 130 °С — разложение с выделением уксусной кислоты.

Поливинилацетат хорошо совмещается с такими пластификаторами, как дибутилфталат, трикрезилфосфат, эфиры целлюлозы, а также с фенолоальдегидными олигомерами, некоторыми полиэфирами, полиакрилатами, производными целлюлозы, хлоркаучуком, карбамидными

олигомерами. Использование перечисленных соединений приводит к повышению водостойкости, твердости и адгезии.

Для создания клеящих композиций используют главным образом водные эмульсии поливинилацетата, но применяют также и его растворы в органических растворителях. Возможно использование раствора полимера в винилацетате или в продукте его частичной полимеризации. Такие композиции отверждаются в присутствии обычных инициаторов полимеризации.

Поливиниловый спирт растворим также в гликолях, глицерине, диметилформамиде, феноле и других соединениях. Гликоли, глицерин и фосфорная кислота могут служить пластификаторами клеевых композиций.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клеи на основе
поливинилацетата
(ПВА) и его
сополимеров

ПРИМЕЧАНИЕ

Клеи на основе поливинилового спирта стойки к действию масел, жиров, углеводов и многих органических растворителей, однако клеевые соединения недостаточно водостойки, характеризуются низкими теплостойкостью и прочностью.

Для устранения этих недостатков поливиниловый спирт модифицируют непредельными двухосновными кислотами, а также гидроксиметилпроизводными карбамида и водорастворимыми феноло- и меламиноформальдегидными олигомерами. В клеи для бумаги, картона, тканей, нетканых материалов, различных упаковочных и других целлюлозных материалов обычно вводят крахмал и декстрин. Наполнителями служат глина, казеин, некоторые производные канифоли.

Основой клея ПВА является виналон — синтетическое волокно, главным компонентом которого является поливиниловый спирт. Клей ПВА не токсичен и пожаробезопасен, морозо- и влагоустойчив.

В зависимости от назначения на клей добавляют различные составляющие — спирты и добавки, усиливающие скрепление поверхностей.

В состав клея ПВА также входит до 1–2 % пластификатор для придания пленке клея пластичности и морозоустойчивости. Время высыхания клея — до 24 ч. Средний расход клея ПВА от 100 до 900 г на 1 м² поверхности.

Различают несколько **разновидностей** клея ПВА.

- ♦ **ПВА бытовой (обойный).** Клей используют для склеивания бумаги, наклейки обоев на деревянные, штукатурные поверхности. Обладает ярко выраженной морозостойкостью. Бытовой ПВА используют для наклейки обоев и работ с бумагой.
- ♦ **Клей ПВА универсальный (ПВА-МБ).** Клей ПВА-МБ используют для склейки изделий из дерева, бумаги, фарфора, картона, ткани. В отличие от бытового клея, ПВА-МБ можно использовать для приклеивания тканей и бумаги к стеклу, фарфору. Также добавляют как связывающий компонент в смеси бетона на водной основе, шпаклевок, грунтовок.
- ♦ **Клей ПВА канцелярский (ПВА-К).** Канцелярский ПВА используется для работы с бумагами и другими мелкими бытовыми работами. Он малотоксичен, не содержит пластификатора, однако не устойчив на морозе и легко растворяется в воде.
- ♦ **Клей ПВА супер (ПВА-М).** Этот вид клея считается наиболее качественным и имеет большой процент добавок, густую консистенцию. Используется для склеивания изделий из картона, бумаги, фарфора, дерева, металла, пластика, кожи, тканей, облицовочных плиток. Более вязок по сравнению с другими видами ПВА.
- ♦ **Дисперсия гомополимерная поливинилацетатная.** Это основа клея ПВА. Обладает наиболее сильной клеящей способностью. Содержит пластификаторы. Этот вид клея пожаробезопасен и имеет третью группу токсичности (вещество умеренно-опасное). Используют дисперсию ПВА как добавку в строительные растворы, в текстильных, полиграфных и стекольных промышленности.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*Разновидности
клея ПВА*

|| Клей

бутиральфенольный БФ

Клей бутиральфенольный (БФ), существуют в нескольких разновидностях: БФ-2, БФ-4, БФ-6, БФ-19, БФ-88, БФ-2Н. Цифровой индекс в названии клея говорит о процентном содержании поливинилбутираля или поливинилацетала. Чем больше в клее присутствуют этих компонентов, тем выше эластичность высохшего клея и ниже прочность.

Растворителем для клеев БФ служит ацетон, этиловый спирт или хлороформ. Используемый в медицине БФ-6 растворяется этиловым спиртом.

Клей БФ — клей универсальный, химически стойкий, не боится влаги и большинства химических реагентов.

Клей БФ-2 используется для склеивания жестких, статичных материалов: металлов, керамики, древесины, пластмассы, стекла. Для склеивания посуды БФ не рекомендуется, поскольку содержит фенол и альдегиды — токсичные для человека компоненты.

Клей БФ-4 по химической стойкости мало отличается от клея БФ-2: места, склеенные этим клеем, долгие годы выдерживают химические и умеренные термические нагрузки. В отличие от клея БФ-2, БФ-4 применяется для склеивания эластичных поверхностей, подверженных сгибам и вибрации. Прочность клеевого шва уступает прочности клея БФ-2. Область применения клея БФ-4: металлы, сплавы, изделия из текстолита и древесины, оргстекла, кожи.

Клей обладает высокими адгезивными свойствами и создает на поверхности химически стойкую пленку.

Клей БФ-6 отличается от других клеев тем, что в качестве наполнителя в нем используются дополнительно с этиловым спиртом смягчители и пластификаторы. Это клей рассчитан на склеивание гибких поверхностей. Ткани, бумага, картон склеиваются клеем БФ-6 в любых сочетаниях.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Клей бутираль
фенольный БФ

Клей «Момент»

Клей «Момент» изготавливается по лицензии компании «Хенкель» (ФРГ). В состав клея входят хлоропреновые каучуки, эфиры канифоли, фенолоформальдегидные смолы, этилацетат, ацетон, противостаритель, добавки, алифатические и нефтяные углеводороды.

ПРИМЕЧАНИЕ

Под торговой маркой «Момент» выпускают множество разнообразных клеев (свыше 3000), предназначенных для хозяйственных нужд — универсальные клеи, клеи для резины, дерева, обоев, монтажные, эпоксидные клеи, монтажную пену и герметики.

Основными видами клея «Момент» являются контактные, секундные, обоевые, монтажные, эпоксидные, универсальные клеи, а также самоклеящаяся лента, герметики и монтажная пена.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Клей «Момент»

Контактные клеи представлены продуктами:

- ♦ «Момент-1» — универсальный бытовой клей.
- ♦ «Момент Кристалл» — прозрачный клей, не оставляющий видимых следов склеивания.
- ♦ «Момент Марафон» — для обуви.
- ♦ «Момент Резиновый» для всех видов резиновых изделий.
- ♦ «Момент Гель» (прозрачный клей-гель, используемый для вертикальных поверхностей).
- ♦ «Момент Арктик» и «Момент Пробка».

Секундные клеи представлены видами: «Супер Момент», «Супер Момент Гель», «Супер Момент Профи», «Супер Момент Профи Плюс», которые различаются по целям их использования. Секундные клеи обеспечивают мгновенное склеивание различных поверхностей в любом сочетании. «Супер Момент Гель» идеален для склеивания вертикальных поверхностей, а его гелевая основа обеспечивает качественное склеивание пористых поверхностей.

Обойные клеи включают несколько видов: «Момент Классик», «Момент Винил», «Момент Экстра». В состав клеев входят модифицированный крахмал, метилцеллюлоза и антигрибковые добавки, что немаловажно и защиты стены от плесени.

Монтажный клей «Момент Монтаж» предназначен для закрепления тяжелых конструкций (наружной обшивки, кровли, облицовки).

Эпоксидные клеи «Момент Супер Эпоксид Металл» и «Момент Эпоксилитин» клеят любые металлы и их сплавы, хрусталь, стекло, дерево, керамику, пластик. Клеи особо устойчивы и легко переносят механическую обработку, идеальны для заделывания трещин.

Клеи марки «Момент» отличаются качеством, долговечностью, теплостойкостью, водостойкостью, высокой прочностью соединений. Они устойчивы к воздействию масел и растворителей, не дают усадки и не расширяются при затвердении.

Основное преимущество клея «Момент» в том, что этот клей моментально схватывается и держит склеиваемые поверхности.

ONLINE ВИДЕО

*Коротко:
клеи «Момент»,
как разобраться
в многообразии*

Суперклеи

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Суперклеи – клеящие соединения на основе цианакрилата (цианоакрилата).

Цианакрилат, составляющий $\approx 98\%$ суперклея, представляет собой различные эфиры (этил-2-цианакрилат, метил-2-цианакрилат и др.) цианакриловой кислоты. Помимо цианакрилата суперклеи содержат пластификаторы (например, дибутилфталат), стабилизаторы, активаторы, замедлители, а в некоторых случаях (например, для создания гелевого суперклея) – ультрадисперсный оксид кремния для загущения. В отличие от других адгезивных материалов, в состав суперклея не входят растворители.

Суперклеи обеспечивают надежное быстросхватывающееся соединение. Прочно склеивает твердые (неподвижные) а также эластичные материалы, имеет высокую степень проникновения в поверхностные слои соединяемых предметов. Функционален в присутствии воды и в агрессивных средах.

Характерной особенностью суперклея является его быстрое действие. Правильно обработанные поверхности (избавленные от пыли и жира и максимально близко приложенные друг к другу) схватываются за 0,2–1 мин., для полного склеивания требуется не больше 2 ч. Высокая адгезионная способность обеспечивает возможность соединения пластика, металла, резины, кожи, дерева, керамики, фарфора.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Разновидности
суперклеев, их свой-
ства и применение

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Силикатный клей

Силикатный клей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Силикатный клей (жидкое стекло) – водный щелочной раствор полисиликатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, калия $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ или лития $\text{Li}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Главным составным элементом жидкого стекла являются силикаты – вещества, в состав которых входит SiO_2 .

Клеящая способность жидкого стекла связана с физической особенностью силикатов — хорошей адгезией практически к любым поверхностям.

Силикатный клей применяется чаще всего для склеивания бумаги (канцелярский клей), стекла, керамики и фарфора, а также для защиты деревянных конструкций от пожара.

Составы, включающие силикатный клей, отличаются устойчивостью к высокой температуре, являются теплоизоляторами и не подвержены воздействию органических вредителей (гнили, плесени, насекомых).

К недостаткам жидкого стекла можно отнести его сильнощелочную реакцию, которая при неосторожном обращении может вызвать ожог.

|| Эпоксидный клей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Эпоксидный клей — термореактивный синтетический продукт, созданный на основании комбинации эпоксидной смолы и отвердителей кислотного или основного типа.

Эпоксидные клеи, как правило, состоят из двух компонентов: **смолы** и сопутствующего **отвердителя**. При смешивании смола полимеризуется и становится твердой, после чего образуется исключительно прочное соединение с хорошими физико-механическими характеристиками. Время полного затвердевания зависит состава клея и температуры. Процесс полимеризации занимает несколько часов.

Эпоксидные клеи могут быть выполнены в двухкомпонентном (смола и отвердитель) или многокомпонентном варианте.

В последнем случае в **состав эпоксидной композиции** входят:

- ♦ отвердители;
- ♦ наполнители;
- ♦ сажа, порошки металлов (например, никеля);
- ♦ стеклянные или углеродные волокна;
- ♦ растворители (обычно это спирты, ацетон или ксилол);
- ♦ пластификаторы (эфир фосфорной или фталевой кислоты);
- ♦ полимеры (каучуки);
- ♦ модификаторы.

Большой выбор эпоксидных смол и отвердителей определяет выпуск широкого ассортимента эпоксидных клеев.

По консистенции они могут быть твердыми, в виде пасты или вязкой жидкости, порошка или пленки.

Пленочный клей представляет собой пленочные материалы, армированные определенными тканями.

Пастообразный вариант клея поступает в продажу в готовом виде или в виде отдельных компонентов для последующего смешивания.

Обладая исключительными клеящими свойствами, эпоксидные клеи используются там, где требуется передавать высокие нагрузки. Их используют вместо механического крепления различных деталей. Соединенные (склеенные) поверхности рассматриваются как единое целое.

Полученные соединения характеризуются высокой прочностью, тепло- и влагостойкостью, устойчивостью к воздействию агрессивной среды, масел, горюче-смазочных материалов. Их эксплуатация возможна в широком диапазоне температур и подходят они для прочного соединения деталей практически из любых материалов.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Эпоксидный клей

Казеиновый клей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Казеиновый клей — натуральный клей животного происхождения, получаемый из молочного белка казеина.

В состав казеина — основного элемента казеинового клея — входят казеинат кальция, неорганические фосфаты и нитраты. Он не растворяется в воде, но меняет структуру в слабом растворе солей и щелочей. Казеиновый клей эффективен при соединении изделий из картона, кожи, фарфора, керамики, пластика, фаянса, ткани, пенопласта. Более всего его используют при работе с предметами из дерева.

Казеиновый клей широко используется в строительной промышленности и производстве мебели, в ремонте и в быту. **Дополнительные компоненты** — медный купорос, известь, канифоль, керосин, сода и др. позволяют использовать

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Казеиновый клей

казеиновый клей при работе с разными сортами дерева, а также соединении дерева с кожей, пластиком и картоном.

Казеиновый клей входит в состав шпатлевок, замазок и щелочеустойчивых красок.

ПРИМЕЧАНИЕ

Готовый раствор казеинового клея храниться не дольше 2–4 ч, затем он теряет вязкость и текучесть.

Виниловый клей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Виниловый клей – это адгезив на основе поливинилхлорида (ПВХ), полимер-термопласт прозрачного или белого цвета, получаемый путем переработки нефти или природного газа и поваренной соли.

Клей имеет хорошие тепло- и электроизоляционные свойства, устойчив к воздействию химических реагентов, загниванию и разложению, безвреден для здоровья, в воде не растворяется, трудно растворим в большинстве органических растворителей. Клей используют для производства бытовых предметов, стройматериалов, медицинского оборудования.

Прозрачный, быстросохнущий виниловый клей популярен в деревообрабатывающем и мебельном производстве. Клей качественно и быстро скрепляют изделия из бумаги, картона, дерева, пластика, керамики.

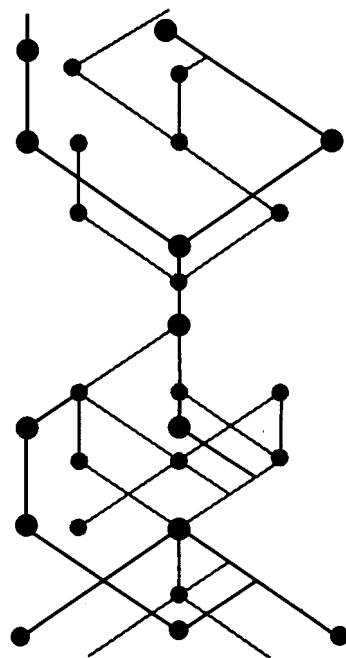
ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Виниловый клей

МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

- Проводниковые материалы,
применяемые в электротехнике
- Сплавы металлов, применяемые
в электротехнике
- Контактные материалы,
применяемые в электротехнике



ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

|| Группы проводниковых материалов

К **проводниковым материалам** в электротехнике относятся металлы, их сплавы, контактные металлокерамические композиции и электротехнический уголь.

Металлические вещества являются проводниками первого рода и характеризуются электронной проводимостью; основным параметром для них — удельное электрическое сопротивление в функции температуры.

Диапазон удельных сопротивлений металлических проводников составляет от 0,016 мкОм·м для серебра до 1,6 мкОм·м для жаростойких железохромоалюминиевых сплавов.

По **роду применения** проводниковые материалы подразделяются на группы:

- ♦ проводники с высокой проводимостью — металлы для проводов линий электропередач и для изготовления кабелей, обмоточных и монтажных проводов для обмоток трансформаторов, электрических машин, аппаратуры, катушек индуктивности и пр.;
- ♦ конструкционные материалы — бронзы, латуни, алюминиевые сплавы и т. д., применяемые для изготовления различных токоведущих частей;
- ♦ сплавы высокого сопротивления — предназначенные для изготовления дополнительных сопротивлений к измерительным прибо-

рам, образцовых сопротивлений и магазинов сопротивлений, реостатов и элементов нагревательных приборов, а также сплавы для термомпар, компенсационных проводов и т. п.;

- ♦ контактные материалы — применяемые для пар неразъемных, разрывных и скользящих контактов;
- ♦ материалы для пайки всех видов проводниковых материалов.

Кроме чисто электротехнических свойств, для проведения необходимой технологической обработки и обеспечения заданных сроков службы в эксплуатации проводниковые материалы должны обладать достаточной нагревостойкостью, механической прочностью и пластичностью.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Основные
проводниковые
материалы
и изделия*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Медь – свойства,
применение,
характеристики*

Медь

Чистая медь по электрической проводимости занимает второе место после серебра, обладающего из всех известных проводников наивысшей проводимостью. Высокая проводимость и стойкость к атмосферной коррозии в сочетании с высокой пластичностью делают медь основным материалом для проводов.

На воздухе медные провода окисляются медленно, покрываясь тонким слоем CuO , препятствующим дальнейшему окислению меди. Коррозию меди вызывают SO_2 , H_2S , NH_3 , NO , пары HNO_3 и другие реактивы.

Проводниковую медь получают из слитков путем гальванической очистки в электролитических ваннах. Примеси даже в ничтожных количествах резко снижают электропроводность меди, поэтому в качестве электротехнической меди применяют лишь две ее марки: М0 и М1.

Почти все изделия из проводниковой меди **изготавливают** путем проката, прессования и волочения. Так, волочением могут быть изготовлены провода диаметром до 0,005 мм, ленты толщиной до 0,1 мм и медная фольга толщиной до 0,008 мм.

Проводниковая медь применяется как в отожженном после холодной обработки виде (мягкая медь марки ММ), так и без отжига (твердая медь марки МТ). При температурах термообработки выше 900 °С вследствие интенсивного роста зерна механические свойства меди резко ухудшаются.

ONLINE ВИДЕО

Медь – первый металл, полученный человеком!

В целях повышения предела ползучести и термической устойчивости медь легируют серебром в пределах 0,07–0,15 %, а также магнием, кадмием, цирконием, другими элементами.

Медь с присадкой серебра применяется для обмоток быстроходных и нагревостойких машин большой мощности, а медь, легированная различными элементами, используется в коллекторах и контактных кольцах сильно нагруженных машин.

Латуни

Сплавы меди с цинком (от 5 до 45 %), называемые латунями, широко используются в электротехнике. Латунь, содержащая до 39 % цинка, имеет однофазную структуру твердого раствора, обладают наибольшей пластичностью. Из них изготавливают детали горячей или холодной прокаткой и волочением: листы, ленты, проволоку. Без нагрева из листовой латуни методом глубокой вытяжки и штамповкой можно изготовить детали сложной конфигурации.

Латуни с содержанием цинка свыше 39 % называют $\alpha+\beta$ -латунями или двухфазными и применяют, главным образом, для фасонных отливок.

Двухфазные латуни являются более твердыми и хрупкими и обрабатываются давлением только в горячем состоянии.

Присадка к латуням олова, никеля и марганца повышает механические свойства и антикоррозионную устойчивость, а добавки алюминия в композиции с железом, никелем и марганцем сообщают латуням, кроме улучшения механических свойств и коррозионной стойкости, высокую твердость. Однако присутствие в латунях алюминия затрудняет пайку, а проведение пайки мягкими припоями становится практически невозможным.

Особенности основных видов латуни:

- ♦ **латуни марок Л68 и Л63** вследствие высокой пластичности хорошо штампуются и допускают гибку, легко паяются всеми видами припоев. В электромашиностроении широко используются для различных токоведущих частей;
- ♦ **латуни марок ЛС59-1 и ЛМЦ58-2** применяются для изготовления роторных (беличьих) клеток электрических двигателей и для токо-

ONLINE ВИДЕО

Что такое латунь? Опасен ли в ней свинец?

ведущих деталей, изготовленных резанием и штамповкой в горячем состоянии; хорошо паяются различными припоями;

- ♦ **латунь ЛА67-2,5** пригодна для литых токоведущих деталей повышенной механической прочности и твердости, не требующих пайки мягкими припоями;
- ♦ **латуни ЛК80-3Л и ЛС59-1Л** широко используется для литых токоведущих деталей электрической аппаратуры, для щеткодержателей и для заливки роторов асинхронных двигателей. Хорошо воспринимают пайку различными припоями.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Латунь – свойства,
применение,
характеристики*

Бронзы

Бронзы относятся к двойным или многокомпонентным сплавам на основе меди, где основным легирующим компонентом является Sn, Be, Mn, Al и т. п.

ПРИМЕЧАНИЕ

Необходимость легирования вызвана недостаточной механической прочностью и термической устойчивостью чистой меди.

Общая номенклатура бронз весьма обширна, но высокой электропроводностью обладают лишь немногие марки бронз:

- ♦ **кадмиевая бронза** относится к наиболее распространенным проводниковым бронзам. Из всех марок кадмиевая бронза обладает наивысшей электрической проводимостью. Вследствие повышенного сопротивления истиранию и более высокой нагревостойкости эта бронза широко применяется для изготовления троллейных проводов и коллекторных пластин;
- ♦ **бериллиевая бронза** относится к сплавам, приобретающим прочность в результате старения. Она обладает высокими упругими свойствами, устойчивыми при нагревании до 250 °С, и электрической проводимостью в 2–2,5 раза большей, чем проводимость других марок бронз общего назначения. Эта бронза нашла широкое применение для изготовления различных пружинных деталей, выпол-

ONLINE ВИДЕО



*Из чего сделана
бронза*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Бронзы электро-
технического назна-
чения и особенности
их производства*

няющих одновременно и роль проводника тока, например токоведущих пружин, отдельных видов щеткодержателей, скользящих контактов в различных приборах, штепсельных разъемов;

- ♦ **фосфористая бронза** обладает высокой прочностью и хорошими пружинными свойствами, из-за малой электропроводности применяется для изготовления пружинных деталей с низкими плотностями тока.

Литые токоведущие детали изготавливаются из различных марок машиностроительных лите-

вых бронз с проводимостью в пределах 8–15 % проводимости чистой меди. Характерной особенностью бронз является малая усадка по сравнению с чугуном и сталью и высокие литейные свойства, поэтому они применяются для отливки различных токоведущих деталей сложной конфигурации, предназначенных для электрических машин и аппаратов.

Все марки **литевых бронз** можно подразделить на оловянные и безоловянные.

|| Алюминий

Характерные свойства чистого алюминия:

- ♦ малый удельный вес;
- ♦ низкая температура плавления;
- ♦ высокая тепловая и электрическая проводимость;
- ♦ высокая пластичность;
- ♦ очень большая скрытая теплота плавления;
- ♦ прочная, хотя и очень тонкая пленка оксида, покрывающая поверхность металла и защищающая его от проникновения кислорода внутрь.

Малая плотность делает алюминий основой легких конструкционных материалов; **большая пластичность** позволяет применять к алюминию все виды обработки давлением и получать из него листы, прутки, проволоку, трубы, тончайшую фольгу, штампованные детали с глубокой вытяжкой и др.

Хорошая электрическая проводимость обеспечивает широкое применение алюминия в электротехнике. Так как плотность алюминия в 3,3 раза ниже, а удельное сопротивление лишь в 1,7 раза выше, чем у

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Классификация
и марки алюминия*

меди, то алюминий на единицу массы имеет вдвое более высокую проводимость, чем медь.

Прочная пленка оксида быстро покрывает свежий срез металла уже при комнатной температуре, обеспечивая алюминию высокую устойчивость против коррозии в атмосферных условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ

Сернистый газ, сероводород, аммиак и другие газы, находящиеся в воздухе промышленных районов, не оказывают заметного влияния на скорость коррозии алюминия. Действие водяного пара на алюминий также незначительно. В контакте с большинством металлов и сплавов, стоящими выше в ряду электрохимических потенциалов, алюминий служит анодом и, следовательно, коррозия его в электролитах будет прогрессировать.

Чтобы избежать образования гальванопар во влажной атмосфере, место соединения алюминия с другими металлами герметизируется лакировкой или другим способом.

Длительные испытания проводов из алюминия показали, что они в отношении устойчивости против коррозии не уступают медным.

ONLINE ВИДЕО



Про алюминий
интересно.

Основные характеристики проводниковых материалов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Проводник — тело, в котором имеются свободные носители заряда, то есть заряженные частицы, которые могут свободно перемещаться внутри этого тела: металлы и их сплавы; расплавленные металлы; электролиты; сверхпроводники; криопроводники.

Наиболее распространенные твердые проводники: металлы, полуметаллы, углерод (в виде угля и графита). Проводниковые материалы находят применение в качестве проводов и жил кабелей, термоэлементов, припоев, предохранителей, нагревателей, для изготовления резисторов.

По использованию проводниковые материалы в электротехнике и радиоэлектронике характеризуются:

- ♦ удельной проводимостью;

- ♦ удельной сопротивлением;
- ♦ зависимостью удельной проводимости или сопротивления от температуры;
- ♦ коэффициентом теплопроводности;
- ♦ механической прочностью при растяжении, сжатии, изгибе, сдвиге, кручении и др. нагрузках.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Механические свойства — это комплекс свойств, отражающих способность материала противодействовать деформации под действием приложенных сил.

Деформация — это изменение формы и размера изделия. Она бывает растягивающей, сжимающей и сдвиговой.

К механическим свойствам относят: твердость, прочность, пластичность и ударную вязкость. Механические свойства в основном отражают способность материала сопротивляться пластической деформации и характеризуют его поведение в ходе ее развития.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Твердость — свойство материала противостоять деформации при локальном контакте. Замер твердости производится при помощи специальных приборов твердомеров.

Основные характеристики проводниковых материалов приведены в табл. 12.1.

Сопротивление металлов и сплавов по сравнению с медью приведено в табл. 12.2.

Основные характеристики проводниковых материалов

Таблица 12.1

Материал	Плотность, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Температура плавления, °C	Удельное электрическое сопротивление при 20 °C, $\times 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	Средний температурный коэффициент сопротивления от 0 до 100 °C, 1/град	Примечание
Алюминий	2,7	660	0,026–0,028	$4 \cdot 10^{-3}$	Провода, кабели, шины, проводники короткозамкнутых роторов, корпуса и подшипниковые щиты малых электромашин

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Назначение,
основные
параметры
и характеристики

ONLINE ВИДЕО



Материалы
высокой
проводимости

Таблица 2.1 (продолжение)

Материал	Плотность, $\times 10^3 \text{ кг/м}^3$	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Удельное электрическое сопротивление при 20°C , $\times 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	Средний температурный коэффициент сопротивления от 0 до 100°C , 1/град	Примечание
Бронза	8,3–8,9	885–1050	0,021–0,052	$4 \cdot 10^{-3}$	Кадмиевая бронза – контакты, фосфористая – пружины
Латунь	8,4–8,7	900–960	0,03–0,08	$2 \cdot 10^{-3}$	Контакты, зажимы
Медь	8,7–8,9	1080	0,0175–0,0182	$3 \cdot 10^{-3}$	Провода, кабели, шины
Олово	7,3	232	0,114–0,120	$4,4 \cdot 10^{-3}$	Припой для лужения и пайки в сплаве со свинцом
Свинец	11,34	327	0,217–0,222	$3,8 \cdot 10^{-3}$	Защитная обложка кабелей, вставки предохранителей, пластины аккумуляторов, припой в сплаве с оловом для лужения и пайки
Серебро	10,5	960	0,0160–0,0162	$3,6 \cdot 10^{-3}$	Контакты электроприборов аппаратов
Сталь	7,8	1400	0,103–0,137	$6,2 \cdot 10^{-3}$	Шины заземления

Сопротивление металлов и сплавов по сравнению с медью, отн. ед., при 20°C

Таблица 12.2

Металл, сплав	Сопротивление по сравнению с медью	Металл, сплав	Сопротивление по сравнению с медью	Металл, сплав	Сопротивление по сравнению с медью
Серебро	0,9	Латунь	4,5	Никелин	25
Медь	1,0	Кобальт	6,0	Манганин	26
Хром	1,6	Никель	6,5	Реотан	28
Алюминий	1,67	Железо	7,7	Константан	29
Магний	2,8	Олово	8,5	Чугун	30
Молибден	2,9	Сталь	12	Ртуть	60
Вольфрам	3,6	Свинец	13	Нихром	60
Цинк	3,7	Нейзильбер	17	Уголь	15000

ПРИМЕР

Для определения изменения сопротивления при температуре 44°C надо по вертикали взять температуру 40°C и по горизонтали поправку на 4°C : получается изменение сопротивления в 1,116 раза.

Токопроводящие жилы

Медные (М) и алюминиевые (А) токопроводящие жилы, используемые при изготовлении кабельной продукции, стандартизованы в соответствии с ГОСТ 22483-77 и полностью соответствуют рекомендациям МЭК (публ. 228, 1968). **Жилы разделяются на 6 классов** и могут иметь от одной до нескольких десятков проволок. Для кабельных изделий стационарной прокладки используются жилы 1 и 2 классов, жилы

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Жилы силовых
кабелей

3–6 классов используются для кабельных изделий повышенной гибкости.

Жилы могут быть круглыми или фасонными (К или Ф), уплотненными и неуплотненными, а алюминиевые жилы, кроме того, — с металлическим покрытием (МП) или без МП (БМП). Круглые медные жилы имеют сечения до 150 мм², круглые алюминиевые — до 300 мм².

Сведения о жилах 1–6 классов приведены в табл. 12.3 ... табл. 12.6.

Медные и алюминиевые жилы класса 1

Таблица 12.3

Площадь сечения жилы, мм ²	Минимальное число проволок		Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	М	А	М (К или Ф)		А (К или Ф) МП или БМП
			неуплотненная	луженая	
0,50	1	–	36,0	36,7	–
0,75	1	–	24,5	24,8	–
1,0	1	–	18,1	18,2	–
1,5	1	1	12,1	12,2	18,1
2,5	1	1	7,41	7,56	12,1
4,0	1	1	4,61	4,70	7,41
6,0	1	1	3,08	3,11	5,11
10	1	1	1,83	1,84	3,08
16	1	1	1,15	1,16	1,91
25	1	1	0,727	–	1,20
35	1	1	0,524	–	0,868
50	1	1	0,387	–	0,641

Площадь сечения жилы, мм ²	Минимальное число проволок		Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	М	А	М (К или Ф)		А (К или Ф) МП или БМП
			неуплотненная	луженая	
70	1	1	0,268	–	0,443
95	1	1	0,193	–	0,320
120	1	1	0,153	–	0,253
150	1	1	0,124	–	0,206
185	35	1	0,099	–	0,164
210	35	1	0,0754	–	0,125
300	35	1	0,0601	–	0,100
400	35	35	0,0470	–	0,0778
500	35	35	0,0366	–	0,0605
625	59	59	0,0283	–	0,0469
800	59	59	0,0221	–	0,0367
1000	59	59	0,0176	–	0,0291

Медные и алюминиевые жилы класса 2

Таблица 12.4

Номинальное сечение жилы, мм ²	Минимальное число проволок						Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	Круглая жила				Фасонная жила				
	неуплотненная		уплотненная				Медь		Алюминий МП и БМП
	М	А	М	А	М	А	луженая	нелуженая	
0,50	7	–	–	–	–	–	36,0	36,7	–
0,75	7	–	–	–	–	–	24,5	24,8	–
1,0	7	7	–	–	–	–	18,1	18,2	35,4
1,5	7	7	6	–	–	–	12,1	12,2	22,7
2,5	7	7	6	–	–	–	7,41	7,56	12,4
4,0	7	7	6	–	–	–	4,61	4,70	7,41

Таблица 2.4 (продолжение)

Номинальное сечение жилы, мм ²	Минимальное число проволок						Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
	Круглая жила				Фасонная жила				
	неуплотненная		уплотненная				Медь		Алюминий
	М	А	М	А	М	А			
6,0	7	7	6	–	–	–	3,08	3,11	5,11
10	7	7	6	–	–	–	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	–	–	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	61	61	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
625	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
630	91	91	53	53	53	53	0,0280	0,0283	0,0462
800	91	91	53	53	–	–	0,0221	0,0284	0,0367
1000	91	91	53	53	–	–	0,0176	0,0177	0,0291

Медные и алюминиевые жилы класса 3

Таблица 12.5

Номинальное сечение жилы, мм ²	Диаметр проволоки, мм, не более	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
		Медь		Алюминий
		нелуженая	луженая	БМП или с МП
0,50	0,33	39,6	40,7	—
0,75	0,38	25,5	26,0	—
1,00	0,43	21,8	22,3	—
1,2	0,45	17,3	17,6	28,8
1,5	0,53	14,0	14,3	23,4
2,0	0,61	9,71	9,90	16,2
2,5	0,69	7,49	7,63	12,5
3	0,79	5,84	5,95	9,76
4	0,87	4,79	4,88	8,00
5	0,59	3,83	3,91	—
6	0,65	3,11	3,17	5,20
8	0,87	2,40	2,45	—
10	0,82	1,99	2,03	3,33

Номинальное сечение жилы, мм ²	Диаметр проволоки, мм, не более	Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом		
		Медь		Алюминий
		нелуженая	луженая	БМП или с МП
16	0,65	1,21	1,24	2,02
25	0,82	0,809	0,824	1,35
36	0,69	0,551	0,562	0,921
50	0,69	0,394	0,402	0,658
70	0,69	0,277	0,283	0,470
95	0,82	0,203	0,207	0,338
120	0,79	0,158	0,161	0,264
150	0,87	0,130	0,132	0,211
185	0,87	0,105	0,107	0,175
240	0,87	0,0798	0,0814	0,134
300	0,87	0,0654	0,0665	0,109
400	0,87	0,0499	0,0509	0,0835
500	0,87	0,0393	0,0401	0,0657

Медные жилы классов 4, 5 и 6

Таблица 12.6

Номинальное сечение жилы, мм ²			Диаметр проволоки, мм, не более			Электрическое сопротивление постоянному току 1 км жилы при 20 °С, Ом					
						Нелуженая			Луженая		
4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
0,05	-	-	0,11	-	-	366,6	-	-	383,7	-	-
0,08	-	-	0,13	-	-	247,5	-	-	254,6	-	-
0,12	-	-	0,16	-	-	165,3	-	-	170,3	-	-
0,20	-	-	0,21	-	-	89,1	-	-	91,7	-	-
0,35	-	-	0,27	-	-	57,0	-	-	58,7	-	-
0,50	0,50	0,50	0,31	0,21	0,16	40,5	39,0	39,0	41,7	40,1	40,1
0,75	0,75	0,75	0,31	0,21	0,16	25,2	26,0	26,0	25,9	26,7	26,7
1,0	1,0	1,0	0,31	0,21	0,16	19,8	19,5	19,5	20,4	20,0	20,0
1,2	-	-	0,41	-	-	16,0	-	-	16,5	-	-
1,5	1,5	1,5	0,41	0,26	0,16	13,2	13,3	13,3	13,6	13,7	13,7
2,0	-	-	0,43	-	-	9,97	-	-	10,3	-	-
2,5	2,5	2,5	0,43	0,26	0,16	8,05	7,98	7,98	8,20	8,21	8,21
3,0	-	-	0,53	-	-	6,52	-	-	6,65	-	-
4,0	4,0	4,0	0,53	0,31	0,16	4,89	4,95	4,95	4,99	5,09	5,09
5,0	-	-	0,53	-	-	3,82	-	-	3,90	-	-
6,0	6,0	6,0	0,53	0,31	0,21	3,28	3,30	3,30	3,35	3,39	3,39
8,0	-	-	0,53	-	-	2,45	-	-	2,49	-	-
10	10	10	0,53	0,41	0,21	2,00	1,91	1,91	2,04	1,95	1,95
16	16	16	0,53	0,41	0,21	1,21	1,21	1,21	1,24	1,24	1,24
25	25	25	0,53	0,41	0,21	0,776	0,78	0,78	0,792	0,795	0,795
35	35	35	0,59	0,41	0,21	0,547	0,554	0,554	0,558	0,565	0,565
50	50	50	0,59	0,41	0,31	0,393	0,386	0,386	0,401	0,393	0,393
70	70	70	0,59	0,51	0,31	0,281	0,272	0,272	0,286	0,277	0,277
95	95	95	0,59	0,51	0,31	0,201	0,206	0,206	0,205	0,210	0,210
120	120	120	0,69	0,51	0,31	0,162	0,161	0,161	0,165	0,164	0,164
150	150	150	0,69	0,51	0,31	0,129	0,129	0,129	0,132	0,132	0,132
185	185	185	0,69	0,51	0,41	0,104	0,106	0,106	0,106	0,108	0,108
240	240	240	0,69	0,51	0,41	0,081	0,080	0,080	0,082	0,082	0,082
300	300	300	0,69	0,51	0,41	0,065	0,064	0,064	0,066	0,065	0,065
400	400	-	0,69	0,51	-	0,048	0,049	-	0,049	0,049	-
-	500	-	-	0,61	-	-	0,038	-	-	0,039	-
-	630	-	-	0,61	-	-	0,029	-	-	0,029	-

СПЛАВЫ МЕТАЛЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Аморфные сплавы
и экономия

Сплавы, используемые в магнитопроводах

Сплавы высокой магнитной проницаемости, или пермаллои, обладают магнитной проницаемостью в 10–100 раз более высокой, чем листовая электротехническая сталь. Эти сплавы намагничиваются до насыщения в малых магнитных полях.

В результате деформации магнитные свойства этих сплавов могут ухудшаться в десятки раз.

Поэтому пермаллои обычно поставляются заказчику в виде лент непосредственно после холодной прокатки. После изготовления деталей они должны быть подвергнуты отжигу, в результате которого могут быть получены требуемые магнитные свойства.

Материалы магнитопроводов рассмотрены в табл. 13.1.

Материалы магнитопроводов, из свойства и области использования

Таблица 13.1

Марка	Основные свойства	Назначение
45Н 50Н	Сплавы с повышенной магнитной проницаемостью, обладающие высоким значением индукции насыщения	Сердечники силовых трансформаторов, дросселей, реле и деталей магнитных цепей, работающих при повышенных значениях индукции без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием
50НП 65НП 34НКМП	Сплавы с повышенной магнитной проницаемостью, обладающие прямоугольной петлей гистерезиса	Сердечники магнитных усилителей, коммутирующих дросселей, выпрямительных установок, элементов вычислительных и счетно-решающих машин и т. д.
50НХС	Сплав с повышенной магнитной проницаемостью и высоким удельным электрическим сопротивлением	Сердечники импульсных трансформаторов и аппаратуры связи звуковых и высоких частот, работающие без подмагничивания или с небольшим подмагничиванием
79НМ 80НХС 76НХД	Сплавы с высокой магнитной проницаемостью в слабых полях	Сердечники малогабаритных трансформаторов, дросселей, реле, магнитные экраны толщиной 0,02 мм, сердечники импульсных трансформаторов, магнитных усилителей и бесконтактных реле

Сплавы для катушек сопротивлений и измерительных приборов

МАНГАНИН. Основным и лучшим представителем этих сплавов является **медно-марганцевый сплав — манганин** — термостабильный сплав на основе меди (около 85 %) с добавкой марганца (11,5–13,5 %) и никеля (2,5–3,5 %). Характеризуется чрезвычайно малым изменением электрического сопротивления в области комнатных температур.

Манганин отличается высоким удельным сопротивлением при малом температурном коэффициенте сопротивления, низкой термоЭДС в паре с медью, высокой стабильностью сопротивления во времени, высокой пластичностью и сопротивлением коррозии. Применяется для изготовления точных образцовых сопротивлений.

В целях сохранения постоянства свойств сопротивлений их рабочая температура не должна превышать 60 °С. Для стабильности свойств манганина во времени он подвергается специальной низкотемпературной термической обработке с последующим длительным вылеживанием при комнатной температуре. Изготавливается манганин в виде проволоки и ленты.

КОНСТАНТАН. Менее прецизионным сплавом, чем манганин, является **медно-никелевый сплав — константан**, который характеризуется очень малым температурным коэффициентом сопротивления, устойчивостью против коррозии, удовлетворительной жаростойкостью и высокими механическими свойствами.

Недостатком константана при применении его для изготовления образцовых сопротивлений является высокая термоЭДС в паре с медью, поэтому он нашел широкое применение при изготовлении термопар для измерения температур до 900 °С.

Для изготовления реостатов и других электротехнических приборов иногда применяют сплав, содержащий медь, никель и цинк — **нейзильбер**. Этот сплав дешевле, чем константан, однако проволока из нейзильбера вследствие содержания цинка после нагревания ее до 200–250 °С становится хрупкой.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Контактные
материалы, сплавы
для катушек
сопротивлений,
жаростойкие сплавы*

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Жаростойкие
и жаропрочные
сплавы*

**Жаростойкие сплавы
для нагревательных приборов**

Жаростойкие сплавы помимо высокого удельного сопротивления и малого температурного коэффициента сопротивления должны:

- ♦ обладать высоким пределом рабочей температуры;
- ♦ хорошо обрабатываться;
- ♦ быть достаточно механически прочными во всем диапазоне рабочих температур.

В настоящее время выпускаются **окалиностойкие деформируемые жаростойкие сплавы** девяти различных марок, которые можно подразделить на сплавы на основе хрома и никеля, называемые нихромами, и на жаростойкие сплавы на основе хрома.

Поправочные коэффициенты для расчета электрического сопротивления жаростойких сплавов в зависимости от температуры приведены в **табл. 13.2**. Свойства и назначение жаростойких сплавов высокого омического сопротивления приведены в **табл. 13.3**. Основные характеристики сплавов с большим удельным сопротивлением приведены в **табл. 13.4**. Термоэлектродвижущая сила различных металлов приведена в **табл. 13.5**. Приближенные значения токов плавления проволоки из различных металлов приведены в **табл. 13.6**.

ONLINE ВИДЕО

*Жаропрочные
и жаростойкие
стали*

Поправочные коэффициенты для расчета электрического сопротивления жаростойких сплавов в зависимости от температуры

Таблица 13.2

Марка сплава	Температура нагрева, °C												
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
X15H60 X15H60H	1,013	1,029	1,046	1,062	1,074	1,083	1,083	1,089	1,097	1,105	-	-	-
X20H80 X20H80H	1,006	1,016	1,024	1,031	1,035	1,025	1,019	1,017	1,021	1,028	1,038	-	-
X13H14	1,004	1,013	1,025	1,041	1,062	1,090	1,114	1,126	1,135	-	-	-	-
OX23Ю5A OX23ЮA	1,002	1,007	1,013	1,022	1,036	1,056	1,063	1,067	1,072	1,076	1,079	1,080	-
OX27Ю5A	1,002	1,005	1,010	1,015	1,025	1,030	1,033	1,035	1,040	1,040	1,041	1,043	1,045
ХН60Н	-	0,984	1,000	1,022	1,040	1,021	1,012	1,008	1,013	1,015	1,031	-	-
ХН70Н	1,004	-	-	-	1,051	1,052	1,035	1,015	1,015	1,016	1,021	1,028	-

Свойства и назначение жаростойких сплавов
высокого омического сопротивления

Таблица 13.3

Марка сплава	Размер: диаметр или толщина, мм	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, мкОм/м	Рабочая температура нагревательного элемента, °С		Характеристика окислительности и жаростойкости	Преимущественные области применения
			предельная	оптимальная		
X25H20	Все размеры	0,83–0,96	1000	900	Окалиностойки в окислительной атмосфере, водороде, вакууме. Неустойчивы в атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения, более жаропрочные, чем алюминиевые сплавы	Проволока для промышленных, лабораторных печей и бытовых приборов
X15H60	0,1–0,5	1,06–1,16	1000	950		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, электрических аппаратов теплового действия, реостатов и бытовых приборов
X15H60H	0,51	1,07–1,17	1100	950		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, электрических аппаратов теплового действия, реостатов, сопротивлений; микропровода для бытовых приборов
X20H80	0,1–0,5 0,51–3	1,03–1,13 1,04–1,14	1100	1050	Окалиностойки в окислительной атмосфере и в атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения. Склонны к провисанию при высоких температурах	Проволока и ленты для реостатов, нагревательных элементов бытовых приборов, аппаратов
X20H80H	3,1–10,0	1,06–1,16	1200	1050		Проволока и ленты для промышленных и лабораторных печей, бытовых приборов, аппаратов, реостатов и свечей зажигания
X13Ю4	0,2–10,0	1,18–1,34	1000	900		То же, но с большим сроком службы
OX23Ю5	0,2–10,0	1,29–1,45	1200	1150		Проволока и ленты для высоко-температурных промышленных и лабораторных печей
OX23НЮА	0,2–10,0	1,3–1,4	1200	1175		
OX27НЮА	0,2–10,0	1,37–1,47	1300	1250		

Основные характеристики сплавов с большим удельным сопротивлением

Таблица 13.4

Материал	Плотность, 10 ³ кг/м ³	Температура плавления, °С	Наибольшая рабочая температура, °С	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, 10 ⁻³ Ом·м	Температурный коэффициент сопротивления при 20 °С, 1/град	Применение
Нихром	—	1360	1000	1,1	1,7·10 ⁻⁴	Лабораторные и промышленные печи с рабочей температурой до 900 °С
Фехраль	7,6	1450	850	1,2	5·10 ⁻⁴	Бытовые электроннагревательные приборы и промышленные электропечи с рабочей температурой до 650 °С
Константан	8,8	1270	450–500	0,5	(0,2–5)·10 ⁻³	Реостаты и резисторы приборов низкого качества точности. Нагревательные элементы с температурой до 450 °С
Манганин	8,3	940	250–300	0,46	±(3–6)·10 ⁻³	Эталонные и образцовые сопротивления, магазины сопротивлений и сопротивления приборов высокой точности
Нейзильбер	8,4	1050	200–250	0,35	2,9·10 ⁻⁶	Реостаты

Термоэлектродвижущая сила различных металлов

Таблица 13.5

Металл	ТермоЭДС, мВ	Металл	ТермоЭДС, мВ	Металл	ТермоЭДС, мВ
Железо	+1,75	Олово	+0,42	Кобальт	-1,75
Молибден	+1,24	Магний	+0,42	Никель	-1,76
Кадмий	+0,90	Алюминий	+0,39	Константан	-3,33
Цинк	+0,76	Уголь	+0,25	Свинец	-5,85
Серебро	+0,76	Ртуть	+0,01	Висмут	-6,86
Медь	+0,74	Платина	+0,00		
Иридий	+0,67	Натрий	-0,21		

Примечание. Значения указаны при разности температур 100 °С по отношению к платине. Знак «+» указывает, что в месте спая ток направлен от данного металла к платине. Разность значений для любой пары дает действующую электродвижущую силу.

Приближенные значения токов плавления проволоки из разных металлов

Таблица 13.6

Плавящий ток, А	Диаметр, мм					
	Медь	Алюминий	Никелин	Сталь	Олово	Свинец
1	0,039	0,066	0,065	0,132	0,183	0,210
2	0,069	0,104	0,125	0,189	0,285	0,325
3	0,107	0,137	0,185	0,245	0,380	0,425
5	0,180	0,193	0,25	0,345	0,53	0,60
7	0,203	0,250	0,32	0,45	0,66	0,78
10	0,250	0,305	0,39	0,55	0,85	0,95
15	0,32	0,400	0,52	0,72	1,02	1,25
20	0,39	0,485	0,62	0,87	1,35	1,52
25	0,46	0,560	0,73	1,00	1,56	1,98
30	0,52	0,640	0,81	1,15	1,77	2,20
35	0,58	0,700	0,91	1,26	1,95	2,44
40	0,63	0,77	0,99	1,38	2,14	2,44
45	0,68	0,83	1,08	1,50	2,30	2,65
50	0,73	0,89	1,15	1,60	2,45	2,78
60	0,82	1,00	1,30	1,80	2,80	3,15
70	0,91	1,10	1,43	2,00	3,10	3,50
80	1,00	1,22	1,57	2,20	3,40	3,80
90	1,08	1,32	1,69	2,38	3,65	4,10
100	1,15	1,42	1,82	2,55	3,90	4,40
120	1,31	1,60	2,05	2,85	4,45	5,00
160	1,59	1,94	2,28	3,20	4,90	5,50
180	1,72	2,10	2,69	3,70	5,80	6,50
200	1,84	2,25	2,89	4,05	6,20	7,00
225	1,99	2,45	3,15	4,40	6,75	7,60
250	2,14	2,60	3,35	4,70	7,25	8,10
275	2,20	2,80	3,55	5,00	7,70	8,70
300	2,40	2,95	3,78	5,30	8,20	9,20

Примечание. Длина проволоки 5–10 см (в зависимости от диаметра).

КОНТАКТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

|| Классификация контактов

По роду работы различают три типа контактов: неподвижные, коммутирующие и скользящие.

Неподвижные контакты — зажимы, болтовые и винтовые соединения, скрутки, паянные и сваренные контакты. Качество зажимных контактов определяется их переходным сопротивлением, возникающим в местах непосредственного контакта. Улучшение поверхности и защита контактов от коррозии достигается путем пайки, сварки или покрытия коррозионно-устойчивыми хорошо проводящими металлами.

На воздухе при температурах до 75 °С все проводниковые металлы дают достаточно устойчивые переходные сопротивления.

ПРИМЕЧАНИЕ

Важнейшим условием при этом является обеспечение необходимых удельных давлений на контактную поверхность.

Общей закономерностью для всех видов непаяных контактов является (при прочих равных условиях) **обратная зависимость переходного сопротивления от силы сжатия контактов**. С повышением температуры за счет ускорения процесса коррозии переходное сопротивление резко возрастает, поэтому медные, алюминиевые и стальные контакты покрывают коррозионно-устойчивыми металлами.

При температуре 100–120 °С хорошо работают луженые, посеребренные или кадмированные контакты. Контакты из стали обязательно цинкуют или кадмируют.

Шинные контакты (обычно в виде полос), особенно при применении алюминия, рекомендуется зачищать стеклянной шкуркой под слоем

вазелина; для меди и стали необходимо лужение оловянно-свинцовым припоем или чистым оловом.

Коммутирующие контакты — материалы разрывных электрических контактов — должны иметь малое удельное сопротивление и достаточно низкое и особенно стабильное переходное сопротивление, высокую стойкость против окисления, сваривания и эрозии, хорошую износостойчивость и ряд технологических свойств.

Для изготовления **маломощных разрывных контактов**, применяемых главным образом в слаботочной технике, используют: металлы платиновой группы; золото и его сплавы; серебро и его сплавы; вольфрам, молибден и их сплавы.

Из **электроосаждаемых контактов** в виде тонких гальванических покрытий, работающих в отсутствии дуги, следует отметить серебро, золото, платину, палладий и особенно родий, сочетающий сравнительно низкое удельное сопротивление и очень высокую твердость.

Для изготовления **мощных разрывных и прецизионных контактов** в современной технике применяют различные металлокерамические композиции, так как использование металлов и их сплавов не дает удовлетворительных результатов.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Материалы
для изготовления
электрических
контактов

Контакты из металлокерамических композиций

Металлокерамические контакты на основе гетерогенной композиции металлов или сплавов с неметаллами (керамикой) изготавливают из ультрадисперсных порошков металлов методом прессования из смеси заданного состава в форме уже готового изделия с последующим спеканием прессовок, повторным прессованием и отжигом. Все марки контактов из металлокерамических композиций можно разбить на группы.

Контакты из композиций «серебро-оксид кадмия» широко используют в технике низковольтного аппаратостроения, отличаются надежностью при повышенных токовых нагрузках и умеренных нажатиях на контакт. Обладают высокой износостойчивостью, низким и стабильным переходным сопротивлением и повышенной дугостойкостью, но уступают в последнем случае контактам из композиций с присадками вольфрама. Выпускаются для пайки и сварки с подслоем серебра.

Контакты из композиций «серебро-оксид меди» обладают низким и устойчивым переходным сопротивлением, высокой электрической износостойчивостью и сопротивлением привариванию. При высоких

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Как устроены
металлокерамиче-
ские контакты*

токовых нагрузках они более предпочтительны, чем контакты «серебро-оксид кадмия». Выпускаются для пайки и сварки с подслоем серебра.

Контакты из композиций «серебро-никель» устойчивы к электрическому износу, обладают низким и устойчивым переходным сопротивлением и применяются в низковольтной аппаратуре постоянного и переменного тока с умеренными нагрузками. Уступают контактам типа «серебро-оксид кадмия» и «серебро-оксид меди» по сопротивлению привариванию, но более стойки, чем чистое серебро. Допускают пайку и сварку без подслоя серебра.

Контакты из композиций «серебро-никель-графит». Присадка графита повышает дугостойкость и сопротивление привариванию и позволяет применять эти контакты в низковольтной аппаратуре со значительными нагрузками, а также в воздушных автоматических выключателях, обычно в паре с контактами «серебро-никель».

Контакты из композиций «серебро-графит» обладают высокой дугостойкостью, сопротивлением привариванию и устойчивостью к механическому истиранию. Электрическая стойкость и механическая прочность относительно невелики. Применяются в паре с контактами «серебро-никель».

Контакты из композиций «серебро-вольфрам» высокоустойчивы к оплавлению, однако обладают повышенным переходным сопротивлением, возрастающим с увеличением присадки вольфрама. Применяются в воздушных высоковольтных выключателях в виде накладок на поверхности медных контактов.

Контакты из композиций «серебро-кадмий-никель» обладают более высокой электрической прочностью, чем контакты из серебра, и характеризуются особо стабильным и низким переходным сопротивлением. Применяются для высоковольтных схем.

Контакты из композиций «медь-вольфрам» обладают высоким сопротивлением износу, привариванию и окислению при больших токовых нагрузках. В связи с повышенным переходным сопротивлением нашли применение в высоковольтных, преимущественно в масляных выключателях, в условиях сильного дугообразования.

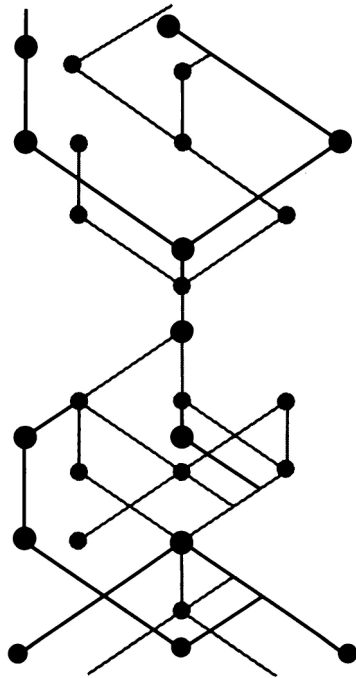
Контакты из композиций «медь-графит» применяются для контактов, размыкающих токи в 30–80 кА. Для исключения приваривания контакты изготавливают пористыми; они обладают невысокой прочностью, рассчитываются на небольшое число отключений и изготавливаются с медным подслоем.

ЧАСТЬ

3

ПРИПОИ И ФЛЮСЫ

- Припой
- Паяльные флюсы



ПРИПОИ

Классификация припоев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Припой – металл или сплав, применяемый при пайке для соединения заготовок и имеющий температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы. Применяют сплавы на основе олова, свинца, кадмия, меди, никеля и других металлов.

Для пайки соединений проводниковых материалов в зависимости от предельно допустимых рабочих температур и требуемой прочности паяного шва применяются **мягкие и твердые припои**. К **мягким** относятся припои с температурой плавления до 400 °С, а к **твердым** — свыше 500 °С. Припои с температурами выше температуры плавления чистого олова в интервале до 400 °С называются **полутвердыми**.

Мягкие и полутвердые припои имеют предел прочности при растяжении до 15–100 МПа и применяются для пайки токоведущих частей, не являющихся одновременно несущими конструкциями машин или аппаратов.

Пайка мягкими и полутвердыми припоями осуществляется паяльником или погружением деталей в расплавленный припой, соединяемые поверхности при этом предварительно облуживаются, как правило, припоем той же марки и покрываются обычно канифолью (флюсом).

ONLINE ВИДЕО



Обзор припоев

ONLINE ВИДЕО



Лучшие припои с Алиэкспресс против ПОС-61. Обзор 19 китайских оловянно-свинцовых припоев Sn60-Sn63

Оловянно-свинцовые припои выпускаются в виде слитков, прутков, проволоки, ленты и трубок, заполненных канифолью.

Твердые припои имеют предел прочности при растяжении 100—500 МПа и применяются в качестве припоев первой категории прочности при пайке токоведущих частей, быстроходных, допускающих высокий нагрев электрических машин и деталей, воспринимающих основную механическую нагрузку.

ONLINE ВИДЕО



Польский припой Sintel и российский припой ПОС 61 от «Векта 21 век» – лучший выбор

Система обозначения припоев

Обозначение марки припоя обычно начинается с буквы «П» — припой. Числа в марке припоя показывают содержание компонентов (буквы после буквы «П») в процентах (округленно). Буква или буквосочетание в конце обозначения марки припоя означает, что данный компонент составляет оставшееся содержание припоя.

Обозначение компонентов:

А — алюминий;	О — олово;
Ж — железо;	С — свинец;
И — индий;	Ср — серебро;
К — кадмий;	Су — сурьма;
Кд — кадмий;	Ф — фосфор;
М — медь;	Ц — цинк.

Примеры обозначений марок припоев:

- ПОС61 — припой оловянно-свинцовый, олова — 61 %, остальное — свинец;
- ПОССу61-0,5 — припой оловянно-свинцовый, олова — 61 %, сурьмы — 0,5 %, остальное — свинец;
- ПОС61М — припой оловянно-свинцовый, олова — 61 %, остальное — свинец и добавка меди;
- ПСр3И — припой серебряно-индиевый, серебра — 3 %, остальное — индий;
- ПСр3Кд — серебряно-кадмиевый, серебра — 3 %, остальное — кадмий.

ONLINE ВИДЕО



Какой припой выбрать?

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Припои и флюсы. Примеры обозначений марок припоев

|| Области применения мягких и полутвердых припоев

Преимущественные области применения мягких и полутвердых припоев:

- ♦ О2 — лужение и пайка коллекторов, якорных секций и обмоток электрических машин с изоляцией класса Н, лужение ответственных неподвижных контактов, в том числе содержащих цинк;
- ♦ ПОС90 — лужение и пайка внутренних швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры;
- ♦ ПОС61 — лужение и пайка электро- и радиоаппаратуры, печатных плат, точных приборов с высокогерметичными швами, где недопустим перегрев;
- ♦ ПОС40 — лужение и пайка электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами;
- ♦ ПОС10 — лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле;
- ♦ ПОСК50-18 — пайка деталей из меди и ее сплавов, чувствительных к перегреву, в том числе пайка алюминия, плакированного медью. Пайка керамики, стекла и пластиков, металлизированных оловом, серебром, никелем;
- ♦ ПОС61М — пайка пищевой посуды, медицинской аппаратуры, электро- и радиоаппаратуры, печатных плат, деталей, чувствительных к перегреву;
- ♦ ПОССу61-0,5 — лужение и пайка электроаппаратуры, пайка печатных плат, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к температуре;
- ♦ ПОССу50-0,5 — лужение и пайка авиационных радиаторов;
- ♦ ПОССу40-0,5 — лужение и пайка жести, обмоток электрических машин, для пайки монтажных элементов моточных и кабельных изделий;
- ♦ ПОССу35-0,5 — лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек;
- ♦ ПОССу30-0,5 — лужение и пайка листового цинка, углеродистых и нержавеющей сталей. Лужение и пайка проводов, кабелей, бандажей, радиаторов, различных деталей аппаратуры и приборов, работающих при температуре до 160 °С;
- ♦ ПОССу25-0,5 — лужение и пайка радиаторов;
- ♦ ПОССу18-0,5 — лужение и пайка трубок теплообменников, электроламп;
- ♦ ПОССу95-5; ПСрЗКд — горячее лужение и пайка коллекторов, якорных секций, бандажей и токоведущих соединений электрических машин нагревостойкого исполнения и с повышенными частотами

вращения. Пайка трубопроводов и различных деталей электрооборудования.

- ♦ ПОССу40-2 — припой широкого назначения;
- ♦ ПОССу30-2 — лужение и пайка в холодильном аппаратостроении, электроламповом производстве;
- ♦ ПОССу18-2, ПОССу15-2, ПОССу10-2 — пайка в автомобилестроении;
- ♦ ПОССу8-3 — лужение и пайка в электроламповом производстве;
- ♦ ПОССу5-1 — лужение и пайка деталей, работающих при повышенных температурах;
- ♦ ПОССу4-6 — пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепанными швами из латуни и меди;
- ♦ ПОССу4-4 — лужение и пайка в автомобилестроении;
- ♦ ПОСК2-18 — лужение и пайка металлизированных керамических деталей;
- ♦ ПОСИ30; ПСр3И — пайка меди и ее сплавов и других металлов, неметаллических материалов и стекла с металлическими покрытиями. Пайка деталей радиоэлектронной аппаратуры. Обладает высокой жидкотекучестью и обеспечивает хорошее сцепление спаиваемых поверхностей.

ONLINE ВИДЕО



Области применения мягких и полутвердых припоев

Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев

Твердая пайка осуществляется **электроконтактным способом**, графитовыми или медными электродами либо с помощью дуговой сварки. Мелкие детали паяют с помощью автогена. При электроконтактном способе припой укладывается заранее между соединяемыми деталями или вносится в соединение в процессе пайки, сварка осуществляется без присадки металла путем сплавления концов соединяемых деталей.

Для электроконтактной пайки серебряными припоями в качестве флюса обычно служит бора. Пайка самофлюсующимися припоями, в состав которых входит фосфор, и сварка в защитной атмосфере осуществляются без применения флюса.

Припои с содержанием фосфора для пайки сталей и чугуна и соединений, подвергающихся ударам и вибрациям, из-за хрупкости паяного

ONLINE ВИДЕО



Тест мягких припоев

шва применять нельзя. Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев приведены в табл. 15.1.

Классификация и химический состав мягких и полутвердых припоев

Таблица 15.1

Припой		Химический состав, %						
Вид	Марка	Олово	Сурьма	Кадмий	Медь	Свинец	Серебро	Индий
Олово	О2	99,9	-	-	-	-	-	-
Бессурьмянистые	ПОС61	60-62	-	-	-	Остальное	-	-
	ПОС40	39-41	-	-	-		-	-
	ПОС10	9-10	-	-	-		-	-
	ПОС61М	60-62	-	-	1,5-2,0		-	-
	ПОСК50-18	49-51	-	17-19	-		-	-
Малосурьмянистые	ПОССу61-0,5	60-62	0,2-0,5	-	-	Остальное	-	-
	ПОССу40-0,5	39-41		-	-		-	-
	ПОССу30-0,5	29-31		-	-		-	-
	ПОССу18-0,5	17-18		-	-		-	-
Сурьмянистые	ПОССу95-5	94-96	4-5	-	-	Остальное	-	-
Серебряные	ПСрО10-90	Остальное	-	-	-	-	10±0,5	-
	ПСрОСу8 (ВПр-6)	-	-	-	-	-	8±0,5	-
	ПСрМО5 (ВПр-9)	-	-	-	2±0,5	-	5±0,5	-
	ПСрОС3,5-95	-	-	-	-	-	3,5±0,4	-
	ПСрОС3-58	57,8±1,0	-	-	-	-	3±0,4	-
	ПСр3	-	-	-	-	-	3±0,3	-
	ПСр3Кд	-	-	95-97	-	-	3,0-4,0	-
	ПСрО3-97	Остальное	-	-	-	-	3±0,3	-
	ПСр2,5	5,0-6,0	-	-	-	91-93	2,2-2,7	-
	ПСр2,5С	-	-	-	-	-	2,5±0,2	-
	ПСр2	30±1	-	-	-	-	2±0,2	-
	ПСрОС2-58	58,8±1,0	-	-	-	-	2±0,3	-
	ПСр1,5	15±1	-	-	-	-	1,5±0,3	-
	ПСр1	35±1	-	-	-	-	1±0,2	-
Индиевые	ПОСИ30	42	-	-	-	28	-	3
	ПСр3И	-	-	-	-	-	3	97

Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев

Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев приведены в табл. 15.2.

Физико-механические свойства мягких и полутвердых припоев

Таблица 15.2

Марка припоя	Температура плавления, °C		Ориенти- ровочная температура пайки, °C	Плотность, кг/м ³	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	Предел механической прочности при растяжении, МПа
	Соллидус	Ликвидус				
О2	232	232	280	7310	-	25
ПОС61	183	190	240	8500	0,139	43
ПОС40	183	238	290	9300	0,159	38
ПОС10	268	299	350	10800	0,200	32
ПОС61М	268	192	240	8500	0,143	45
ПОСК50-18	142	145	185	8800	0,133	40
ПОССу61-0,5	183	189	240	8500	0,140	45
ПОССу50-0,5	183	216	-	8900	0,149	-
ПОССу40-0,5	183	235	285	9300	0,169	40
ПОССу35-0,5	183	245	-	9500	0,172	-
ПОССу30-0,5	183	265	306	9700	0,179	36
ПОССу25-0,5	183	266	-	10000	0,182	-
ПОССу18-0,5	183	277	325	10200	0,198	36
ПОССу95-5	234	240	290	7300	0,145	40
ПОССу40-2	185	229	-	9200	0,172	-
ПОССу33-2	185	243	-	9400	0,179	-
ПОССу30-2	185	250	-	9600	0,182	-
ПОССу25-2	185	260	-	9800	0,183	-
ПОССу18-2	188	270	-	10100	0,206	-
ПОССу15-2	184	275	-	10300	0,208	-
ПОССу10-2	268	285	-	10700	0,208	-
ПОССу8-3	240	290	-	10500	0,207	-
ПОССу5-1	275	308	-	11200	0,200	-
ПОССу4-6	244	270	-	10700	0,208	-
ПСрО10-90	-	280	-	7600	12,9	-
ПСрОСу8	-	250	-	7400	19,7	-
ПСрМО5	-	240	-	7400	16,3	-
ПСрОСЗ,5-95	-	224	-	7400	12,3	-
ПСрОСЗ-58	-	190	-	8600	14,5	-
ПСрЗ	-	315	-	11400	20,4	-
ПСрЗКд	300	325	360	8700	8,0	54
ПСр2,5	295	305	355	11000	21,4	-
ПСр2,5С	-	306	-	11300	20,7	-
ПСр2	-	238	-	9500	16,7	-
ПСрОС2-58	-	183	-	8500	14,1	-
ПСр1,5	-	280	-	10400	19,1	-

Таблица 15.2 (продолжение)

Марка припоя	Температура плавления, °C		Ориенти- ровочная температура пайки, °C	Плотность, кг/м³	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	Предел механической прочности при растяжении, МПа
	Солидус	Ликвидус				
ПСр1	–	235	–	9400	26,0	–
ПОСИ30	117	200	250	8420	–	–
ПСр3И	141	141	190	7360	–	–

Мягкие припои с низкой температурой плавления

Параметры мягких припоев с низкой температурой плавления приведены в табл. 15.3.

Мягкие припои (сплавы) с низкой температурой плавления

Таблица 15.3

Сплав	Химический состав, %						Температура плавления, °C	
	Олово	Свинец	Кадмий	Висмут	Серебро	Индий	Солидус	Ликвидус
Вуда	12–13	24,5–25,6	12–13	49–51	–	–	66	70
Розе	24,5–25,5	24,5–25,6	–	49–51	–	–	90	92
Д'Арсе	9,6	45,1	–	45,3	–	–	–	79
Липовица с индием	11,8	22,2	8,5	42	–	15,5	–	48

Примечание. Применяются в радиосхемах с полупроводниковыми приборами и в схемах, где припой используется в качестве температурного предохранителя.

Твердые серебряные и медно-фосфорные припои

Химический состав и физико-механические свойства твердых серебряных и медно-фосфорных припоев приведены в табл. 15.4.

Химический состав и физико-механические свойства
твердых серебряных и медно-фосфорных припоев

Таблица 15.4

Марка припоя	Химический состав, %				Плотность, кг/м³	Температура кристаллизации, °C		Предел прочности при растяжении, МПа
	Серебро	Медь	Цинк	Фосфор		Начало	Конец	
ПСр72	72±0,5	28±0,5	–	–	9900	779	779	–
ПСр50	50±0,5	50±0,5	–	–	9300	850	779	–
ПСр45	45±0,5	30±0,5	25 ⁺¹ _{–1,5}	–	9100	725	660	300
ПСр25	25±0,3	40±1	35±2,5	–	8700	775	745	280
ПСр71	71±0,5	28±0,7	–	1 ±0,2	9800	795	750	–
ПСр25ф	25±0,5	70±1	–	5±0,5	8500	710	650	–
ПСр15	15±0,5	80,2±1	–	4,8±0,2/–0,3	8300	810	635	–
ПМФ7 (МФ3)	–	Остальное	–	7–8,5	–	860	710	–

Медно-цинковые и медно-никелевые твердые припои

Параметры медно-цинковых и медно-никелевых твердых припоев приведены в табл. 15.5.

Медно-цинковые и медно-никелевые твердые припои

Таблица 15.5

Марка припоя	Химический состав, %							Физические свойства			
	Медь	Никель	Железо	Кремний	Бор	Цинк	Олово	Температура кристаллизации, °С		Плотность, кг/м³	Предел прочности при растяжении, МПа
								Солнцус	Линкандус		
Л63	62–65	–	–	–	–	Остальное	–	900	905	8500	310
ЛОК59-0,1-0,3	60,5–63,5	–	–	0,2–0,4	–	Остальное	0,7–1,1	890	905	8200	–
ПЖЛ1500	Остальное	27–30	41,5	1,5–2	0,2	–	–	1080	1120	8630	600

Серебряные припои с пониженной температурой плавления

Параметры серебряных припоев с пониженной температурой плавления приведены в табл. 15.6.

Серебряные припои с пониженной температурой плавления

Таблица 15.6

Марка припоя	Химический состав, %						Плотность, кг/м³	Температура кристаллизации, °С	
	Серебро	Медь	Цинк	Кадмий	Олово	Никель		Начало	Конец
ПСр50Кд	50±0,5	16±1	16±2	18±1	–	–	9300	650	635
ПСр40	40±1	16,7+0,7/–0,4	17+0,8/–0,4	26+0,5/–1	–	0,3±0,2	8400	605	595
ПСр62	62±0,5	28±1	–	–	10±1,5	–	9700	700	660

Области применения твердых припоев

Преимущественные области применения твердых припоев приведены в табл. 15.7.

Преимущественные области применения твердых припоев

Таблица 15.7

Марка припоя	Область применения
ПСр72; ПСр50	Пайка металлокерамических контактов и различных ответственных токоведущих соединений, подвергающихся изгибающим и ударным нагрузкам
ПСр45	Пайка меди и ее сплавов, нержавеющей и конструкционных сталей. Пайка короткозамкнутых обмоток роторов и демпферных обмоток высоконагруженных электрических машин. Припой обеспечивает высокую плотность и прочность паяных швов
ПСр25	Пайка меди и ее сплавов, нержавеющей и конструкционных сталей, заменяет припой ПСр45 при выполнении менее ответственных соединений
ПСр71	Пайка деталей аналогично припою ПСр72, но где требуется большая жидкотекучесть
ПСр25ф; ПСр15; ПМФ7	Пайка меди и ее сплавов, в том числе различных токоведущих частей машин и аппаратов, не испытывающих ударных и изгибающих нагрузок
Л63; ЛОК59-0,1-0,3	Пайка меди и чугуна. Паяные соединения обладают высокой прочностью и хорошо работают в условиях ударных и изгибающих нагрузок
ПЖЛ500	Пайка соединений, работающих при температурах до 600 °С

Медно-фосфорные припои

Параметры медно-фосфорных припоев приведены в табл. 15.8.

Медно-фосфорные припои

Таблица 15.8

Марка припоя	Химический состав, %		Температура плавления, °С
	Медь	Фосфор	
ПФМ-1	90,0–91,5	8,5–10	725–850
ПФМ-2	92,5	7,5	710–715
ПФМ-3	91,5–93,0	7,0–8,5	725–860
ПМФ7 (МФ3)	Остальное	7,0–8,5	710–860

ПРИМЕЧАНИЕ

Для медно-фосфорных и серебряных припоев в качестве флюса применяют буру в виде порошка или в смеси с поваренной солью.

Припои для пайки алюминия

Параметры припоев для пайки алюминия приведены в табл. 15.9 и в табл. 15.10.

Преимущественные области применения припоев для пайки алюминия П250А, П300А и П300Б приведены в табл. 15.11.

ONLINE ВИДЕО



Как паять твердыми припоями?

Химический состав и физические свойства припоев для пайки алюминия

Таблица 15.9

Марка припоя	Химический состав, %						Температура плавления, °С	Предел механической прочности при растяжении, МПа
	Алюминий	Медь	Олово	Цинк	Кадмий	Кремний		
Кадмиевый	–	–	36	40	24	–	–	85
АВИА-1	–	–	55	25	20	–	20	–
АВИА-2	15	–	40	25	20	–	250	–
ВПТ-4	55	–	–	40	–	5	410	–
34-А	66	28	–	–	–	6	545	180
35-А	72	2,1	–	–	–	7	540	140
А	–	2,0–1,5	40	58,5	–	–	425	80
В	12	8	–	80	–	–	410	185
ЦО-12	–	–	12	88	–	–	500–550	–
ЦА-15	15	–	–	85	–	–	550–600	–

Другие припои для пайки алюминия

Таблица 15.10

Марка припоя	Химический состав, %					Температура полного расплавления, °С	Температура пайки, °С	Плотность, кг/м³
	Олово О1	Цинк	Кадмий	Алюминий А7	Медь М0			
П250А	79–81	19–21	–	–	0,15	250	300	7300
П300А	–	50–61	39–41	–	0,045	310	360	7730
П300Б	–	80	–	8	0,5	410	700–750	–

Преимущественные области применения припоев для пайки алюминия

Таблица 15.11

Марка припоя	Область применения
П250А	Лужение концов алюминиевых проводов, а также пайка погружением алюминиевых проводов с алюминиевыми и медными наконечниками
П300А	То же, пайка соединений с повышенной коррозионной стойкостью
П300Б	Пайка заливкой алюминиевых проводов с алюминиевыми и медными деталями

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Марки припоев,
состав и свойства,
применение: от чего
зависит выбор?

ONLINE ВИДЕО



Каким припоем лучше
паять: серебряным
или медно-фосфорным.
Разбираем вместе
с компанией «Castolin»

ПАЯЛЬНЫЕ ФЛЮСЫ

|| Классификация флюсов и система их обозначений

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Паяльные флюсы – вещества и соединения, применяемые для предотвращения образования оксидной пленки на поверхности припоя и паяемого материала, а также удаления продуктов окисления из зоны пайки. Температура плавления флюсов ниже, чем температура плавления припоя. Флюсы применяют в твердом, пастообразном и порошкообразном состоянии, а также в виде водных, спиртовых или глицериновых растворов.

Флюсы, применяемые при пайке, классифицируются по: температурному интервалу активности; природе растворителя; природе активатора определяющего действия; механизму действия; агрегатному состоянию.

В зависимости от температурного интервала активности паяльные флюсы подразделяются на: низкотемпературные ($\leq 450\text{ }^{\circ}\text{C}$); высокотемпературные ($> 450\text{ }^{\circ}\text{C}$).

По природе растворителя паяльные флюсы подразделяются на: водные; неводные.

По природе активаторов определяющего действия низкотемпературные паяльные флюсы подразделяются на: канифольные; кислотные; галогенидные; гидразиновые; фторборатные; анилиновые; стеариновые.

По природе активаторов определяющего действия высокотемпературные паяльные флюсы подразделяются на: галогенидные; фторборатные; боридно-углекислые.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если флюс содержит несколько активаторов, необходимо называть все активаторы. Например, канифольно-галогенидный, фторборатно-галогенидный флюс.

По механизму действия паяльные флюсы подразделяются на: защитные; химического действия; электрохимического действия; реактивные.

По агрегатному состоянию паяльные флюсы подразделяют на: твердые; жидкие; пастообразные.

ONLINE ВИДЕО

Чем отличаются флюс, канифоль и паяльная кислота

Флюсы для пайки мягкими и полутвердыми припоями

Параметры флюсов для пайки мягкими и полутвердыми припоями приведены в табл. 16.1.

Флюсы для пайки мягкими и полутвердыми припоями
(нормали электротехники ОАА.614.017-67 и ОАА.614.028-68)

Таблица 16.1

Марка	Назначение	Основные данные флюсов		Отмывка после пайки
		Компонент	Состав, %	
К	Лужение и пайка токоведущих частей из меди и ее сплавов	Канифоль сосновая	100	Не требуется
КСП	Лужение и пайка токоведущих частей из меди и ее сплавов	Канифоль сосновая	25	
		Спирт этиловый технический марки Б	75	
ФПП	Лужение и пайка токоведущих частей из меди и ее сплавов	Смола полиэфирная марки ПА9	20–30	
		Метилэтилкетон или этилацетат	80–70	Тампоном или кистью, смоченными в растворителе, например, спирте
СТУЗО-12224-61	Лужение и пайка деталей из меди, никеля и их сплавов и деталей с покрытиями медью, оловом, кадмием, серебром и цинком	Канифоль сосновая	20–35	
		Диэтиламин солянокислый	3–5	
		Триэтилоламин	1–2	
		Спирт этиловый технический марки Б	Остальное	
Ф59АОАА. 614.017-67	Лужение и пайка алюминия и сплава АМц между собой и с медью и ее сплавами	Кадмий борфторид	10	Проточной горячей водой или спиртом
		Цинк борфторид	3	
		Аммоний борфторид	5	
		Триэтилоламин	82	
34А ОАА. 614.017-67	Пайка алюминия и его сплавов (температура плавления 420 °С)	Кадмий фтористый	50±6	Горячей, затем холодной проточной водой
		Литий хлористый	32±6	
		Цинк хлористый	8±2	
		Натрий фтористый	10±1	

Таблица 16.1 (продолжение)

Марка	Назначение	Основные данные флюсов		Отмывка после пайки
		Компонент	Состав, %	
ЛМ1	Лужение и пайка железоникелевых сплавов и нержавеющей сталей	Канифоль сосновая	20–35	Тампоном или кистью, смоченными в растворителе, например, спирте
		Диэтиламин солянокислый	3–5	
		Триэтанолламин	1–2	
		Спирт технический марки Б	Остальное	
Ф38Н	Лужение и пайка никрома между собой и с медью	Диэтиламин солянокислый	25–30	Горячей водой или кистью, смоченной в спирте
		Этиленгликоль	Остальное	
		Кислота ортофосфорная	29–25	

Флюсы для пайки меди и ее сплавов

Параметры флюсов для пайки меди и ее сплавов приведены в табл. 16.2.

Флюсы для пайки – состав и способы удаления остатков флюса

Таблица 16.2

Марка	Состав		Удаление остатков флюса после пайки
	Компонент	%	
ФКСп (ФКЭт)	Канифоль сосновая	10–60	Этиловый спирт или спирто-бензиновая смесь 1:1
	Спирт этиловый или этилацетат	90–40	
ФКДТ	Канифоль сосновая	10–20	
	Диметилалкилбензил-аммонийхлорид	0,1–3,0	
	Трибутилфосфат	0,01–0,10	
	Спирт этиловый или этилацетат	89,9–76,9	
ЛТИ-120	Канифоль сосновая	20–25	Горячая проточная вода (70±10 °С) или спирто-бензиновая смесь 1:1
	Диэтиламин солянокислый	3–5	
	Триэтанолламин	1–2	
	Спирт этиловый	76–68	
	Гидразин солянокислый	2–4	
ФГСп	Этиленгликоль или глицерин	25–50	Горячая проточная вода (70±10 °С) или спирто-бензиновая смесь 1:1
	Спирт этиловый	73–46	
	Семикарбазид гидрохлорид	2–4	
ФСкСп	Этиленгликоль или глицерин	25–50	
	Спирт этиловый	73–46	
ФСкПс	Семикарбазид гидрохлорид	3–5	Спирто-бензиновая смесь 1:1
	Глицерин	70–58	
	Полиокс-100 или полиокс-115	27–37	
ФТС	Кислота салициловая	4,0–4,5	
	Триэтанолламин	1,0–1,5	
	Спирт этиловый	95–94	

Таблица 16.2 (продолжение)

Марка	Состав		Удаление остатков флюса после пайки
	Компонент	%	
ФДГл	Диэтиламин солянокислый	4–6	Горячая проточная вода (70±10 °С)
	Глицерин	96–94	
ФЦА	Цинк хлористый	45,5	Горячая проточная вода (70±10 °С) и нейтрализующие реактивы
	Аммоний хлористый	9	
	Вода	45,5	
	Гидрат окиси цинка	До выпадения осадка	
ФДФс	Диэтиламин солянокислый	20–25	Горячая проточная вода (70±10 °С) или спирто-бензиновая смесь 1:1
	Этиленгликоль	60–50	
	Кислота ортофосфорная (уд. вес 1,7)	20–25	
ЖЗ-1-АП	Масло цилиндрическое «52» или «КС-19»	79–81	Спирто-бензиновая смесь 1:1, трихлорэтилен, ацетон
	Кремнийорганическая жидкость ПФМС-6	16–17	
	Олеиновая кислота	4,9–1,8	
	Антиоксидант НГ-2246	0,1–0,2	
ЖЗ-2-АП	Масло цилиндрическое «52» или «КС-19»	58,52–69,75	
	Кремнийорганическая жидкость ПФМС-6	21,65–10,66	
	Хлопковое масло	11,0–10,64	
	Олеиновая кислота	8,79–9,02	
	Антиоксидант НГ-2246	0,04–0,03	
284	Борный ангидрид	23–27	Горячая проточная вода (70±10 °С) и холодная проточная вода
	Калий фтористый	33–37	
	Калий борфтористо-водородный	44–36	
209	Борный ангидрид	33–37	
	Калий фтористый	40–44	
	Калий борфтористо-водородный	27–19	
200	Борный ангидрид	70–62	Горячая проточная и нейтрализующие реактивы
	Натрий тетраборнокислый (бура)	17–21	
	Кальций фтористый	13–17	
34А	Калий хлористый	56–44	Горячая проточная и нейтрализующие реактивы
	Литий хлористый	29–35	
	Цинк хлористый	6–10	
	Натрий фтористый	9–11	
Ф370А	Калий хлористый	51–46	
	Литий хлористый	36–39	
	Натрий фтористый	4–5	
	Кадмий хлористый	9–10	
16ВК	Натрий хлористый	12	
	Калий хлористый	44	
	Литий хлористый	34	
	Эвтектика (алюминий фтористый – 54 %, калий фтористый – 46 %)	10	

Флюсы для пайки и сварки алюминия

Параметры флюсов для пайки и сварки алюминия приведены в табл. 16.3.

Флюсы для пайки и сварки алюминия

Таблица 16.3

Марка	Состав, %						Температура плавления, °С	Применение
	Калий хлористый	Натрий хлористый	Литий хлористый	Натрий фтористый	Криолит марки К-1	Магний хлористый		
ВАМИ	50–55	30–35	–	–	10–20	–	630	Для оконцевания жил проводов и кабелей
АФ-4А	50	28	14	8	–	–	>> 600	Только для соединения жил кабелей в муфтах
ХП	50	–	30	–	–	20	–	–

Влияние остатков флюса на изоляцию

Влияние остатков флюса на изоляцию и их коррозионное действие

Таблица 16.4

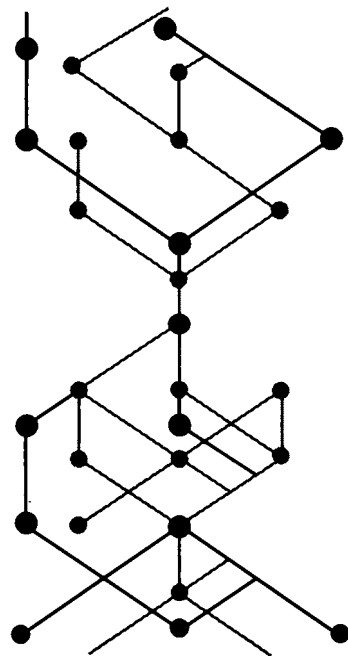
Марка	Влияние остатков флюса на сопротивление изоляции	Коррозионное действие остатков флюса			
		на медь	на серебряное покрытие	на оловянно-свинцовое покрытие	на никелевое покрытие
ФКСп (ФКЭт) ФКДТ	не влияют	не оказывают			
ЛТИ-120 ФГСп ФСкСп	снижают	оказывают	не оказывают		
ФСкПс	снижают	оказывают	не оказывают	оказывают	не оказывают
ФТС	снижают	оказывают слабое	не оказывают		
ФДГл	снижают	оказывают	оказывают слабое	не оказывают	н/д
ФДФс	снижают	оказывают	не оказывают	не оказывают	оказывают
ФЦА	снижают	оказывают			
ЖЗ-1-АП ЖЗ-2-АП	не влияют	не оказывают		–	

При пайке медных жил, а также проводников заземления к броне и свинцовой оболочке кабелей используют паяльную пасту (мас. част.): канифоль — 10, жир животный — 3, аммоний хлористый — 2, цинк хлористый — 1, вода или этиловый спирт (ректификат) — 1.

В качестве флюса также часто используется паяльная паста: канифоль — 2,5 %, сало — 5 %, цинк хлористый — 20 %, аммоний хлористый — 2 %, вазелин технический — 65,5 %, вода дистиллированная — 5 %.

ПРОВОДА И ШНУРЫ

- *Обмоточные провода*
- *Провода высокого сопротивления*
- *Монтажные провода и кабели*
- *Установочные и силовые провода*
- *Соединительные шнуры и гибкие провода*



ОБМОТОЧНЫЕ ПРОВОДА

Классификация обмоточных проводов

Основное назначение обмоточных проводов — изготовление обмоток трансформаторов/дросселей, катушек реле, электрических машин и др.

Обмоточные провода с эмалевой изоляцией подразделяются по следующим параметрам и обозначаются буквами:

- ♦ по типу эмалевой изоляции: поливинилацетатная (В — винифлекс, М — металвин, У — полиуретановая, Э — полиэфирная, И — полиамидная, АИ — полиамидимидная, ЭИ — полиэфиримидная, Ф — полиэфирциануритимидная фреоностойкая);
- ♦ по форме сечения: без буквы — круглые, П — прямоугольные;
- ♦ по толщине изоляции: тип 1 — 1, тип 2 — без цифры;
- ♦ по конструктивному исполнению изоляции: без буквы — однослойная, Д — двухслойная, Т — трехслойная, Ч — четырехслойная,

К — с термопластическим покрытием, склеивающимся под воздействием температуры;

- ♦ по температурному индексу, °С — 105, 120, 130, 155, 180, 200, 220 и выше;
- ♦ по материалу проволоки: без буквы — медная, БЖ — медная безжелезистая, МН — медная никелированная, А — алюминиевая мягкая, АТ — алюминиевая твердая из сплавов: ММ — марганциновая мягкая, МТ — марганциновая твердая, КМ — константановая мягкая, КТ — константановая твердая, НК — никель-кобальтовая.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*Обмоточные
провода.
Виды и маркировка*

Провода обмоточные с эмалевой изоляцией, разработанные до 1987 г., сохранили прежнюю систему обозначений:

- ♦ ПЭЛ — провода медные, изолированные лаками на масляной основе;
- ♦ ПЭВ-1 и ПЭВ-2 — провода медные, изолированные лаком ВЛ-931;
- ♦ ПЭТ-155 — провода медные, изолированные эмалевым лаком на полиэфиримидной основе;
- ♦ ПЭШО — провода медные с эмалевоволокнистой изоляцией, изолированные одним слоем шелковой нити;
- ♦ ПЭЛО — изолированные одним слоем полиэфирных нитей;
- ♦ ПЭБО — изолированные одним слоем хлопчатобумажной пряжи.

В соответствии с ГОСТ 26615-85 введено новое обозначение обмоточных проводов с эмалевой изоляцией, например: **ПЭАИ-2000, 100** — эмалированный провод с медной проволокой, круглый с полиамидной изоляцией с толщиной изоляции по типу 1, температурным индексом 200 °С и номинальным диаметром 0,1 мм.

Высокочастотные обмоточные провода (литцендраты) предназначены для изготовления высокочастотных катушек контуров с высокой добротностью. Представляют собой пучок медных проволок диаметром 0,05; 0,07; 0,1; 0,2 мм в эмалевой изоляции каждый.

Высокочастотные обмоточные провода:

- ♦ ЛЭП, ЛЭЛ — без дополнительной изоляции;
- ♦ ЛЭЛД — с шелковой и лавсановой оплетками в два слоя;
- ♦ ЛЭЛО — то же, в один слой;
- ♦ ЛЭПКО — с капроновой оплеткой;
- ♦ ЛЭШД — с шелковой оплеткой в два слоя;
- ♦ ЛЭШО — то же, в один слой.

ONLINE ВИДЕО



*Обмоточные
провода
(эмалированный,
литцендрат, TIW)*

ONLINE ВИДЕО



*Обмоточный
провод ПЭТВ-2*

Медные обмоточные провода

Медные обмоточные провода предназначены для изготовления обмоток трансформаторов, дросселей, электромагнитных реле, катушек колебательных контуров и т. п. Эти провода могут иметь покрытие (изоляцию) из эмали, волокнистых материалов или комбинированное покрытие из эмали и волокнистых материалов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эмаль обладает лучшими электроизоляционными свойствами, чем волокнистые материалы, поэтому эмалированные провода имеют меньшие диаметры, чем провода с изоляцией из волокнистых материалов.

Для проводов, указанных в табл. 17.1 минимальная рабочая температура 60 °С, ресурс работы при максимальной рабочей температуре — 20 000 ч.

ONLINE ВИДЕО

Провод ПЭВ-1,
ПЭВ-2, диаметр,
сечение
и допустимый
нагрузочный ток

Основные параметры медных обмоточных проводов

Таблица 17.1

Номинальный диаметр провода, мм	Площадь сечения провода, мм ²	Сопротивление 1 км провода при 20 °С	Максимальный наружный диаметр, мм					Масса 1 км провода, кг		
			Тип 1	Тип 2	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО
0,020	0,00031	54,900	0,025	0,027	0,027	—	—	0,0031	—	—
0,025	0,00049	35,100	0,031	0,034	0,034	—	—	0,0048	—	—
0,032	0,00080	21,400	0,040	0,043	0,043	—	—	0,0068	—	—
0,040	0,00130	13,700	0,050	0,054	0,050	—	—	0,0118	—	—
0,050	0,00200	8,800	0,062	0,068	0,062	0,080	0,14	0,0182	0,019	0,038
0,063	0,00300	5,500	0,078	0,085	0,078	0,090	0,16	0,0290	0,029	0,049
0,071	0,00400	4,400	0,088	0,095	0,086	0,100	0,16	0,0367	0,039	0,059
0,080	0,00500	3,400	0,098	0,105	0,095	0,110	0,17	0,0464	0,050	0,070
0,090	0,00640	2,700	0,110	0,117	0,105	0,120	0,18	0,0580	0,063	0,084
0,100	0,00780	2,200	0,121	0,129	0,120	0,130	0,19	0,0730	0,076	0,096
0,112	0,01000	1,800	0,134	0,143	0,135	0,140	0,20	0,0900	0,094	0,118
0,125	0,01200	1,400	0,149	0,159	0,145	0,155	0,22	0,1130	0,117	0,142
0,140	0,01500	1,100	0,166	0,176	0,160	0,170	0,23	0,1410	0,145	0,173
0,150	0,01800	1,000	0,176	0,187	0,170	0,190	0,24	0,1620	0,166	0,186
0,160	0,02000	0,860	0,187	0,199	0,180	0,200	0,25	0,1850	0,189	0,220
0,170	0,02200	0,760	0,198	0,210	0,190	0,210	0,26	0,2080	0,213	0,245
0,180	0,025	0,680	0,209	0,222	0,200	0,220	0,27	0,232	0,237	0,271
0,190	0,028	0,610	0,220	0,234	0,210	0,230	0,28	0,259	0,264	0,299
0,200	0,031	0,550	0,230	0,245	0,225	0,240	0,30	0,287	0,292	0,324
0,210	0,035	0,500	0,243	0,258	0,235	0,250	0,31	0,316	0,322	0,354
0,224	0,039	0,440	0,256	0,272	0,249	0,270	0,33	0,358	0,366	0,399
0,250	0,049	0,350	0,284	0,301	0,275	0,300	0,35	0,446	0,454	0,495
0,265	0,055	0,310	0,300	0,320	0,290	0,3150	0,39	0,503	0,510	0,550

Таблица 17.1 (продолжение)

Номинальный диаметр провода, мм	Площадь сечения провода, мм ²	Сопротивление 1 км провода при 20 °С	Максимальный наружный диаметр, мм					Масса 1 км провода, кг		
			Тип 1	Тип 2	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО	ПЭЛ	ПЭВ-2	ПЭШО
0,280	0,062	0,280	0,315	0,334	0,315	0,330	0,40	0,560	0,568	0,610
0,300	0,070	0,240	0,337	0,355	0,335	0,350	0,42	0,645	0,652	0,695
0,315	0,078	0,220	0,352	0,371	0,352	0,365	0,44	0,710	0,690	0,760
0,335	0,088	0,200	0,374	0,393	0,372	0,385	0,46	0,809	0,784	0,857
0,355	0,098	0,170	0,385	0,414	0,396	0,415	0,48	0,899	0,884	0,966
0,380	0,110	0,150	0,421	0,441	0,420	0,440	0,50	1,000	1,013	1,100
0,400	0,120	0,140	0,442	0,462	0,440	0,460	0,52	1,140	1,150	1,210
0,425	0,140	0,120	0,469	0,489	0,470	0,490	0,55	1,290	1,300	1,360
0,450	0,160	0,110	0,495	0,516	0,495	0,510	0,59	1,440	1,450	1,530
0,475	0,180	0,100	0,521	0,543	0,525	0,540	0,61	1,610	1,650	1,700
0,500	0,240	0,088	0,548	0,569	0,548	0,570	0,63	1,780	1,790	1,870
0,530	0,220	0,078	0,579	0,600	0,578	0,600	0,66	2,000	2,010	2,100
0,560	0,280	0,070	0,611	0,632	0,630	0,630	0,69	2,230	2,250	2,330
0,600	0,180	0,061	0,653	0,676	0,650	0,670	0,73	2,560	2,580	2,670
0,630	0,310	0,055	0,684	0,706	0,680	0,700	0,76	2,820	2,850	2,930
0,670	0,350	0,049	0,726	0,749	0,720	0,750	0,80	3,180	3,220	3,300
0,710	0,400	0,043	0,761	0,790	0,770	0,790	0,85	3,590	3,610	3,700
0,750	0,440	0,039	0,809	0,832	0,810	0,840	0,90	4,000	4,030	4,130
0,800	0,500	0,034	0,861	0,885	0,860	0,890	0,95	4,540	4,570	4,680
0,850	0,570	0,030	0,913	0,937	0,910	0,940	1,00	5,120	5,150	5,270
0,900	0,640	0,027	0,965	0,990	0,960	0,990	1,05	5,740	5,780	5,900
0,950	0,710	0,024	1,017	1,041	1,020	1,040	1,10	6,390	6,430	6,550
1,000	0,780	0,022	1,068	1,093	1,070	1,100	1,16	7,090	7,140	7,270
1,060	0,880	0,019	1,130	1,155	1,140	1,160	1,22	7,960	8,020	8,150
1,120	0,980	0,017	1,192	1,217	1,200	1,220	1,28	8,890	8,940	9,080
1,180	1,100	0,016	1,254	1,279	1,260	1,280	1,34	9,850	9,910	10,100
1,250	1,230	0,014	1,325	1,351	1,330	1,350	1,41	11,000	11,100	11,300
1,320	1,370	0,012	1,397	1,423	1,400	1,420	1,48	12,300	12,410	12,500
1,400	1,540	0,011	1,479	1,506	1,480	1,510	1,56	13,900	13,900	14,100
1,500	1,770	0,010	1,582	1,608	1,580	1,610	1,68	15,900	15,900	16,200
1,600	2,000	0,008	1,683	1,711	1,680	1,710	-	18,100	18,100	-
1,700	2,260	0,007	1,785	1,813	1,780	1,810	-	20,400	20,400	-
1,800	2,540	0,006	1,888	1,916	1,890	1,920	-	22,800	22,900	-
1,900	2,830	0,006	1,990	2,020	1,990	2,020	-	25,400	25,500	-
2,000	3,140	0,005	2,089	2,120	2,100	2,120	-	28,200	28,200	-
2,120	3,530	0,005	2,210	2,240	2,220	2,240	-	31,600	31,800	-
2,240	3,940	0,004	2,340	2,370	2,340	2,370	-	35,200	35,400	-
2,360	4,370	0,004	2,460	2,490	2,460	2,490	-	39,200	39,300	-
2,500	4,900	0,003	2,600	2,630	2,600	2,630	-	43,900	44,100	-

Высокочастотные обмоточные провода

Высокочастотные обмоточные провода (литцендраты), предназначены для изготовления высокочастотных катушек индуктивности с высокой добротностью. Эти провода представляют собой пучок эмалированных проводов, диаметром 0,05...0,2 мм, перевитых особым способом, благодаря чему в пучке ослабляется поверхностный эффект и, следовательно, уменьшается сопротивление провода токам высокой частоты.

Ниже представлены высокочастотные обмоточные провода следующих марок: ЛЭЛ и ЛЭП — без дополнительной изоляции пучка; ЛЭЛО — с обмоткой из шелка с лавсаном в один слой; ЛЭПКО — с обмоткой из капронового волокна в один слой; ЛЭШО — с обмоткой из натурального шелка в один слой; ЛЭЛД — с обмоткой из шелка с лавсаном в два слоя; ЛЭШД — с обмоткой из натурального шелка в два слоя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Провода марок ЛЭП и ЛЭПКО, перед лужением не требуют зачистки и применения каких-либо травильных составов.

В табл. 17.2 приведены основные параметры высокочастотных обмоточных проводов.

Основные параметры высокочастотных обмоточных проводов

Таблица 17.2

Диаметр провода, мм	Число проволок в пучке	Площадь сечения провода, мм ²	Сопротивление 1 км провода, Ом	Диаметр провода, мм					Масса 1 км провода, кг				
				лэл	лэш, лэло	лэлд, лэшд	лэп	лэпко	лэл	лэш, лэло	лэлд, лэшд	лэп	лэпко
0,05	10	0,02	1012	0,25	0,32	0,38	-	-	0,19	0,24	0,31	-	-
	16	0,03	634	0,31	0,38	0,44	-	-	0,31	0,37	0,44	-	-
	20	0,04	507	0,34	0,41	0,47	-	-	0,34	0,46	0,54	-	-
	50	0,10	209	-	-	0,71	-	-	-	-	1,2	-	-
0,06	3	0,008	2300	-	-	-	0,20	-	-	-	-	0,08	-
	5	0,014	1380	-	-	-	0,25	-	-	-	-	0,14	-
0,07	3	0,011	1660	-	-	-	0,22	-	-	-	-	0,11	-
	8	0,031	624	0,29	0,36	0,42	0,35	0,40	0,30	0,35	0,42	0,31	0,33
	10	0,038	499	0,33	0,40	0,46	0,39	0,44	0,37	0,43	0,50	0,39	0,41
	12	0,046	416	-	0,42	0,48	0,42	0,47	-	0,50	0,59	0,46	0,47
	16	0,062	312	-	0,47	0,54	0,47	0,52	-	0,67	0,76	0,62	0,66

ONLINE ВИДЕО



*Литцендрат.
Изготовление
собственными
руками*

Таблица 17.2 (продолжение)

Диаметр провода, мм	Число проволок в пучке	Площадь сечения провода, мм ²	Сопротивление 1 км провода, Ом	Диаметр провода, мм					Масса 1 км провода, кг				
				ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО	ЛЭЛ	ЛЭШО, ЛЭЛО	ЛЭЛД, ЛЭШД	ЛЭП	ЛЭПКО
0,07	20	0,077	249	-	0,52	0,59	0,53	0,57	-	0,83	0,92	0,78	0,81
	27	0,104	190	-	0,58	0,65	-	-	-	1,10	1,21	-	-
	32	0,123	161	-	0,63	0,70	-	-	-	1,28	1,41	-	-
	50	0,193	103	-	0,82	0,89	-	-	-	2,01	2,18	-	-
	60	0,231	86	-	0,92	0,98	-	-	-	2,40	2,58	-	-
	80	0,308	64	-	1,00	1,07	-	-	-	3,17	3,36	-	-
	120	0,462	43	-	1,19	1,26	-	-	-	4,70	4,92	-	-
	160	0,616	32	-	1,48	1,55	-	-	-	6,24	6,52	-	-
	250	0,963	21	-	1,82	1,89	2,06	2,03	-	9,69	10,1	9,77	9,76
	630	2,42	8	-	2,98	3,18	-	-	-	25,0	26,2	-	-
	1075	4,23	5	-	3,80	4,00	-	-	-	43,2	44,7	-	-
0,1	9	0,07	276	0,44	0,51	0,58	0,48	0,53	0,68	0,74	0,83	0,68	0,71
	12	0,09	207	0,50	0,57	0,64	0,54	0,59	0,90	0,97	1,08	0,92	0,93
	14	0,11	177	0,54	0,61	0,68	0,58	0,63	1,05	1,13	1,23	1,07	1,09
	16	0,13	155	0,67	0,64	0,71	0,61	0,66	1,23	1,35	1,42	1,23	1,27
	19	0,15	131	0,60	0,67	0,74	-	-	1,43	1,55	1,68	-	-
	21	0,165	115	0,64	0,71	0,78	0,69	0,73	-	1,73	1,84	1,61	1,66
	24	0,188	103	0,68	0,75	0,82	0,74	0,78	1,81	1,93	2,07	1,84	1,89
	28	0,220	91	0,74	0,81	0,88	0,80	0,84	2,11	2,25	2,39	2,15	2,19
	32	0,251	79	0,79	0,86	0,93	0,86	0,90	2,41	2,55	2,71	2,46	2,51
	35	0,275	73	0,83	0,90	0,97	0,90	0,93	2,63	2,78	2,95	2,68	2,74
	49	0,385	52	1,04	-	1,18	1,13	1,16	3,73	3,92	4,12	3,80	3,86
	70	0,550	36	1,23	1,30	1,37	1,33	1,36	5,34	5,56	5,80	5,43	5,49
	84	0,659	30	1,35	1,42	1,49	1,45	1,48	6,40	6,64	6,90	6,51	6,56
	105	0,824	24	1,50	1,57	1,64	1,63	1,65	8,07	8,27	8,55	8,15	8,19
	119	0,934	21	1,57	1,64	1,71	1,70	1,72	9,07	9,35	9,65	9,23	9,25
	147	1,154	17	1,75	1,82	1,89	2,06	11,2	11,5	11,8	11,4	-	-
	175	1,354	15	2,08	2,25	2,22	2,25	2,27	13,3	13,7	14,0	13,6	13,6
0,2	7	0,220	84	0,78	0,75	0,82	0,72	0,76	2,11	2,25	2,39	2,15	2,19
	9	0,283	65	0,82	0,89	0,96	-	-	2,68	2,83	3,00	-	-
	12	0,377	49	0,94	1,01	1,08	-	3,56	3,73	3,92	-	-	-
	15	0,425	42	-	-	-	1,05	-	-	-	4,07	-	-
	49	1,54	12	1,99	2,1	2,2	-	-	14,7	15,2	15,8	-	-

ПРОВОДА ВЫСОКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

|| Основные характеристики проводов высокого сопротивления

Провода высокого сопротивления из **манганина, никелина, нейзельберга, реотана, константана, нихрома, фехраля, хромаля** предназначены для изготовления резисторов, шунтов, спиралей, нагревательных приборов.

Манганин, обладающий малым ТКР (температурным коэффициентом сопротивления), большим удельным сопротивлением и малой термоэдс в контакте с медью используют для изготовления образцовых резисторов, магазинов сопротивлений, шунтов к измерительным приборам и добавочных сопротивлений к вольтметрам.

Для изготовления реостатов и балластных резисторов используют проволоку из никелина, нейзельберга, реотана и константана, а в нагревательных приборах — из нихрома, фехраля и хромаля.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Проводниковые
материалы
с большим удельным
сопротивлением

ПРИМЕЧАНИЕ

Манганиновые и константановые провода изготавливаются из твердой и мягкой проволоки, а нихромовые провода только из мягкой проволоки.

Константановые провода, изолированные эмалями на масляных лаках (марка ПЭК), изготавливаются из твердой проволоки диаметром 0,0—0,09 мм и из твердой и мягкой проволоки диаметром 0,1—0,15 мм.

Манганиновые провода, изолированные эмалями на масляных лаках изготавливаются из твердой (марка ПЭМТ) и мягкой (марка ПЭММ) проволоки.

Нихромовые провода, изолированные масляной эмалью, выпускаются под маркой ПЭНХ. Кроме упомянутых, выпускаются эмалированные высокопрочные константановые, манганиновые и нихромовые провода с повышенной толщиной изоляции (маркируются соответственно цифрами 1 и 2).

ПРИМЕЧАНИЕ

Термостойкость всех проводов (кроме нихромовых марки ПЭНХ) такая же, как у медных проводов с соответствующей изоляцией.

Основные параметры проводов из манганина, константана и нихрома приведены в табл. 18.1.

Сопротивление 1 м провода высокого сопротивления при 20 °С, Ом

Таблица 18.1

Диаметр жилы, мм	Манганин		Константан		Нихром	
	мягкий	твердый	мягкий	твердый	X15H60	X20H80
0,02	–	1370	–	–	–	3374
0,025	–	876	–	–	–	2160
0,03	606	655	655	693	1528	1500
0,04	342	369	369	390	857	844
0,05	220	237	237	260	550	535
0,06	152	164	164	172	386	379
0,07	112	121	121	127	281	278
0,08	85,4	73,1	77	79	216	213
0,09	67,7	65,2	67	69	170	168
0,10	54,8	59,2	59,2	62,4	138	136
0,12	38,1	41,1	41,1	43,6	95,7	94,7
0,15	24,3	26,3	26,3	27,7	61,1	60,5
0,18	16,9	18,0	18,0	19,0	43	42,1
0,20	13,7	14,8	14,8	15,6	35,3	34,1
0,22	11,3	–	12,1	12,9	29,2	28,2
0,25	8,8	9,5	9,5	10	22,6	21,8
0,28	–	–	7,55	7,96	18	17,4
0,30	6,1	6,6	6,6	6,9	15,3	15,2
0,32	–	–	–	–	13,8	13,3
0,35	4,5	4,8	4,8	5,1	11,3	11,1
0,38	3,8	–	4,1	4,3	–	–
0,40	3,4	3,7	3,7	3,9	8,59	8,52
0,45	2,7	2,9	2,9	3,1	7,0	6,7
0,50	2,2	2,4	2,4	2,5	5,7	5,5
0,55	1,80	1,96	1,96	2,06	–	–
0,60	1,52	1,65	1,65	1,73	4,07	3,82
0,65	1,36	1,40	1,40	1,50	–	–

Диаметр жилы, мм	Манганин		Константан		Нихром	
	мягкий	твердый	мягкий	твердый	X15H6O	X20H8O
0,70	1,12	1,21	1,21	1,27	2,91	2,84
0,75	0,97	–	1,05	1,12	–	–
0,80	0,85	0,92	0,92	0,97	2,23	2,17
0,85	–	–	0,82	0,86	–	–
0,9	0,67	0,73	0,73	0,77	1,76	1,72
1,0	0,55	0,59	0,59	0,62	1,42	1,39

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p><i>Способы соединения проводов из сплавов высокого сопротивления</i></p>	 <p><i>Проволока из сплавов сопротивления</i></p>	 <p><i>Расчет электрического сопротивления нихромовой проволоки</i></p>
---	--	--

Способы соединения проводов из сплавов высокого сопротивления

Для соединения проводов из сплавов высокого сопротивления (нихром, константан, никелин, манганин и др.) имеется несколько простейших способов сварки без применения специального инструмента.

Способ 1. С помощью нагрева током. Для соединения проводов из сплавов высокого сопротивления (нихром, константан, манганин и т. п.) можно использовать упрощенный способ сварки без применения какого-либо специального инструмента. Провода в месте их соединения следует зачистить, скрутить и пропустить через них ток такой силы, чтобы место спайки накалилось докрасна. На это место с помощью пинцета кладется кусочек ляписа, который при нагревании расплавляется, в результате чего в месте соединения возникает прочный контакт. Если диаметр свариваемой проволоки из сплава высокого сопротивления не превышает 0,15–0,2 мм, то оба конца можно сваривать другим способом. Для этого их нужно намотать на тонкую медную проволоку (диаметром 0,1–0,15 мм), причем с реостатной проволоки изоляцию можно не удалять. Затем соединенные таким способом проволочки вносят в пламя какой-либо горелки. Медь при этом начинает плавиться и образует каплю расплавленного металла, прочно соединяющую оба

реостатных провода. Оставшиеся концы медного провода отрезают, а место спайки изолируют, если это нужно.

Способ 2. С помощью тонкой медной проволоки. Если диаметр свариваемой проволоки из сплава высокого сопротивления не превышает 0,15–0,2 мм, то на концы ее наматывают тонкую медную проволоку (диаметром 0,1–0,15 мм), причем с реостатной проволоки изоляцию можно не удалять. Затем соединенные таким способом проволоочки вносят в пламя горелки. Медь при этом начинает плавиться и прочно соединяет оба реостатных провода. Оставшиеся концы медной проволоки отрезают, а место сварки изолируют, если нужно. Этот способ можно применить для соединения медных проводов с проводами из сплавов высокого сопротивления.

Способ 3. С помощью муфты. Перегоревший провод обмотки реостата или нагревательного прибора можно соединить следующим способом: концы провода в месте обрыва вытягивают на 15–20 мм и зачищают до блеска шкуркой. Затем из листовой стали или алюминия вырезают небольшую пластинку, делают из нее муфту и надевают ее на провода в месте соединения. Провода предварительно скрепляют обычной скруткой. Затем муфту плотно сжимают плоскогубцами. Соединение проводов с помощью муфты обеспечивает достаточно высокую механическую прочность, но контакт в месте соединения не всегда надежен, а это может привести к местному перегреву провода и перегоранию его.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Способы соединения
проводов

МОНТАЖНЫЕ ПРОВОДА И КАБЕЛИ

|| Назначение, классификация и выбор

Монтажные провода предназначены для электрических соединений элементов радиоэлектронной аппаратуры.

Монтажные провода выпускают одножильными и многожильными. Они бывают медные, серебряные, из нержавеющей стали, с покрытием сплавами ПОС, серебром или без покрытия.

Для выполнения жесткого навесного монтажа применяют одножильные монтажные провода в трубчатой изоляции диаметром 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,8; 2; 3; 4 мм луженые и посеребренные.

Сечение монтажного провода выбирают в зависимости от тока, проходящего по нему (табл. 19.1).



Допустимый ток для медных монтажных проводов

Таблица 19.1

Сечение провода, мм ²	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2	4	6	10
Допустимый ток, А	0,7	1,0	1,3	2,5	3,3	5	7	10	14	17	25	30	45

|| Основные параметры монтажных проводов

Основные параметры монтажных проводов приведены в табл. 19.1.

Основные параметры монтажных проводов

Таблица 19.1

Марка	Конструкция	Сечение жилы, мм ²	Максимальное рабочее напряжение, В	Интервал рабочих температур, °С
МГВ	Многопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0	220	-40 ... +70
МГВЭ	То же, экранированный	0,75; 1,0	220	-40 ... +70
МШВ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из шелка	0,07; 0,2; 0,5; 0,75; 1,5	380	-50 ... +70
МГШВ	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой из искусственного или натурального шелка и полихлорвинилом	0,14; 0,2; 0,35	500	-50 ... +70
МГШВЭ	То же, экранированный	2×0,35; 2×0,5; 2×0,75; 3×0,35; 3×0,5; 3×0,75	500	-50 ... +70
МГШВЛ	То же, лакированный	0,5	1000	-60 ... +80
МГШД	Многопроволочный, изолированный двумя слоями оплетки из искусственного шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5	60	-60 ... +90
МГШДЛ	То же, лакированный	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5	250	-60 ... +100
МГШ	Многопроволочный, изолированный одним слоем оплетки из искусственного шелка	0,05; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,05; 0,07; 0,1	24	-60 ... +90
МГШДО	Многопроволочный, изолированный двойной обмоткой и оплеткой из искусственного шелка	0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5	100	-60 ... +90
МОГ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи, лентами из лакошелка, обмоткой и оплеткой из шелка или капрона	0,3; 0,5	1000	-60 ... +60
МПМ	Многопроволочный, изолированный полиэтиленом	0,12; 0,2; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5	250	-50 ... +100
МШП	Однопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом	0,07; 0,2; 0,5; 0,75; 1,0	380	-50 ... +70
МЭВ	С многопроволочной жилой в ПВХ оболочке, экранированный	2×0,2; 2×0,35; 4×0,35	380	-50 ... +70
ПМВ	Однопроволочный, изолированный полихлорвинилом	0,2; 0,5; 0,75	380	-60 ... +70
ПМВЭ	То же, экранированный	0,1; 0,2	500	-60 ... +70
ПМВГ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75	380	-60 ... +70
ПМОВ	Однопроволочный, изолированный обмоткой из хлопчатобумажной пряжи или стекловолокна и полихлорвинилом	0,2; 0,35; 0,5; 0,75	380	-60 ... +70
ПМП	Однопроволочный, изолированный полиэтиленом	0,2; 0,5	380	-60 ... +70
МГШПЭ	Многопроволочный, изолированный обмоткой из шелка и полиэтиленом, экранированный	2×0,35; 2×0,5; 2×0,75; 2×1; 3×0,35; 3×0,5	500	-60 ... +70
МГШПЭВ	То же, изолированный полихлорвинилом	0,12; 0,2; 0,35	500	-60 ... +70
МГТЛ	Многопроволочный, изолированный обмоткой и оплеткой из лавсанового волокна, лакированный	0,12; 0,14; 0,2	250	-60 ... +150
МГТЛЭ	То же, экранированный	0,35; 0,5; 0,75	250	-60 ... +150
МГТФ	Многопроволочный, изолированный обмоткой и оплеткой из фторопластового волокна	0,07; 0,1; 0,14	250	-60 ... +220
МГТФЭ	То же, экранированный	0,1; 0,15; 0,2	250	-60 ... +220

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Монтажные
кабели – типы
и характеристики

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Параметры
и особенности
монтажных
проводов

ONLINE ВИДЕО



Монтажные
провода. Провода
для макетирования
с AliExpress

Монтажные кабели

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Монтажный кабель – это изолированный провод, жила или шнур, которые служат проводниками электроэнергии, которые используются в установке силовых токоприемников, а также внутренних проводов.

Нагревательный монтажный кабель, в отличие от стандартного провода, может иметь нихромовые или константановые жилы (до 3 шт.). Изолируются они асбестом либо силиконом, а также иными термоустойчивыми материалами. Оболочка кабеля – из меди, алюминия, свинца, нержавеющей стали. Данные изделия вполне допускают высокие токовые нагрузки, а также температуры до 400 °С.

Монтажные кабели представлены в табл. 19.2.

Монтажные кабели

Таблица 19.2

Наименование	Описание
Монтажные кабели общего назначения	
АПР, ПР	Монтажный кабель с пропитанной оплеткой, подходящий для напряжения до 500 В. Сечение его для медных жил – 0,75–400 мм ² , для алюминиевых – 2,5–400 мм ² . Используется при неподвижной прокладке в трубах либо на роликах, в пыльных и сухих помещениях с плюсовыми температурами
ПРБС, ПРКС	Монтажный кабель также с пропитанной оплеткой, но он имеет резиновую термостойкую изоляцию. Его сечение – 0,75–2,5 мм ²
ПРГ-500, ПРГ	Монтажный кабель более гибкий, чем ПРГ-500, ПРГ, благодаря чему используется в соединении подвижных элементов в электромашинах. Также применяется в стальных трубопроводах с сечением 6–35 мм ² , 0,75–24 мм ² с сухой или сырой средой
АРД (АР)	Арматурный монтажный кабель. Изготавливается из меди и имеет 1 или 2 жилы. Данное изделие идет в непропитанной оплетке, используется для арматуры с напряжением 220 В. Прокладывается для зарядки арматуры освещения в сухом помещении. Сечение составляет 0,5–0,75 мм ²

Таблица 19.2 (продолжение)

Наименование	Описание
ПРШП (ПРП)	кабель, имеющий панцирную (жесткую) обмотку из стали. Имеет 1–2–3-жилы. Сечение провода составляет 1–95 мм ² , подходит для неподвижного типа прокладки
АПРТО, ПРТО	Монтажный кабель с пропитанной оплеткой, подходит для прокладывания в трубах, напряжение – до 2 кВ. Данные изделия 1–4-жильные, с сечением либо 1–500 мм ² , либо 1–120 мм ² . В маркировке указывается напряжение, к примеру, ПРТО-500 и т. п.
АПРВ	Монтажный кабель, заключенный в ПВХ-изоляцию, напряжением до 500 В. Подходит для сухих и даже жарких помещений. Прокладывается на улицах, в трубах, на роликах или в трубах. Сечение составляет 2,5–6 мм ² .
Монтажные кабели специального назначения	
ПЭВТЛК	Монтажный кабель с двойной эмалевой усиленной изоляцией. Изготавливается на основе полиамидных и полиуретановых смол. Именно они используются при прошивке матрицы запоминающего устройства либо в производстве различных обмоток для автоматизированных электроаппаратов. Основное их отличие – высокая механическая прочность изоляции. Температуры – от –60 до +120 °С. Огнеупорность изоляции в данных проводах – класс Е. Диаметр – 0,06–0,35 мм, при минимальной толщине изоляции в 0,025–0,05 мм
ПОСХВТ и ПОСХВ	Нагревательный монтажный кабель, который применим при низкотемпературных процессах сельхозпроизводства. Внутри него содержится жила из оцинкованной стали диаметром 0,85–1,2 мм. Температуры – до 60–90 °С, а также 105 °С. В промышленности также производятся сходные с этими провода марок ПОСХВП, ПОСХБ, ПОСХВН

Примечание. Монтажный кабель с первой буквой «А» в маркировке имеет алюминиевые жилы. Буква «Р» в маркировании обозначает изоляцию из резины.

УСТАНОВОЧНЫЕ И СИЛОВЫЕ ПРОВОДА

|| Назначение установочных и силовых проводов

Установочные и силовые провода предназначены для распределения электроэнергии в силовых и осветительных установках при неподвижной прокладке их на открытом воздухе, внутри помещений, в трубах, под штукатуркой, а также в качестве гибких выводных концов для электрических машин.

Установочные и силовые провода выпускаются с резиновой и пластмассовой изоляцией на напряжения 380, 660, 3000 В, 50 Гц. Монтаж проводов допускается при температуре не ниже +15 °С.

Провода с пластмассовой изоляцией допускают длительный нагрев жил до 70 °С, с резиновой изоляцией — до 65 °С, с теплостойкой резиной — до 85 °С, с кремнийорганической резиновой изоляцией — до 180 °С.

|| Провода с резиновой изоляцией

Провода и кабели с резиновой изоляцией применяются для присоединения токоприемников и распределения электроэнергии во вторичных сетях

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



*Как правильно
выбрать
установочный
провод*

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



*Кабель
в резиновой
изоляции*

электрического тока, а также имеют широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, в строительстве и быту.

Применение резиновой или пластмассовой изоляции вызывается не столько желанием получить гибкий кабель, сколько делается для облегчения и упрощения концевых разделок кабеля.

ПРИМЕЧАНИЕ

Высокая электрическая прочность резиновой изоляции в большинстве случаев не может быть использована из-за наличия слабых мест в изолирующем слое, что вызывает необходимость повышения толщины изолирующего слоя по сравнению, например, с изоляцией из пропитанной бумаги и ведет к перерасходу материалов защитных покрытий из-за увеличения диаметра кабеля.

К основным технологическим операциям относятся изготовление резины и наложение их на жилу или провод. Изготовление резины включает пластикацию каучука и введение в него наполнителей (мел, тальк), смягчителей, усилителей и вулканизирующих веществ.

Наложение резиновой смеси на жилу производится или путем опрессований в горячем состоянии на червячных прессах или в холодном состоянии на специальных профилированных вальцах. Толщина резиновой изоляции зависит от величины сечения токопроводящей жилы и номинального напряжения провода или кабеля, а толщина шланговой оболочки определяется в зависимости от диаметра кабеля. Толщина оболочки может изменяться от 1 до 8 мм.

Сведения о номенклатуре проводов с резиновой изоляцией, их конструкции и областях применения приведены в табл. 20.1.

Марки, элементы конструкции и области применения проводов с резиновой изоляцией

Таблица 20.1

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПРТО	ТУ 16-705.465-87. Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	Для прокладки в негорюемых трубах
АПРТО	То же. С алюминиевой жилой	
ПРН	ГОСТ 20520-75. Провод с медной жилой с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке, не распространяющей горение	Для прокладки в сухих и сырых помещениях, в пустотных каналах негорюемых строительных конструкций и на открытом воздухе
АПРН	То же. С алюминиевой оболочкой	
ПРГН	То же. С медной гибкой жилой	Для прокладки при повышенной гибкости при монтаже и для соединения подвижных частей электрических машин в сухих и сырых помещениях, а также на открытом воздухе
АПРН	То же. С алюминиевой жилой	
АППР	ГОСТ 20520-75. Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, не распространяющей горение, с разделительным основанием	Для прокладки по деревянным поверхностям и конструкциям жилых, производственных и сельскохозяйственных помещений

Таблица 20.1 (продолжение)

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПРД	ТУ 16.505.904-75. Провод гибкий с медной жилой, с резиновой изоляцией, в непропитанной оплетке, двухжильный, скрученный	В осветительных сетях сухих помещений
ПРВД	То же. Провод гибкий с медной жилой, с резиновой изоляцией, двухжильный, скрученный, в поливинилхлоридной оболочке	В осветительных сетях сухих и сырых помещений
АРТ	ГОСТ 14175-69. Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, с несущим тросом	Прокладка внутри помещений в сетях напряжением 660 В, где требуется повышенная механическая прочность

Провода с резиновой изоляцией экранированные

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Экранированный провод – провод, оснащенный специальной оболочкой, которая исключает распространение проводом собственных электрошумов, а также предохраняет электромагнитное поле кабеля от негативного воздействия внешних помех, снижающих его работоспособность.

Широко используется в охранной и противопожарной сигнализации, для передачи информации, применяется в цифровой телефонной связи и компьютерных коммуникациях. Как и все другие виды кабельной продукции, кабель экранированный для структурированных систем связи, выпускается для внешней и внутренней прокладки.

В отличие от обычных кабелей **силовой экранированный кабель** ослабляет влияние электромагнитных излучений и обеспечивает надежную работу электротехнических и радиоэлектронных систем.

Сведения о номенклатуре проводов с резиновой изоляцией экранированных, их конструкции и областях применения приведены в табл. 20.2.

Марки, элементы конструкции и области применения проводов с резиновой изоляцией

Таблица 20.2

Марка	ГОСТ 1843-69 Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПРП	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплетке из стальных оцинкованных проволок	В осветительных и силовых цепях, вторичных сетях стационарных установок и механизмов при наличии легких механических воздействий на провод и отсутствии воздействия масел и эмульсий

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Провода
с резиновой
изоляцией
экранированные

Таблица 20.2 (продолжение)

Марка	ГОСТ 1843-69 Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПРРП	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке	В осветительных и силовых цепях, вторичных цепях, в экскаваторах, машинах и механизмах при наличии механических воздействий на провод, воздействия масел, эмульсий
ПРФ	Провод с медной жилой, в резиновой изоляции, в фальцованной оболочке из сплава марки АМЦ	В осветительных и силовых сетях в сухих помещениях при наличии легких механических воздействий на провод (проводки в лестничных клетках, клубах, театрах и т. п.)
АПРФ	Провод с медной жилой, в резиновой изоляции, с алюминиевой жилой	
ПРФл	Провод с медной жилой, в резиновой изоляции, в оболочке из латуни	

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Кабели
силовые гибкие
с пластмассовой
изоляцияей

Провода с пластмассовой изоляцией

Провода с пластмассовой изоляцией доминируют в пользовательском сегменте. Предназначены для монтажа вторичных цепей, прокладка в пустотных каналах несгораемых строительных конструкций, монтажа силовых и осветительных цепей.

Пластмассовую изоляцию изготавливают из полиэтилена или поливинилхлорида (ПВХ). Проводники с такой изоляцией достаточно легкие, обладают надлежащей гибкостью, подходят для реализации многих технических задач в квартирах и частных домах, могут применяться в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и технике, имеют достаточную степень защищенности и стоят довольно дешево.

ПРИМЕЧАНИЕ

У данных материалов нет ограничений по направленности трасс и проблем стекания пропитки, что значительно упрощает производство, прокладку и эксплуатацию такой продукции.

К достоинствам пластмассовой изоляции относится более широкий рабочий температурный диапазон, экологическая безопасность, высокая влагостойкость, прочность, долговечность, химическая и электрическая нейтральность, хорошая механическая стойкость.

Сведения о номенклатуре проводов с пластмассовой изоляцией, их конструкции и областях применения приведены в табл. 20.3.

Марки, элементы конструкции и области применения проводов с пластмассовой изоляцией

Таблица 20.3

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ПВ1	ГОСТ 6223-79. Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией	Для монтажа вторичных цепей, прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа осветительных и силовых цепей в машинах и станках
ПВ2	ГОСТ 6223-79. Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией, гибкий	То же, и для монтажа цепей, где возможны изгибы провода
ПВ3	ГОСТ 6223-79. Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией, повышенной гибкости	Для монтажа вторичных цепей, прокладки в трубах, пустотных каналах несгораемых строительных конструкций и для монтажа осветительных и силовых цепей в машинах и станках и для монтажа цепей, где возможны изгибы провода
ПВ4	ГОСТ 6223-79. Провод с медной жилой и поливинилхлоридной изоляцией, особо гибкий	
АПВ	ГОСТ 6223-79. Провод с алюминиевой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	
ПП	ТУ 16-K17.021-94. Провод с медной жилой и изоляцией из самозатухающего полиэтилена	
АПП	ТУ 16-K17.021-94. Провод с алюминиевой жилой	Для монтажа вторичных цепей, для гибкого монтажа при скрытой и открытой прокладках
ПГВ	ТУ 16-K17.021-94. Провод с медной гибкой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	
ПГВА	ТУ 16-K17.021-94. Провод с медной гибкой жилой и поливинилхлоридной изоляцией	То же и для соединения автотракторного электрооборудования
ППВ	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с разделительным основанием	Для монтажа силовых и осветительных цепей в машинах и станках и для неподвижной открытой прокладки
АППВ	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с алюминиевыми жилами	
ППП	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	
АППП	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	
ППВС	ГОСТ 6223-79. Провод с медными жилами и поливинилхлоридной изоляцией, плоский, без разделительного основания	Для неподвижной скрытой прокладки под штукатуркой, для прокладки в трубах и пустотных каналах несгораемых строительных конструкций
АППВС	То же, с алюминиевыми жилами	
ПППС	То же, с медными жилами и полиэтиленовой изоляцией	
АППС	То же, с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	Прокладка наружная (для ввода в жилые дома и хозяйственные постройки) в сетях на напряжение 380 В в I и II районах гололедности
АВТ	ТУ 16.K71-015-87. Провод с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с несущим тросом	
АВТУ	То же, с усиленным несущим тросом	То же, в III и IV районах гололедности
АВТВ	То же. Провод с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией с несущим тросом	Прокладка внутри помещений (в том числе животноводческих) в сетях 380 В
АВТВУ	То же, с усиленным несущим тросом	То же, но где требуется повышенная механическая прочность
ВПП	ТУ 16.705.077-79. Медная жила, скрученная из мягкой проволоки, изоляция из полиэтилена низкой плотности, оболочка из термостойкостабилизированного полиэтилена	Для присоединения водопогружаемых электродвигателей к сети
ВПВ	То же, с оболочкой из полихлорвинилхлоридного пластиката	
ПВВЗ	ТУ 16.K01.03-93. Провод с поливинилхлоридной изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке и с круглым защитным проводом	Для питания электроустановок при стационарной прокладке и электрического освещения, монтажа машин, механизмов, станков

Провода для выводов электрических машин и нагревостойкие

Для обмоток электрических машин применяют в основном медные провода, изолированные стекловолокном или эмалью, а также неизолированные медные ленты и шины, дополнительно изолируемые при изготовлении обмоток.

Из проводов со стекловолоконистой изоляцией распространены круглые и прямоугольные провода марок ПСД и ПСДТ класса нагревостойкости F, ПСДК и ПСДКТ класса нагревостойкости H. Буква Т в конце обозначения марки провода указывает на утоньшенную изоляцию провода.

Из проводов с эмалевой изоляцией используют круглые провода марки ПЭТВ и прямоугольные марки ПЭТВП; нагревостойкость изоляции этих проводов соответствует классу В. Эмалированные провода постепенно вытесняют провода со стекловолоконистой изоляцией.

Для обмоток электрических машин с изоляцией класса нагревостойкости F применяют круглые провода ПЭТ-155 и прямоугольные ПЭТП -155, а при классе нагревостойкости H — круглые провода ПЭТ-200 и прямоугольные провода ПЭТП- 200.

ПРИМЕЧАНИЕ

По сравнению с проводами, изолированными стекловолокном, эмалированные провода обладают рядом преимуществ — меньшей толщиной, большей теплопроводностью и влагостойкостью изоляции. Вместе с тем они имеют пониженную стойкость к тепловым ударам и к действию растворителей.

Для выводов электрических машин при изоляция классов нагревостойкости В, F и H применяют в основном кабель РКГМ по ГОСТ 16036-79 ТУ16.К80-О9-90; 1-91, обладающий гибкостью, так как его жила состоит из тонких медных проволок, а изоляция эластична.

Неизолированные медные провода (ленты и шины) применяют для обмоток возбуждения синхронных машин, обмоток добавочных полюсов и последовательных обмоток главных полюсов машин постоянного тока. Для демпферных обмоток синхронных машин используют медные круглые стержни.

Сведения о номенклатуре проводов для выводов электрических машин и нагревостойкости, их конструкции и областях применения приведены в табл. 20.4.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Изоляция обмоток
электрических
машин

Марки, элементы конструкции и области применения проводов с пластмассовой изоляцией

Таблица 20.4

Марка	ГОСТ или ТУ. Наименование элементов проводов	Преимущественные области применения
ТУ 16.505.317-76		
ПРКА	Провод термостойкий, с медной жилой, в изоляционно-защитной оболочке из кремнийорганической резины повышенной твердости, одножильный	При фиксированном монтаже внутри осветительной аппаратуры и в устройствах с температурой до 180 °С
ПБЛ	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией на основе бутылкаучука, в оплетке из лавсановой нити	Для выводов электродвигателей при температуре до 105 °С
РКГМ	Провод с медной жилой, с изоляцией из кремнийорганической резины, в оплетке из стекловолокна, пропитанной эмалью или термостойким лаком	В электроустановках на напряжение 600 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и температуре эксплуатации от -60 до 180 °С
ПАЛ	Провод с медной жилой, с асбестоленочной изоляцией, лакированный	Для стационарной прокладки в электроустановках, осветительных устройствах на номинальное напряжение 600 В, частотой 50 Гц, для работы при температуре от -50 до +200 °С
ПАЛО	Провод с медной жилой, с асбестоленочной изоляцией, лакированный, облегченный	
ТУ 16.К80-09-90		
ПВВТ	Провод выводной с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, термостойкий	Для работы в электроустановках на напряжение 380 В частотой до 400 Гц в условиях агрессивных сред и масел при температурах от -40 до +105 °С
ПВКФ	Провод выводной с двухслойной изоляцией из кремнийорганической и фторсилоксановой резины	То же, на напряжение 380 и 660 В при температуре эксплуатации от -60 до +180 °С, класс нагревостойкости Н
ПВФС	Провод выводной с изоляцией из фторсилоксановой резины	Для работы в электроустановках на напряжение 600 В частотой до 400 Гц и 1140 В частотой 60 Гц в условиях агрессивных сред и масел при температурах от -60 до +180 °С, класс нагревостойкости Н
ПВКВ	Провод выводной с двухслойной изоляцией из кремнийорганической резины	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от -60 до +180 °С, класс нагревостойкости Н
РКГН	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины, в оплетке из стекловолокна, пропитанной кремнийорганической эмалью или лаком	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от -60 до +180 °С, класс нагревостойкости Н
РКГМПТ	Провод выводной с изоляцией из кремнийорганической резины повышенной термостойкости, в оплетке из стекловолокна, пропитанной кремнийорганической эмалью или термостойким лаком	Для работы в электроустановках на напряжение 380 и 660 В частотой до 400 Гц при отсутствии агрессивных сред и масел при температурах от -60 до +200 °С, класс нагревостойкости С

Число жил и номинальное сечение установочных проводов

В табл. 20.5 указано число жил и номинальное сечение установочных проводов.

Число жил и номинальное сечение установочных проводов

Таблица 20.5

Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм ²	Марка	Число основных жил	Номинальное сечение жилы, мм ²
ПРТО	1	0,75–120	ПБППз	3	1,0–2,5
	2; 3	1–120	ПРП	1; 2; 3	1,0–95
	4; 7	1,5–10		4–30	1,0–2,5
	10	1,5; 2,5	ПРРП	1; 2; 3	1,0–95
	14	1,5; 2,5		4–30	1,0–2,5
АПРТО	1; 2; 3	2,5–120	АПРФ	1; 2; 3	2,5–4
	7	2,5–10	ПРФ	1; 2; 3	1,0–4
ПРН, ПРГН	1	1,5–120	ПРФл	1; 2; 3	1,0–4
АПРН	1	2,5–120	ПРД	1	0,75–6
АПГЛ	1	2,5–120	ПРВД	2	1,0–6
ПРГН	1	0,75–120		3	4; 6
АППР	2; 4	2,5–10		4	4–35
	3	2,5		2; 3; 4	2,5
АВТУ	2; 3; 4	4	АВТ	4	6; 10; 16
ПВ1	1	0,5–10 и 16–95	АВТВ	2; 3; 4	2,5
ПВ2	1	2,5–95	АВТВУ	2; 3; 4	4
ПВ3	1	0,5–95		4	6; 10; 16
ПВ4	1	0–10	ПУНП	2; 3	1,0; 1,5–6,0
ПБПП	2; 3	1,5–2,5	ПРКА	1	0,5–2,5

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ШНУРЫ И ГИБКИЕ ПРОВОДА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Провода соединительные – это проводники, состоящие из одной или нескольких скрученных проволок, которые используют для подключения различных стационарных и переносных приборов к источнику электрического тока.

Токопроводящая жила изготавливается из меди или алюминия, если жила выполнена из одной проволоки, то такое изделие называется однопроволочным, если из нескольких и более, то многопроволочным. В зависимости от количества жил в проводнике, провода делятся на такие виды: одножильные, двухжильные, трехжильные и многожильные.

Провода с однопроволочными жилами обладают большей жесткостью и меньшим сопротивлением на низких частотах. Провода с многопроволочными жилами обладают лучшей гибкостью, и на высоких частотах обеспечивают меньшее электрическое сопротивление за счет более однородного распределения плотности тока в поперечном сечении жилы из-за скин-эффекта.

Провода соединительные (ПБПП, ПБППГ, ПВ-1, ПВ-2, ПВ-3, ПВ-4, ПуВ, ПуГВ, ПВС, ПГВА, ППВ) и аналогичные им используются для электрических установок при стационарной прокладке в осветительных и силовых сетях, для монтажа электрооборудования, машин, механизмов и станков на номинальное напряжение до 450 В.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Провода и шнуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Шнур – это разновидность провода с гибкими изолированными медными жилами, предназначенный для подключения бытовых приборов и аппаратуры к электросети.

Шнуры соединительные (ШВВП, ШВП, ШВП-2, ШДС, ШСГС, ШСТ) предназначены для присоединения машин и приборов бытового и аналогичного применения к сетям с номинальным переменным напряжением до 380/600 В.

Некоторые марки соединительных шнуров, выпускаемых в соответствии с ГОСТ 7399-80, ГОСТ 7399-97, приведены в табл. 21.1.

Соединительные шнуры и гибкие провода,
их сечения и области применения (ГОСТ 7399-80, ГОСТ 6323-79, ГОСТ 7399-97)

Таблица 21.1

Марка	Число/сечение жилы, мм ²	Наименование	Области применения
ШПП	2/0,20	Шнур с ПЭ изоляцией, с параллельными жилами, без разделительного основания, слаботочный на напряжение до 100 В	Для абонентских громкоговорителей, если шнур редко подвергается механическим деформациям
ШВП-1	2/(0,35–0,75)	Шнур с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, без разделительного основания, на напряжение до 380 В	Для радиоприемников, телевизоров, паяльников и других подобных приборов, если шнур подвергается механическим деформациям
ШВП-2	2/(0,35–0,75)	Шнур с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, без разделительного основания, на напряжение до 380 В, гибкий	Для настольных, настенных и напольных светильников, вентиляторов, магнитофонов, удлинителей-разветвителей и других подобных приборов, если шнур часто подвергается легким механическим деформациям
ШВП-3	3/0,75	Шнур с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, без разделительного основания, на напряжение до 380 В	Для бытовых холодильников и других подобных приборов, если шнур редко подвергается механическим деформациям
ШВП-4	4/0,75	Шнур с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, без разделительного основания, на напряжение до 380 В, гибкий	
ШВПТ	2/0,35	Шнур с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, теплостойкий, на напряжение до 48 В	Для переносных ламп автомобилей
ШВВП	2; 3/(0,35–1,0)	Шнур гибкий с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке, плоский на напряжение до 380 В	То же, что ШВП-2
ШВЛ	2; 3/(0,5–0,75)	Шнур гибкий со скрученными жилами, с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке, на напряжение до 380 В	Для бытовых полотеров, пылесосов, напольных отопительных приборов, если шнур подвергается действию влаги в условиях легких механических воздействий
ШРО	2; 3/(0,35–1,0)	Шнур гибкий со скрученными жилами, с резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной или синтетической нитки, на напряжение до 220 В	Для утюгов домашнего обихода, кофеварок, чайников, грелок и других подобных приборов, если шнур часто подвергается легким механическим деформациям
ШРС	2/(0,5–0,75)	Шнур гибкий со скрученными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке, на напряжение до 380 В	Для бытовых электроплиток, пылесосов, напольных отопительных приборов, утюгов, если шнур подвергается действию влаги в условиях легких механических воздействий

Таблица 21.1 (продолжение)

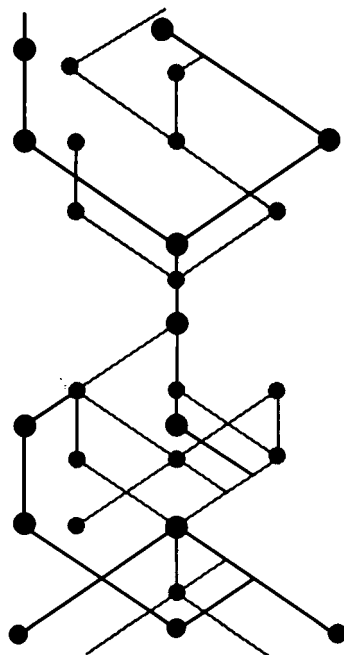
Марка	Число/сечение жилы, мм ²	Наименование	Области применения
ШТР	2/(0,5–1,5)	Шнур повышенной гибкости, термостойкий, со скрученными жилами, с изоляцией и в оболочке из кремнийорганической резины, на напряжение до 220 В	Для утюгов домашнего обихода и промышленного применения, электроплиток и других подобных приборов, если шнур подвергается легким механическим деформациям и нагреву
ШПС	2; 3/(0,5–0,75)	Шнур со скрученными жилами, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке, подвесной грузонесущий, на напряжение до 220 В	Для светильников, подвешиваемых на электрическом шнуре
ПРС	2; 3; 4; 5 (0,5–2,5)	Провод гибкий со скрученными жилами, с резиновой изоляцией и оболочкой, на напряжение до 380/660 В	Для полотеров, пылесосов, стиральных машин, электрорадиаторов, удлинителей, бойлеров и других подобных машин и приборов, если провод подвергается истиранию и действию влаги в условиях средних механических воздействий
ШР	2/(0,5–1,5)	Шнур двухжильный, гибкий, с резиновой изоляцией, с параллельными жилами, на переменное напряжение до 380 В	Для присоединения бытовых нагревательных приборов
ПРМ	2; 3; 4; 5/ (0,75–2,5)	Провод гибкий со скрученными жилами, с резиновой изоляцией, в оболочке из маслостойкой резины, на переменное напряжение до 380 В	Для присоединения электроприборов и электроинструмента по ремонту жилья, удлинительных шнуров, средств малой механизации для садоводства и огородничества, электронагревательных приборов, контактирующих с маслами и смазками
ПСГ	1; 2; 3; 4; 5/1*(1,5–400); 2*(1,0–25); 3*(1,0–95); 4*(1,0–150); 5*(1,0–25)	Провод гибкий со скрученными жилами, с резиновой изоляцией, усиленной оболочкой из маслостойкой резины, на переменное напряжение до 450 В	Для передвижных электроприемников
ШВД	1/(0,5; 0,75)	Шнур гибкий с ПВХ изоляцией, одножильный на переменное напряжение до 380 В	Для осветительной арматуры и электрогирлянд, для неподвижного защищенного монтажа внутри установок и приборов
ШОГ	Две жилы из медной мишуры	Шнур особо гибкий с ПВХ изоляцией, с параллельными жилами, на переменное напряжение до 300 В	Для присоединения электроприборов с номинальным током не более 0,2 А

ЧАСТЬ

5

КАБЕЛИ

- *Маркировка и конструкции кабелей*
- *Кабели силовые на низкое напряжение*
- *Силовые кабели на напряжения 20 и 35 кВ*



МАРКИРОВКА И КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЕЙ

|| Определение и классификация кабелей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Кабель — это несколько изолированных проводов в защитной герметичной оболочке, предназначенный для передачи и распределения электроэнергии или информации.

ONLINE ВИДЕО



Чем отличаются
провода и кабели

Кабели по признакам материала проводящих жил, передаваемой энергии или информации делят на две группы:

- ♦ электрические кабели с металлическими жилами;
- ♦ кабели с оптическими волокнами.

Кабели с оптическими волокнами могут иметь и дополнительные металлические токопроводящие жилы.

Электрические кабели с металлическими жилами классифицируют по порядку передаваемой через кабели мощности, величине напряжения, типу изоляции, назначению и т. д. В соответствии с этим различают: силовые кабели низкого, среднего и высокого напряжения; силовые гибкие кабели; кабели управления; контрольные кабели; низковольтные провода и шнуры; кабели и провода связи; радиочастотные кабели; специальные кабели и др.

ONLINE ВИДЕО

Маркировка
кабеля. Технические
характеристики

**Классификация
силовых кабелей**

Силовые кабели предназначены для передачи и распределения электрической энергии.

По типу изоляции силовых кабелей различают:

- ♦ силовые кабели с бумажной изоляцией, в том числе пропитанные и маслonaполненные;
- ♦ силовые кабели с пластмассовой изоляцией;
- ♦ силовые кабели с резиновой изоляцией.

По величине линейного рабочего напряжения силовые кабели подразделяют на:

- ♦ кабели на напряжения 1–10 кВ;
- ♦ кабели на напряжения 20–35 кВ;
- ♦ кабели на напряжения 110–500 кВ.

ПРИМЕЧАНИЕ

Приведенная классификация в известной мере условна, однако позволяет систематически представить сведения о части кабелей, насчитывающей более 1000 марок и конструкций.

**Условные обозначения
силовых кабелей**

Силовые кабели состоят из одной, трех или четырех одно- или многопроволочных медных или алюминиевых жил. Жилы изолированы друг от друга и окружающей среды бумажно-пропитанной, резиновой или пластмассовой изоляцией, герметизированных свинцовыми, алюминиевыми, пластмассовыми или резиновыми оболочками и защищенных, как правило, броней из стальных лент или оцинкованной стальной проволоки, а также защитными антикоррозионными покровами.

Изоляции жил кабелей изготавливаются из бумажных лент, пропитанных маслoканифольным составом, из поливинилхлоридного пластика, полиэтилена, сшитого полиэтилена, резины.

Диапазон переменного рабочего напряжения, на который изготавливаются силовые

ONLINE ВИДЕО

Расшифровка
маркировки кабеля

кабели, находится в пределах от 660 В до 500 кВ. Величина рабочего напряжения влияет на конструкцию кабелей.

Буквенное обозначение определяет конструкцию кабелей, их брони, защитных оболочек и покровов. Кабели с алюминиевыми жилами обозначают буквой А. Наличие медных жил в маркировке кабеля не выделяется.

ПРИМЕР

ААБв — кабель с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, в алюминиевой оболочке, под броней из стальных лент с выпрессованной из поливинилхлорида защитной оболочкой; **СБ** — кабель с бумажной пропитанной изоляцией с медными жилами, в свинцовой оболочке (С), с броней из стальных лент (Б), с защитными покровами из кабельной пряжи, пропитанной битумом; **АСБ** — то же, что СБ, но с алюминиевыми жилами; **ААБ** — то же, что АСБ, но с алюминиевой оболочкой.

Основные буквенные обозначения кабелей и их значения приведены в табл. 20.1.

Буквенные обозначения кабелей

Таблица 20.1

Буква, сочетание букв	Значение буквы или сочетания букв	Буква, сочетание букв	Значение буквы или сочетания букв
А	Алюминиевая жила	НР	Бумажная изоляция, пропитанная нестекающим составом, содержащим церезин
АА	Алюминиевая жила и алюминиевая оболочка	О	Отдельные оболочки поверх каждой фазы
АС	Алюминиевая жила и свинцовая оболочка	П	Изоляция или оболочка из поливинилхлорида
Б	Броня из двух стальных лент с антикоррозионным защитным покровом	П	Броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров
ББ	Изоляция или оболочка из самозатухающего полиэтилена (не поддерживающего горение)	Па	Изоляция из вулканизированного полиэтилена
Бн	Броня из двух стальных лент с антикоррозионным защитным покровом, но с негорючим защитным покровом (не поддерживающим горение)	Пв	Броня из профилированной стальной ленты
В	Резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающие горение	Пс	Изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена
в(п)	В подушке под броней имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена)	С	Свинцовая оболочка
Г	Отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки	СШвУ	Для кабелей, изготовленных после 01.04.1985. Изоляция способна работать при температурах 80, 70 и 65 °С соответственно для кабелей на напряжения 6,10, 20 и 35 кВ, при этом увеличивается допустимый ток нагрузки. Примеры обозначений кабелей: ААГУ, СБУ, СШвУ и т. д.
К	Броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров	Ц	Обеденно-пропитанная бумажная изоляция
л(2л)	В подушке под броней имеется слой (два слоя) из пластмассовых лент	Шв (Шп)	Защитный покров в виде выпрессованного шланга (оболочки) из поливинилхлорида (полиэтилена)
М	Маслонаполненный		
Н	Не поддерживающий горение защитный покров		

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Жилы силовых кабелей: виды, особенности, применение

**Жилы
силовых кабелей**

Жилы силовых кабелей выполняются однопроволочными и многопроволочными. В маркировке кабелей с однопроволочной жилой добавляется обозначение «ож».

Жилы изготовляют круглой формы для одножильных и трехжильных кабелей в отдельных металлических оболочках всех сечений и многожильных с поясной изоляцией сечением до 16 мм^2 включительно. Жилы сечением 25 мм^2 и более для

многожильных кабелей с поясной изоляцией изготавливают сегментной или секторной формы.

Алюминиевые жилы силовых кабелей сечением $6\text{--}240 \text{ мм}^2$ и **медные** сечением $6\text{--}50 \text{ мм}^2$ изготавливают сплошными однопроволочными. Соответственно алюминиевые сечением $70\text{--}800 \text{ мм}^2$ и медные сечением $25\text{--}800 \text{ мм}^2$ — многопроволочными.

Многопроволочные медные и алюминиевые жилы сегментной и секторной формы уплотняют в процессе изготовления.

Силовые кабели с изоляцией из бумажных лент, пропитанных маслоканифольным составом, изготавливают в соответствии с ГОСТ 18410-73. Для вертикальный или крутых кабельных трасс используются кабели с обедненно-пропитанной изоляцией или изоляцией с нестекающим пропитывающим составом (ГОСТ 18409-73).

Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжения $0,66\text{--}6 \text{ кВ}$ изготавливаются в соответствии с ГОСТ 16442-80. В качестве изоляции для одножильных кабелей на напряжения $10, 35$ и 110 кВ используется вулканизированный полиэтилен (кабели марок АПаВ, АПВП, АПвПс). Напряжение между жилой и заземленным экраном составляет соответственно $5,8; 20$ и 64 кВ .

КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ НА НИЗКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

|| Марки, элементы конструкции, области применения

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Кабели силовые на низкое напряжение – кабели с алюминиевыми или медными токопроводящими жилами с бумажной изоляцией, пропитанной вязким или нестекающим составом, в алюминиевой или свинцовой оболочке, с защитными покровами или без них, предназначенные для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках в электрических сетях на напряжение до 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц или в электрических сетях постоянного тока при температуре окружающей среды от –50 до +50 °С.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Низковольтный
кабель

Кабели должны соответствовать требованиям ГОСТ 18410-73. Марки, элементы конструкции представлены в табл. 23.1. Для кабелей с однопроволочными жилами в обозначении марки кабеля после цифр, указывающих сечение жилы, добавляют в скобках буквы «ож». Области применения представлены в табл. 23.2.

Марки и элементы конструкции кабелей силовых
с пропитанной бумажной изоляцией

Таблица 23.1

Марка кабеля	Материал жил: А – алюминий; М – медь	Материал оболочки: А – алюминий; С – свинец	Вид пропиточного состава: В – вязкий; Н – нестекающий	Защитный покров
ААГ	А	А	В	Отсутствует
ААБл	А	А	В	Бл
ААБ2л	А	А	В	Б2л
ААБлГ	А	А	В	БлГ
ААБлГ	А	А	В	БлГ
ААШв	А	А	В	Шв
ААШнг	А	А	В	Шнг
АСГ	А	С	В	Отсутствует
АСБ	А	С	В	Б
АСБл	А	С	В	Бл
АСБ2л	А	С	В	Б2л
АСБГ	А	С	В	БГ
АСБ2лГ	А	С	В	Б2лГ
АСКл	А	С	В	Кл
АСШв	А	С	В	Шв
АСБлШнг	А	С	В	БлШнг
СБ	М	С	В	Б
СГ	М	С	В	Отсутствует
СБГ	М	С	В	БГ
СБл	М	С	В	Бл
СБ2л	М	С	В	Б2л
СБ2лГ	М	С	В	Б2лГ
ЦААБл	А	А	Н	Бл
ЦААБ2л	А	А	Н	Б2л
ЦАСБ	А	С	Н	Б
ЦАСБл	А	С	Н	Бл
ЦАСБлШнг	А	С	Н	БлШнг
ЦСБ	М	С	Н	Б
ЦСБл	М	С	Н	Бл

Области применения кабелей

Таблица 23.2

Рекомендуемая область применения	При отсутствии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде) и при отсутствии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)	При наличии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде) и при наличии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)
В земле с низкой коррозионной активностью	ААШв, ААБл, ААБ2л, АСБ, СБ, ЦААБл, ЦААБ2л, ЦАСБ, ЦСБ	АСКл
В земле со средней коррозионной активностью	ААШв, ААБ2л, АСБ, АСБл, СБ, СБл, ЦААБ2л, ЦАСБ, ЦАСБл, ЦСБДСБл	АСКл
В земле с высокой коррозионной активностью	ААШв, ААБ2л, АСБл, АСБ2л, СБл, СБ2л, ЦААБ2л, ЦАСБл, ЦСБл	–
В земле с высокой коррозион- ной активностью с наличием блуждающих токов	АСБ2л, СБ2л	–
В воде	Нет	АСКл
В сухих помещениях	ААГ, ААШв	ААБлГ

Таблица 23.2 (продолжение)

Рекомендуемая область применения	При отсутствии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде) и при отсутствии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)	При наличии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде) и при наличии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)
В сырых помещениях	ААШв, АСШв	ААБлГ, АСБ2лГ
В пожароопасных помещениях	ААГ, ААШв, ААШнг	ААБлГ, ААБнлГ, АСБлГ, АСБнлШнг
Во взрывоопасных зонах	ААГ, ААШв, ААБлГ, АСГ, АСБГ, АСШв, СГ, СБГ	АСБГ, СБГ
На эстакадах	ААШв, ААБлГ	ААБлГ, АСБлГ, СБ2лГ
В блоках	АСГ, СГ	АСГ, СГ

ВНИМАНИЕ

Кабели с вязким пропиточным составом без применения стопорных муфт не допускают прокладку на трассах с разностью уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля более 15–25 м, при этом большие значения относятся к низковольтным кабелям с алюминиевой оболочкой и к бронированным. Кабели с нестекающим пропиточным составом допускают прокладку без ограничения разности уровней.

Конструктивные параметры

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители.

ПРИМЕЧАНИЕ

Наличие брони, экрана и его материал, тип изоляции, степень гибкости, число жил и сечение силового кабеля определяют его условия прокладки.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Конструкция
силовых кабелей

Токопроводящие жилы обычно выполняют из алюминия или меди, что отражают соответствующей буквой в маркировке. Медь более пластичная и не ломается при частых перегибах, а еще обладает меньшим удельным сопротивлением. В то же время алюминий – это более дешевый и доступный проводник, часто используемый на кабельных линиях электропередачи.

Токопроводящие жилы внутри кабеля прокладываются параллельно относительно друг

друга и скручиваются. Шаг скрутки указан в нормативных документах ТУ, ГОСТ. Часто присутствуют нулевая жила и провод заземления. Они отличаются от других жил цветом. Изоляция силовых кабелей особенно часто производится из ПВХ. Материал позволяет использовать кабель в основном при низком напряжении.

Четырехжильные кабели с жилами номинальным сечением до 120 мм² должны иметь одну жилу равного или меньшего сечения, с жилами номинальным сечением свыше 120 мм² — одну жилу меньшего сечения. Конструкция кабеля марки ААГ с секторными жилами показана на рис. 23.1.

Число жил в кабелях, диапазон номинальных сечений жил и номинальные напряжения указаны в табл. 23.3.

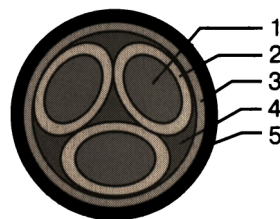


Рис. 23.1. Конструкция кабеля марки ААГ с секторными жилами:

1 — токопроводящая жила;
2 — изоляция на жиле; 3 — поясная изоляция; 4 — заполнение из бумажных жгутов; 5 — оболочка

Число и сечение жил в кабелях

Таблица 23.3

Марка кабеля	Число жил	Номинальное сечение жилы, мм ² , при номинальном напряжении кабеля, кВ		
		1	6	10
ААГ, ААБл, ААБ2л, ААБлГ, ААШв, АСГ, АСБ, АСБл, АСБ2л, АСБГ, СБ, СГ, СБГ, СБл, СБ2л	1	10–800	–	–
ААГ, ААБл, ААБ2л, ААБлГ, ААШв, ААШнг, АСГ, АСБ, АСБл, АСБ2л, АСБ2лГ, СБ, СГ, СБГ, СБл, СБ2л, СБ2лГ, АСБлШнг	3	6–240	10–240	16–240
ЦААБл, ЦААБ2л, ЦАСБ, ЦАСБл, ЦАСБлШнг, ЦСБ, ЦСБл	3	–	25–185	25–185
АСКл	3	25–240	16–240	16–240
ААГ, ААБл, ААБ2л, ААБлГ, ААШв, АСГ, АСБ, АСБл, АСБ2л, АСБГ, СБ, СГ, СБГ, СБл, СБ2л	4	16–185	–	–
АСКл	4	25–185	–	–

Токопроводящие жилы силовых кабелей

Токопроводящие жилы должны соответствовать классам 1 или 2. Жилы должны быть однопроволочными или многопроволочными в соответствии с табл. 23.4.

Номинальное сечение жил кабелей

Таблица 23.4

Жила	Номинальное сечение жилы, мм ²			
	круглой		фасонной	
	медной	алюминиевой	медной	алюминиевой
Однопроволочная жила	6–50	6–240	25–50	25–240
Многопроволочная жила	25–800	70–800	25–400	70–240

Токопроводящие жилы одножильных кабелей всех сечений и многожильных кабелей сечением до 16 мм², а также многожильных кабелей с токопроводящими жилами всех сечений, имеющих отдельные оболочки, должны быть круглой формы.

Токопроводящие жилы кабелей с поясной изоляцией сечением 25 мм² и более должны быть секторной или сегментной формы. Допускается изготовление кабелей с жилами сечением до 50 мм² круглой формы.

Многопроволочные секторные и сегментные жилы кабелей должны быть уплотнены в процессе изготовления. Радиус закругления однопроволочных секторных жил должен быть не менее 0,5 мм. Номинальные сечения нулевых жил, в случае четырехжильной конструкции с неравным сечением основных и нулевой жилы, указаны в табл. 23.5. Номинальная толщина изоляции одножильных кабелей представлена в табл. 23.5, а многожильных кабелей — в табл. 23.7.

Номинальные сечения нулевых жил кабелей

Таблица 23.5

Номинальное сечение основных жил, мм ²	Номинальное сечение нулевой жилы, мм ²
6	4
10	6
16	10
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95

Номинальная толщина изоляции одножильных кабелей

Таблица 23.6

Номинальное сечение жилы, мм ²	Номинальная толщина изоляции, мм
от 10 до 95	1,20
от 120 до 150	1,40
от 185 до 240	1,60
от 300 до 400	1,80
от 500 до 630	2,10
800	2,40

ONLINE ВИДЕО



Кабель силовой из сшитого полиэтилена. АПвБВнг-LS 3×185/50 – 6 и 10 кВ

Бумажная изоляция кабелей должна быть пропитана вязким или нестекающим изоляционным пропиточным составом.

ПРИМЕЧАНИЕ

В пропитанной бумажной изоляции ленты не должны иметь складок, разрывов. Изоляционный пропиточный нестекающий состав не должен вытекать при длительном допустимой температуре нагрева жил кабеля. В бумажной изоляции кабелей на напряжение 6 кВ и более не допускается совпадение более трех лент, расположенных одна над другой, и двух лент, непосредственно прилегающих к жиле или экрану, наложенному на жилу.

Совпадение продольных складок или порезов на длине более 50 мм в двух лентах, расположенных одна над другой, считается за одно совпадение. Изолированные жилы многожильных кабелей должны быть скручены с заполнением промежутков между жилами жгутами из бумаги. Изолированные секторные жилы многожильных кабелей на напряжение 1 кВ могут быть скручены без заполнения.

Маркировка жил силовых кабелей

Изолированные жилы многожильных кабелей должны иметь отличительную расцветку или обозначение цифрами.

Маркировка расцветкой должна быть устойчивой, нестираемой и различимой. Маркировка должна производиться при помощи цветных лент на жилах или лент натурального цвета с полосками, отличающимися друг от друга по цвету. **Маркировка цифрами** производится печатанием или тиснением и должна быть отчетливой. Цвет цифр при маркировке печатанием должен отличаться от цвета изоляции жилы. Цифры должны иметь одинаковый цвет.

При цифровом обозначении на поверхности изоляции или верхней ленте первой жилы должна быть цифра 1, второй жилы — 2, третьей жилы — 3, четвертой жилы — 4.

ПРИМЕЧАНИЕ

При этом номеру 1 соответствует белая или желтая, номеру 2 — синяя или зеленая, номеру 3 — красная или малиновая, номеру 4 — коричневая или черная расцветка.

Изоляция жилы меньшего сечения (нулевой) может быть любого цвета и может не иметь цифрового обозначения. При обозначении изолированных жил цифрами расстояние между ними не должно быть более 35 мм.

Под оболочкой кабеля на поверхности изоляции или под поясной изоляцией на специальной ленте, не более чем через каждые 300 мм, должны быть четко нанесены:

- ♦ опознавательный индекс завода-изготовителя;
- ♦ год выпуска кабеля.

В кабелях с диаметром под оболочкой менее 20 мм допускается применение цветной отличительной нити.

ONLINE ВИДЕО



Обозначение
и маркировка
силовых кабелей

Лента должна быть изготовлена из бумаги натурального цвета. Отсутствие ленты по длине кабеля более 1 м не допускается. Ширина ленты — не менее 10 мм. Высота шифра — не менее 6 мм.

Поясная изоляция многожильных кабелей

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Поясная изоляция — изоляция, входящая в состав сердечника и наложенная поверх скрученных или нескрученных изолированных жил (по ГОСТ 15845-80 СТ СЭВ 585-77).

Поясная изоляция — изоляционное покрытие, расположенное поверх совокупности изолированных скрученных жил (и заполнителей, если они есть) многожильного кабеля и поверх которого накладывается защитный покров (по СТ МЭК 50(461)-84).

Поясная изоляция накладывается на скрутку или пучок параллельных жил. Поверх скрученных изолированных жил многожильных кабелей она должна быть наложена **номинальной толщиной** в соответствии с табл. 23.7.

Номинальная толщина изоляции
многожильных кабелей

Таблица 23.7

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Номинальное сечение основных жил, мм ²	Номинальная толщина, мм	
		изоляции жилы	поясной изоляции
1	От 6 до 95	0,75	0,50
	120 и 150;	0,85	0,60;
	185 и 240	0,95	0,60
6	От 10 до 240	2,00	0,95
10	От 16 до 240	2,75	1,25

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Изоляция кабеля

Одножильные кабели с алюминиевыми жилами

На данный момент кабель силовой с алюминиевыми жилами является наиболее распространенным видом используемой кабельной продукции. Около 85 % всех производимых силовых кабелей имеют именно алюминиевые токопроводящие жилы. Широко распространен кабель силовой с алюминиевыми жилами бронированный. Изоляция у таких кабелей может быть пластмассовой, резиновой или бумажной.

Кабель силовой с алюминиевыми жилами бронированный — распространенное решение там, где требуется применение сравнительно недорогого, но надежно защищенного проводника. Кабель силовой с алюминиевыми жилами выпускается для работы на напряжение до 110 кВ.

ПРИМЕЧАНИЕ

Кабель силовой с алюминиевыми жилами настолько широко распространен в основном благодаря более низкой, сравнительно с медными кабелями, стоимости при аналогичных эксплуатационных характеристиках и разнообразии видов.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Допустимые
токовые нагрузки
кабелей с алюми-
ниевыми жилами*

Наружные диаметры одножильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ, мм, представлены в табл. 23.8. Массы одножильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ, кг/км, представлены в табл. 23.9.

Наружные диаметры одножильных кабелей
с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.8

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл, ААБ2л	ААБлГ, ААБлГ	ААШв, ААШнг	АСГ	АСБ	АСБл, АСБ2л
10	8	19	14,5	12,5	9	17,5	18,5
16	9	20	15,5	13,5	10	18,5	19,5
25	10,5	21	16,5	14,5	11	20	21
35	11,5	22	17,5	15,5	12	21	22
50	12,5	23	19	17	13	22	23
70ож	14	25,5	21	18,5	14,5	24,5	25,5
70	15,5	27	22,5	20	16,5	26	27
95ож	15,5	27	22,5	20	16,5	26	27
95	17	28,5	24	21,5	18	27,5	28,5
120ож	17,5	29	24	21,5	18	27,5	28,5
120	19,5	31	26,5	24	20	29,5	30,5
150ож	19	30,5	26	23,5	19,5	29	30
150	21	32,5	28	26	22	31,5	32,5
185ож	21	32	28	25,5	21,5	31	32
185	23,5	35	30,5	28	24	33,5	34,5
240ож	23	34,5	30	28	24	33,5	34,5
240	25,5	36	33,5	31	27	36,5	37,5
300	29	40,5	36	34	30	39,5	40,5
400	32,5	44	39,5	38	33,5	43	44
500	36	48	43	41,5	37,5	47	48
625	40	52	47	46	41,5	50	51
800	45	57	52	51	46	56	57

Массы одножильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.9

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл, ААБ2л	ААБлГ, ААБлГ	ААШв, ААШнг	АСГ	АСБ	АСБл, АСБ2л
10	120	520	370	220	440	690	740
16	160	580	420	260	520	770	820
25	200	650	480	310	600	880	930
35	240	720	550	360	690	980	1050
50	300	820	630	430	810	1100	1150
70ож	380	1100	870	520	940	1400	1450
70	410	1150	950	570	1100	1500	1600
95ож	470	1200	1000	630	1150	1600	1700
95	510	1300	1100	690	1300	1700	1800
120ож	570	1400	1150	750	1300	1800	1900
120	640	1500	1300	840	1600	2050	2100
150ож	690	1600	1300	880	1600	2100	2100
150	770	1700	1450	1000	1800	2300	2400
185ож	830	1800	1500	1100	1800	2300	2700
185	950	2000	1700	1200	2100	2700	2800
240ож	1050	2100	1800	1300	2200	2700	2900
240	1200	2300	2000	1500	2600	3200	3300
300	1400	2700	2300	1800	3100	3600	3800
400	1800	3100	2800	2200	3700	4300	4400
500	2200	3700	3300	2600	4600	5200	5300
625	2700	4300	3900	3200	5500	5900	6100
800	3450	5200	4800	4000	6600	7200	7300

Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами

Основные преимущества:

- ♦ применяется для подключения любого типа оборудования;
 - ♦ сравнительно низкая стоимость кабельной продукции этой группы;
 - ♦ длительный срок эксплуатации кабелей с алюминиевыми жилами.
- Использование. Кабель алюминиевый трехжильный используется:
- ♦ для подключения распределительных устройств, рассчитанных на номинальное напряжение до 35 кВ с частотой тока до 50 Гц;
 - ♦ для прокладки стационарных силовых сетей в трехфазной или однофазной системе передачи электроэнергии;
 - ♦ для осуществления монтажных операций внутри различных приборов, а также для соединения между собой отдельных блоков, входящих в состав одной электроустановки;
 - ♦ для ввода электрической энергии в частные дома и подъезды многоквартирных домов;

- ♦ для разводки силовой и осветительной группы в производственных и технических помещениях.
- ♦ для фиксированного присоединения к силовым цепям различных электромеханизмов, двигателей, насосов или другого оборудования, в том числе установленного в пожароопасных и взрывоопасных зонах, на плавучих сооружениях, береговых постройках или судах любой классификации.

ПРИМЕЧАНИЕ

Отдельные марки кабелей этой группы могут применяться для подключения оборудования, которое сохраняет свою работоспособность в условиях распространения открытого огня (системы дымоудаления и автоматического пожаротушения).

Условия прокладки. В зависимости от особенностей конструктивного исполнения кабель алюминиевый «3 жилы» может прокладываться через водные преграды (по дну несудоходных водоемов), в траншеях (в том числе вырытых грунтах, которые подвергаются мерзлотным деформациям), внутри помещений любого типа, а также в кабельных канализациях, коллекторах или колодцах. Трехжильные алюминиевые кабели могут прокладываться под открытым небом по инженерным конструкциям (мостам, галереям, эстакадам), в том числе без использования дополнительных средств защиты от воздействия солнечного излучения. Кабель алюминиевый трехжильный сохраняет свои эксплуатационные характеристики при температуре окружающего пространства от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Структура кабеля. Токоведущие алюминиевые жилы кабелей этой группы по своей конструкции могут быть монолитными (одножильными) или многожильными (скручиваться из нескольких проволок).

ГОСТ. Диаметр и количество проволок, из которых состоит токоведущая жила определенного сечения, регламентируется требованиями ГОСТ 22483-2012. Согласно этим требованиям токопроводящие алюминиевые жилы кабелей этой группы соответствуют 1-му или 2-му классу.

Изоляция, которая накладывается на поверхность жил в кабелях этой группы, выполняется:

- ♦ из поливинилхлоридного пластика различного исполнения (тропического, холодостойкого или с низкой пожарной опасностью);
- ♦ кабельной бумаги;
- ♦ различных модификаций резины (включая этиленпропиленовую);
- ♦ полиэтилена (в том числе сшитого).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Кабели
алюминиевые
3 жилы

ПРИМЕЧАНИЕ

Жилы алюминиевых кабелей, прокладываемых в местах с возможным распространением открытого огня, защищены от его воздействия посредством термостойкого барьера из слюдяных лент, наложенного под изоляцией пластмассовой изоляцией.

Алюминиевые жилы в кабелях этой группы могут быть проложены параллельно друг другу или скручены в общий сердечник с заполнением пустот, образовавшихся между витками, с помощью запрессовки водоблокирующим материалом, полимерными композициями, невулканизированной резиной или поливинилхлоридным пластикатом. В некоторых марках скрутка алюминиевых жил в сердечник производится совместно с бумажными, резиновыми или пластмассовыми жгутами.

Поясная изоляция. На скрученный сердечник в кабелях с тремя алюминиевыми жилами может быть наложена поясная изоляция, выполненная лентами из кабельной бумаги или поливинилхлоридного пластиката, разделительный слой из синтетической пленки, а также внутренняя оболочка из ПВХ-пластиката, полимерной композиции, свинцовых или алюминиевых труб.

Экранированные кабели. Кабель алюминиевый трехжильный, используемый для монтажа внутри различных электроустановок и для организации вторичных цепей, может производиться с экранами, которые минимизируют воздействие на него электромагнитных помех. В силовых кабелях этой группы задача экрана состоит в снижении уровня излучений, возникающих во время эксплуатации. Экраны могут быть изготовлены из полупроводящей бумаги, резины или полиэтилена, медной или алюминиевой фольги, алюмополимерных пленок, медных или медных луженых проволок, а также медных лент. Высоковольтные кабели, рассчитанные на передачу напряжения более 6 кВ, производятся с полупроводящими и металлическими экранами.

Внешняя оболочка алюминиевых трехжильных кабелей может быть выполнена из резины, полимерных компаундов, в том числе тех, которые не содержат в своем составе коррозионноактивных компонентов, поливинилхлоридного пластиката в холодостойком, пожаробезопасном или тропическом исполнении, а также полиэтилена, включая его светостабилизированные модификации. В некоторых марках кабелей этой группы вместо наружной оболочки используются защитные покровы, которые должны соответствовать условиям ГОСТ 7006-72.

Прокладка в сложных условиях. Кабель алюминиевый 3-жильный, эксплуатируемый в сложных условиях, прокладываемый в траншеях или по дну водоемов, производится с ленточной или проволочной

броней, которая выполняется из алюминия, алюминиевых сплавов или коррозионностойкой оцинкованной стали.

Некоторые марки алюминиевых 3-жильных кабелей, используемых для прокладки воздушных силовых линий, выпускаются с силовым элементом (стальной оцинкованный трос), который может выполняться как отдельный конструктивный элемент, так и быть частью внешней оболочки.

Справочные таблицы. Наружные диаметры трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ, мм, представлены в табл. 23.10. Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ, кг/км, представлены в табл. 23.11. Наружные диаметры трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 6 кВ представлены в табл. 23.12. Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 6 кВ представлены в табл. 23.13. Наружные диаметры трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 10 кВ представлены в табл. 23.14. Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 10 кВ представлены в табл. 23.15.

*Наружные диаметры трехжильных кабелей
с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ*

Таблица 23.10

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл, ААБ2л	ААБлГ, ААБлГ	ААШв, ААШнг	АСГ	АСБ	АСБл, АСБ2л
6	12,5	23	18,5	17	13	22	23
10	14	25,5	21	18,5	14,5	24,5	25,5
16	16	27,5	23,5	20,5	17	26,5	27
25	16,5	28	23,5	21	17	27	27,5
35	18,5	30	25,5	23	19,5	29	30
50	21	32,5	28	26	22	31,5	32,5
70ож	23,5	35	30,5	28,5	24	33,5	34,5
70	25,5	37	32,5	30,5	26	35,5	36,5
95ож	26,5	38	33,5	31,5	27	37	38
95	29	40	36	33,5	29	39	40
120ож	29,5	41	36,5	34,5	30,5	40	41
120	33	44,5	40	38	34	43,5	44
150ож	32,5	43,5	39,5	37,5	33,5	42,5	43,5
150	35,5	47	42,5	41	35	44,5	45,5
185ож	35,5	47	42,5	41	36,5	46	47
185	39,5	51,5	46,5	45	39	48	49
240ож	40	51,5	47	45	41	50	46,5
240	45	56	52	50	43,5	53	49

Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.11

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл, ААБ2л	ААБлГ, ААБлГ	ААШв, ААШнг	АСГ	АСБ	АСБл, АСБ2л
6	240	750	570	370	740	1050	1100
10	310	1000	810	460	890	1350	1500
16	440	1200	1000	600	1150	1600	1700
25	470	1250	1050	630	1200	1600	1750
35	600	1450	1200	780	1500	1950	2050
50	770	1700	1450	1000	1800	2300	2400
70ож	1000	2050	1800	1300	2200	2700	2800
70	1100	2200	1900	1400	2400	2900	3000
95ож	1300	2400	2100	1600	2700	3300	3450
95	1400	2600	2300	1700	2900	3600	3700
120ож	1600	2850	2600	1900	3300	3800	4000
120	1750	3100	2700	2100	3600	4100	4300
150ож	1900	3250	2900	2300	3800	4400	4550
150	2100	3600	3200	2500	4100	4700	4900
185ож	2300	3700	3300	2700	4500	5100	5300
185	2600	4200	3800	3100	4900	5500	5700
240ож	2900	4500	4100	3400	5700	6100	6300
240	3300	5100	4600	3900	6100	6500	6700

Наружные диаметры, мм, трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами на напряжение 6 кВ

Таблица 23.12

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл, ААБ2л, ЦААБл*, ЦААБ2л*	ААБлГ, ААБлГ	ААШв, ААШнг	АСГ	АСБ, ЦАСБ	АСБл, АСБ2л, ЦАСБл*
10	21	32	28	25,5	21,5	31	32
16	23	34,5	30	28	24	33,5	34,5
25	23	34,5	30	28	24	33,5	34,5
35	25	36,5	32	30	25,5	35	36
50	27,5	39	34,5	32,5	28	38	39
70ож	30	41	37	34,5	31	40	41
70	32	43	39	37	33	42	43
95ож	32,5	44	39,5	38	33	42,5	43,5
95	34,5	46	41,5	40	35	44,5	45,5
120ож	35	46,5	42	40	36	45,5	46
120	39	50	46,5	43,5	38	48	48
150ож	37,5	49	44,5	43	39	48	49
150	41,5	53	48,5	47	41	50	51
185ож	41	52	48	46,5	42	50,5	51,5
185	44,5	55	51,5	50	44	53	54
240ож	45	56	52	50,5	45,5	54,5	55,5
240	49,5	61	56	55	49	58	59

Примечание. * – для диапазона сечений 25–185 мм²

Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами
на напряжение 6 кВ, кг/км

Таблица 23.13

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл ААБ2л ЦААБл* ЦААБ2л*	ААБлГ ААБлГ	ААШв ААШнг	АСГ	АСБ	АСБл АСБ2л ЦАСБл*
10	600	1550	1300	830	1550	2050	2200
16	750	1800	1500	1000	1900	2450	2550
25	800	1800	1500	1050	1950	2500	2600
35	950	2050	1700	1200	2200	2750	2900
50	1200	2350	2000	1500	2600	3300	3400
70ож	1400	2700	2300	1750	3150	3700	3850
70	1550	2850	2500	1900	3400	4000	4200
95ож	1750	3100	2700	2100	3600	4200	4300
95	1900	3300	2900	2300	3900	4500	4600
120ож	2000	3500	3100	2450	4200	4800	4900
120	2300	3800	3400	2700	4500	5000	5200
150ож	2400	3900	3500	2800	4900	5500	5700
150	2700	4300	3900	3200	5300	5700	5900
185ож	2850	4400	4100	3400	5600	6100	6300
185	3100	4900	4400	3700	5900	6400	6600
240ож	3500	5300	4800	4000	6500	7100	7300
240	3800	5700	5200	4400	7100	7600	7800

Примечание. * – для диапазона сечений 25–185 мм².

Наружные диаметры трехжильных кабелей
с алюминиевыми жилами на напряжение 10 кВ, мм

Таблица 23.14

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл ААБ2л ЦААБл* ЦААБ2л*	ААБлГ ААБлГ	ААШв ААШнг	АСГ	АСБ ЦАСБ	АСБл АСБ2л ЦАСБл*
16	27	38,5	34	32	28	37,5	38,5
25	27	38,5	34	32	28	37,5	38,5
35	29	40,5	36	34	30	39,5	40,5
50	31	42,5	38,5	36,5	32,5	41,5	42,5
70ож	33,5	45	40,5	39	35	44	45
70	35,5	47	42,5	41	37	46	47
95ож	36,5	48	43,5	42	37,5	47	48
95	38,5	50	45,5	43	39,5	49	50
120ож	40	50,5	46	44	40	49,5	50,5
120	42,5	54	49,5	48	43	51	52
150ож	42	53,5	49	48	43	52	53
150	45,5	56,5	52,5	51	45,5	53,5	54,5
185ож	44,5	56	52	50,5	44,5	54,5	55,5
185	48,5	60	56	54	48	57	58
240ож	48,5	60	55,5	54	49,5	58,5	59,5
240	53,5	66	62	59	53	63	64

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Массы трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами
на напряжение 10 кВ, кг/км

Таблица 23.15

Номинальное сечение жил, мм ²	ААГ	ААБл ААБ2л ЦААБл* ЦААБ2л*	ААБлГ ААБлГ	ААШв ААШнг	АСГ	АСБ ЦАСБ	АСБл АСБ2л ЦАСБл*
16	1000	2200	1850	1300	2400	3100	3200
25	1050	2200	1900	1350	2500	3100	3250
35	1200	2400	2100	1500	2900	3400	3500
50	1400	2700	2400	1800	3300	3800	3900
70ож	1700	3100	2700	2100	3800	4400	4500
70	1800	3300	2900	2200	3950	4600	4700
95ож	2050	3500	3100	2450	4450	5100	5200
95	2200	3800	3300	2600	4600	5300	5400
120ож	2400	3900	3500	2800	4900	5500	5600
120	2600	4300	3900	3200	5100	5750	5800
150ож	2800	4500	4000	3300	5700	6100	6300
150	3100	4900	4400	3600	5900	6400	6500
185ож	3300	5000	4600	3800	6300	6900	7000
185	3500	5400	4900	4100	6800	7200	7400
240ож	3900	5800	5300	4500	7300	7800	8000
240	4300	7000	6500	5000	8000	9200	9400

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Разновидности кабелей с медными жилами

Кабель с медными жилами в различных модификациях сегодня широко применяется в быту и промышленности. Производятся силовые, сигнальные, бытовые и прочие виды медных кабелей. Как правило, кабель с медными жилами характеризуется долговечностью и удобством монтажа. При этом цена на кабель с медными жилами зависит от производителя и предполагаемой сферы применения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Цена на кабель с медными жилами обычно выше, чем на кабель того же сечения, но с алюминиевыми жилами. Однако при этом медные кабели имеют более высокие параметры длительно-допустимой токовой нагрузки.

Силовые кабели. Кабель силовой с медными жилами находит практическое применение в сетях постоянного и переменного напряжения. Кабель силовой с медными жилами предназначен для передачи электроэнергии от электростанций к подстанциям, к транспортным и коммунальным объектам, а также к промышленным предприятиям.

Такие кабели могут иметь бумажную, пластмассовую или резиновую изоляцию. Они могут содержать до пяти токопроводящих жил. Кабель силовой с медными жилами может эксплуатироваться на любых силовых линиях. Наиболее распространен силовой кабель с медными жилами ВВГ и его вариации (рис. 23.2).

Контрольные кабели. Кабель контрольный медный предназначен для стационарного и подвижного соединения различных электрических приборов, механизмов и распределительных устройств с переменным напряжением до 660 В и различными значениями частоты.

Наиболее распространен в данной группе кабель контрольный с медными жилами марки КВВГ. Это контрольный кабель с медными жилами в ПВХ-оболочке. Кабели данной марки, например, КВВГ (рис. 23.3) применяются для прокладки в помещениях и на открытом воздухе, а также в каналах, туннелях при условии защиты его от механического воздействия.

Кабели для бытового применения. Бытовой кабель с медными жилами бывает одножильным и многожильным. Многожильные кабели в общей оболочке имеют две и более отдельно изолированные жилы. Примером медного бытового кабеля можно назвать марку кабеля КГ. Это довольно универсальные кабели: многожильные применяются для изготовления уличных переносок и переносных светильников, а одножильные чаще всего применяются для подключения сварочных аппаратов.

Самым популярным кабелем для использования в домашней электрической проводке является кабель марки ВВГ, немного реже используются кабели NYM (рис. 23.4).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Кабель силовой
с медными жилами



Рис. 23.2. Кабель марки ВВГ



Рис. 23.3. Кабель марки КВВГ



Рис. 23.4. Кабель марки NYM

Одножильные кабели с медными жилами

Наружные диаметры одножильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ, мм, представлены в табл. 23.16. Массы одножильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ, кг/км, представлены в табл. 23.17.

Наружные диаметры одножильных кабелей
с медными жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.16

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л	Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
10	9	17,5	13,5	18,5	120	20	29,5	25	30,5
16	10	18,5	14,5	19,5	150	22	31,5	27	32,5
25ож	11	20	15,5	21	185	24	33,5	29,5	34,5
25	11,5	20,5	16	21,5	240	27	36,5	32	37,5
35ож	12	21	16,5	22	300	30	39,5	35	40,5
35	13	21,5	17,5	22,5	400	33,5	43	38,5	44
50ож	13	22	18	23	500	37,5	47	42	48
50	14,5	24	19,5	25	625	41	50	46	51
70	16,5	26	21,5	27	800	46	56	51	57
95	18	27,5	23	28,5					

Массы одножильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.17

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л	Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
10	500	750	600	800	120	2300	2800	2500	2900
16	600	870	710	940	150	2700	3200	2950	3300
25ож	760	1050	910	1100	185	3300	3800	3500	3900
25	810	1100	960	1150	240	4100	4700	4400	4800
35ож	910	1200	1000	1250	300	5000	5500	5200	5650
35	970	1250	1100	1350	400	6200	6800	6400	6900
50ож	1100	1400	1200	1500	500	7700	8300	7900	8500
50	1200	1650	1450	1750	625	9400	9700	9400	10000
70	1550	1950	1750	2050	800	11500	12200	11700	12400
95	1900	2300	2100	2400					

Трехжильные кабели с медными жилами

Для исключения повреждений кабелей они должны наматываться на барабаны с диаметром шейки не менее чем 18 (O+d) для одножильных кабелей в свинцовой оболочке, 15 (O+d) для многожильных кабелей в свинцовой оболочке и 250 для кабелей в алюминиевой оболочке; где:

- O — диаметр кабеля по металлической оболочке, мм;
- d — диаметр круглой жилы или диаметр жилы круглой формы, имеющей ту же площадь поперечного сечения, что и секторная или сегментная жила, мм.

Наружные диаметры трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ, мм, представлены в табл. 23.18. Массы трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ, кг/км, представлены в табл. 23.19. Наружные диаметры трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 6 кВ, мм, представлены в табл. 23.20. Массы

трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 6 кВ, кг/км, представлены в табл. 23.21. Наружные диаметры трехжильных кабелей на напряжение 10 кВ, мм, представлены в табл. 23.22. Массы трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 10 кВ, кг/км представлены в табл. 23.23.

Наружные диаметры трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.18

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
6	13	22	17,5	23
10	14,5	24,5	20	25,5
16	17	26,5	22	27,5
25ож	17	26,5	22	27,5
25	18	27,5	23	28,5
35ож	19,5	29	24,5	30
35	20	29,5	25,5	31
50ож	22	31	26,5	32

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
50	23	32	28	33,5
70	25,5	35	31	36
95	29	39	34,5	40
120	33,5	43	38	44
150	37	46	42	47
185	41	50	45,5	51
240	46	55	51	56

Массы трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 1 кВ

Таблица 23.19

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
6	850	1150	960	1200
10	1100	1550	1300	1600
16	1500	1900	1700	2000
25ож	1650	2100	1850	2150
25	1700	2200	1950	2250
35ож	2100	2600	2350	2700
35	2200	2700	2450	2800
50ож	2700	3200	2900	3300

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ	СБГ	СБл, СБ2л
50	2800	3350	3050	3400
70	3600	4200	3900	4300
95	4700	5400	5050	5500
100	5900	6450	6100	6550
150	7200	7800	7400	7900
185	8900	9300	8800	9400
240	11000	11500	11000	11500

Наружные диаметры трехжильных кабелей с медными жилами на напряжение 6 кВ

Таблица 23.20

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
10	21,5	31	26,5	32
16	24	33,5	29	34,5
25ож	24	33,5	29	34,5
25	24,5	34	30	35
35ож	26	35,5	31	36,5
35	27	36,5	32	37,5
50ож	28	37,5	33,5	38,5
50	29	39	34,5	40

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
70	32,5	41,5	37	42,5
95	36	45	40,5	46
120	39	48,5	44	49,5
150	43	51,5	47	52,5
185	46	55	50,5	56
240	51	59,5	56	61

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Массы трехжильных кабелей с медными жилами
на напряжение 6 кВ, кг/км

Таблица 23.21

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
10	1800	2300	2050	2350
16	2200	2750	2500	2850
25ож	2400	2950	2650	3050
25	2500	3050	2750	3150
35ож	2850	3450	3100	3500
35	3050	3700	3350	3800
50ож	3550	4200	3900	4300
50	3700	4400	4050	4500

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
70	4650	5200	4850	5300
95	5800	6400	6000	6500
120	6950	7600	7150	7700
150	8350	8800	8300	8900
185	9700	10300	9600	10500
240	12000	12500	12000	12500

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Наружные диаметры трехжильных кабелей на напряжение 10 кВ, мм

Таблица 23.22

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
16	28	37,5	33	38,5
25ож	28	37,5	33	38,5
25	29	38,5	34	39,5
35ож	30	39,5	35	40,5
35	31	40	36	41
50ож	32	41,5	37	42,5
50	33,5	43	38,5	44

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
70	36,5	45,5	41	46,5
95	40	49	45	50
120	43	52	48	53
150	46,5	56	51	56,5
185	50	59	54	60
240	55	65	61	66

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Массы трехжильных кабелей с медными жилами
на напряжение 10 кВ, кг/км

Таблица 23.23

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
16	2750	3400	3100	3500
25ож	2950	3600	3300	3700
25	3050	3700	3400	3800
35ож	3550	4100	3750	4200
35	3700	4200	3850	4300
50ож	4200	4750	4400	4850
50	4350	4900	4550	5050

Номинальное сечение жил, мм ²	СГ	СБ, ЦСБ*	СБГ	СБл, СБ2л, ЦСБл*
70	5300	5900	5500	6000
95	6500	7200	6700	7300
120	7800	8200	7750	8350
150	9000	9600	9150	9800
185	10500	11000	10500	11000
240	13000	14000	13500	14000

Примечание. * Для диапазона сечений 25–185 мм².

Требования к электрическим параметрам

Значения тангенса угла диэлектрических потерь для кабелей на напряжение 10 кВ нормируется на уровне 0,008 при измерении при напряжении 5 кВ.

Срок службы кабелей составляет 30 лет. Срок хранения кабелей на открытых площадках — не более 2 лет, под навесом — не более 5 лет, в закрытых помещениях — не более 10 лет.

Длительно допустимая температура жил кабелей при эксплуатации и максимально допустимая температура жил при коротком замыкании не должны превышать значений, указанных в **табл. 23.24**. На барабанах кабели должны выдержать в течение 10 мин испытание переменным напряжением частотой 50 Гц в соответствии с таблицей. Значения испытательного напряжения представлены в **табл. 23.24, правый столбец**.

*Допустимые температуры кабелей и значения испытательного напряжения**Таблица 23.24*

Номинальное напряжение, кВ	При длительной эксплуатации, °С	При токе короткого замыкания, °С	Испытательное напряжение, кВ
1	80	250	4
6	80	200	17
10	70	200	25

СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЯ 20 И 35 КВ

|| Конструкция силовых кабелей

Силовые кабели на напряжения 20 и 35 кВ изготавливаются одножильными или трехжильными. В этих кабелях для получения равномерно распределенного в изоляции радиального электрического поля поверх изоляции жилы накладывают металлическую, как правило, алюминиевую или свинцовую влагозащитную оболочку. Кроме того, они имеют улучшенный отвод тепла от центра и потому допускают по сравнению с кабелями с поясной изоляцией повышение токовой нагрузки на 5—20 %. Жилы кабелей сечением от 25 до 400 мм² выполняют одно- и многопроволочными.

Кабели на напряжение 20 кВ сечением 25–400 мм² изготавливаются одножильными, сечением 22–185 мм² — трехжильными в отдельных оболочках.

Кабели на напряжение 35 кВ сечением 120–300 мм² изготавливаются одножильными, сечением 120 и 150 мм² — трехжильными с отдельно освинцованными оболочками.

На круглую алюминиевую или медную жилу одножильного кабеля последовательно наматывают ленты из электропроводящей бумаги, бумажной пропитанной изоляции, экран из электропроводящих лент и оболочку из свинца или алюминия. На одножильные кабели накладывают защитные покровы, а трехжильные — бронируют.

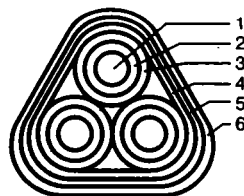


Рис. 24.2. Конструкция силового кабеля марки ОСБ треугольной формы с отдельно освинцованными жилами:

- 1 — токопроводящая жила;
- 2 — изоляция; 3 — свинцовая оболочка; 4 — подушка под броней; 5 — броня из стальных лент; 6 — защитный покров

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Силовые кабели
с бумажной
пропитанной
изоляцией
на напряжения
20 и 35 кВ*

Силовые одножильные кабели на напряжение 20 и 35 кВ

Температурные режимы: длительно допустимая температура 65 °С, максимальная допустимая при токе короткого замыкания — 130 °С.

Значение тангенса угла диэлектрических потерь не должно превышать 0,006.

Срок службы кабелей составляет 30 лет. Кабели, расположенные на барабанах, в период приемки и поставки испытывают в течение 10 мин переменным напряжением 50 кВ (кабели на напряжение 20 кВ) и 88 кВ (кабели на напряжение 35 кВ). Электрическое сопротивление изоляции при температуре 20 °С должно быть не меньше 200 МОм.

Данные о силовых одножильных кабелях на напряжение 20 и 35 кВ приведены в табл. 24.1, а о трехжильных с отдельно освинцованными жилами — в табл. 24.2 и табл. 24.3.

Силовые одножильные кабели на напряжение 20 и 25 кВ

Таблица 24.1

Сечение, мм ²	Внешний диаметр, мм		Масса, кг/км			
	АСГ, СГ	АСКл, СКл	АСГ	СГ	АСКл	СКл
Кабели на напряжение 20 кВ						
25	24,3	—	1952	2107	—	—
35	25,3	—	2077	2293	—	—
50	26,8	—	2343	2653	—	—
70	28,2	—	2540	—	—	—
70*	30,0	—	2873	3312	—	—
95	30,1	—	2937	—	—	—
95*	31,7	—	3127	3722	—	—
120	29,2	—	2726	—	—	—
120*	31,4	—	3114	3866	—	—
150	30,9	—	3116	—	—	—
150*	33,1	—	3376	4316	—	—
185	32,5	—	3374	—	—	—
185*	34,9	—	2772	4930	—	—
240	34,8	—	3868	—	—	—

Сечение, мм ²	Внешний диаметр, мм		Масса, кг/км			
	АСГ, СГ	АСКл, СКл	АСГ	СГ	АСКл	СКл
240*	37,7	—	4551	5854	—	—
300*	40,2	—	4351	6682	—	—
400*	43,8	—	5701	8246	—	—
Кабели на напряжение 35 кВ						
120	35,7	56,0	3832	—	8384	—
120*	37,8	58,1	4227	4979	8908	9660
150	37,1	57,4	4080	—	8750	—
150*	39,5	59,8	4522	5462	9441	10381
185	38,9	59,2	4509	—	9314	—
185*	41,1	61,7	5053	6211	10113	11271
240	41,3	61,5	5147	—	10202	—
240*	44,0	64,3	5547	7050	10859	12362
300*	46,5	66,8	6046	7925	11612	13491

Примечание. * Кабели с многопроволочной жилой.

Силовые трехжильные кабели на напряжение 20 и 35 кВ

Данные о трехжильных кабелях с отдельно освинцованными жилами представлены в табл. 24.2 и табл. 24.3. Наружный диаметр,

масса силовых трехжильных кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми и медными жилами представлены в табл. 24.4.

Силовые трехжильные кабели с отдельно освинцованными медными жилами на напряжения 20 и 35 кВ

Таблица 24.2

Сечение, мм ²	Внешний диаметр, мм			Масса, кг/км		
	ОСБ	ОСБГ	ОСК	ОСБ	ОСБГ	ОСК
Кабели на напряжение 20 кВ						
25	71,3	66,8	81,0	9945	9481	17002
35	73,3	68,8	83,0	10622	10145	17918
50	76,3	72,2	86,4	11415	11415	19653
70	82,9	78,4	93,2	13230	13230	22746
95	86,6	82,1	96,9	14639	14639	24550
120	85,9	81,4	96,2	15072	15072	25091
150	89,6	85,1	99,9	16648	16648	27186
185	98,5	89,0	103,8	19221	18614	20684
Кабели на напряжение 35 кВ						
120	98,1	93,6	110	19331	18694	30987
150	101,8	97,3	—	21028	20366	—

Наружный диаметр и масса силовых трехжильных кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми и медными жилами на напряжение 20 кВ

Таблица 24.3

Сечение жил, мм ²	АОСБ		АОСБГ		ОСБ		ОСБГ	
	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км
25	65	9000	63	8700	65	9100	63	8900
35	67	9500	65	9100	67	9600	65	9300
50	69	10500	67	9700	69	10500	67	10000
70	73	11000	70	10500	73	12000	70	11500
95	74	11500	72	11000	75	13000	73	12500
120	76	12000	74	11500	76	13500	74	13000
150	78	13000	75	12500	81	15500	79	15500
185	84	14500	82	14000	84	17500	82	17000

Наружный диаметр и масса силовых трехжильных кабелей с отдельно освинцованными алюминиевыми и медными жилами на напряжение 35 кВ

Таблица 24.4

Сечение жил, мм ²	АОСБ		АОСБГ		ОСБ		ОСБГ	
	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км	Диаметр, мм	Масса, кг/км
120	86	15000	83	14500	92	17000	84	16500
150	89	16000	87	15500	97	19500	90	19000

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей

Максимальной допустимая длительная токовая нагрузка — максимальное значение тока, при котором температура жил достигает

предельно допустимых значений, но при этом не приводит к выходу кабеля из строя, называется.

Допустимый длительный ток — это максимальное значение электрического тока, который проводник, устройство или аппарат способен проводить в продолжительном режиме без превышения его установившейся температуры определенного значения (определение согласно ГОСТ 30331.1-2013).

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей на напряжение 20 и 35 кВ зависят от материала жил, условий прокладки и приведены в табл. 24.5 и табл. 24.6. При этом длительно допустимая температура нагрева изоляции не должна превышать 80 °С.

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей на напряжение 20 кВ, А

Таблица 24.5

Номинальное сечение жил, мм ²	Условия прокладки кабелей			
	С медными жилами		С алюминиевыми жилами	
	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе
25	125	120	100	95
35	150	145	115	110
50	180	175	140	135
70	220	220	170	170
95	265	265	205	205
120	300	310	235	240
150	340	350	265	270
185	380	400	300	315

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей на напряжение 35 кВ, А

Таблица 24.6

Номинальное сечение жил, мм ²	Условия прокладки кабелей			
	С медными жилами		С алюминиевыми жилами	
	в земле	на воздухе	в земле	на воздухе
120	285	300	225	235
150	325	340	250	265

ONLINE ВИДЕО

Допустимые
токовые нагрузки
кабелей

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Токовые нагрузки
на кабели
и провода

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Правила устройства
электроустановок.
7-е издание
п.1.3.10-1.3.11

Приемо-сдаточные испытания силовых кабельных линий

Силовые кабельные линии напряжением до 35 кВ испытываются согласно ПУЭ-7 п.1.8.40 **Нормы приемо-сдаточных испытаний. Силовые кабельные линии** по пп.1, 2, 3, 6, 7, 11, 13.

Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует производить до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Испытательное напряжение принимается в соответствии с табл. 24.7.

Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей

Таблица 24.7

Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ										
2	3	6	10	20	35	110	150	220	330	500
12	18	36	60	100	175	285	347	510	670	865
Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение, кВ					Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ					
1*	3	6	10	110	3	6		10		
5,0	15	36	60	285	6	12		20		

Допустимые токи утечки в зависимости от испытательного напряжения и допустимые значения коэффициента асимметрии при измерении тока утечки приведены в табл. 24.8. Абсолютное значение тока утечки не является браковочным показателем. Кабельные линии с удовлетворительной изоляцией должны иметь стабильные значения токов утечки. При проведении испытания ток утечки должен уменьшаться. Если не происходит уменьшения значения тока утечки, а также при его увеличении или нестабильности тока испытание производить до выявления дефекта, но не более чем 15 мин.

Токи утечки и коэффициенты асимметрии для силовых кабелей

Таблица 24.8

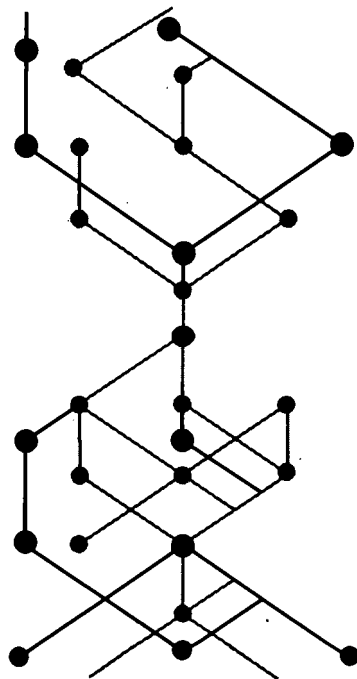
Кабели напряжением, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Допустимые значения токов утечки, мА	Допустимые значения коэффициента асимметрии (I_{\max}/I_{\min})
20	100	1.5	10
35	175	2.5	10

Испытание напряжением переменного тока частоты 50 Гц допускается для кабельных линий на напряжение 110—500 кВ взамен испытания выпрямленным напряжением.

Испытание производится напряжением $(1,00—1,73)U_{\text{ном}}$. Допускается производить испытания путем включения кабельной линии на номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$. Длительность испытания — согласно указаниям завода-изготовителя.

СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

- *Разновидности силовых полупроводниковых приборов*
- *Транзисторы MOSFET*
- *Мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором*
- *Силовые диоды*
- *Термисторы*
- *Мощные транзисторы*
- *Тиристоры и симисторы*
- *Симисторы и тиристоры зарубежного производства*



РАЗНОВИДНОСТИ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Силовые MOSFET транзисторы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

MOSFET – это аббревиатура от английского словосочетания *Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor* (Металл-Оксидные Полупроводниковые Полевые Транзисторы).

ПРИМЕЧАНИЕ

Данный класс транзисторов отличается минимальной мощностью управления при значительной выходной (сотни ватт). Необходимо отметить чрезвычайно малые значения сопротивления в открытом состоянии (десятые доли ома при выходном токе в десятки ампер), а, следовательно, минимальную мощность, выделяющуюся на транзисторе в виде тепла.

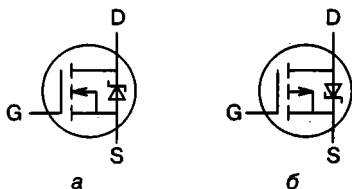


Рис. 25.1. Обозначение MOSFET транзисторов (G – затвор, D – сток, S – исток):
а – N-канальный; б – P-канальный

Обозначение этого типа транзисторов показано на рис. 25.1. Для сокращения числа внешних компонентов в транзистор может быть встроен мощный высокочастотный демпферный диод.

К неоспоримым преимуществам MOSFET транзисторов перед биполярными можно отнести следующие:

- ♦ **во-первых**, минимальная мощность управления и большой коэффициент усиления по току обеспечивает простоту схем управления (есть даже разновидность MOSFET, управляемых логическими уровнями);
- ♦ **во-вторых**, большая скорость переключения (при этом минимальны задержки выключения, обеспечивается широкая область безопасной работы);
- ♦ **в-третьих**, возможность простого параллельного включения транзисторов для увеличения выходной мощности;
- ♦ **в-четвертых**, устойчивость транзисторов к большим импульсам напряжения (dv/dt).

Данные приборы находят широкое применение в устройствах управления мощной нагрузкой, импульсных источниках питания. Область их применения ограничена максимальным напряжением сток-исток (до 1000 В).

ПРИМЕЧАНИЕ

MOSFET-транзисторы с N-каналом наиболее популярны для коммутации силовых цепей.

Напряжение управления или напряжение, приложенное между затвором и истоком для включения MOSFET, должно превышать порог $U_T = 4$ В, фактически необходимо 10–12 В для надежного включения MOSFET. Снижение напряжения управления до нижнего порога U_T приведет к выключению MOSFET.

Силовые MOSFET выпускают различные **производители**:

- ♦ HEXFET (фирма NATIONAL);
- ♦ VMOS (фирма PHILLIPS);
- ♦ SIPMOS (фирма SIEMENS).

На **рис. 25.2** показано сходство внутренней структуры HEXFET, VMOS и SIPMOS. Они имеют вертикальную четырехслойную структуру с чередованием P и N слоев.

Если напряжение, приложенное к выводам затвора, выше порогового уровня, напряжение на затворе смещается относительно истока, создавая инверсный N-канал под пленкой оксида кремния, который соединяет исток со стоком для протекания тока.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Полевые (MOSFET)
транзисторы
силовые*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*MOSFET-
транзисторы
Vishay Siliconix*

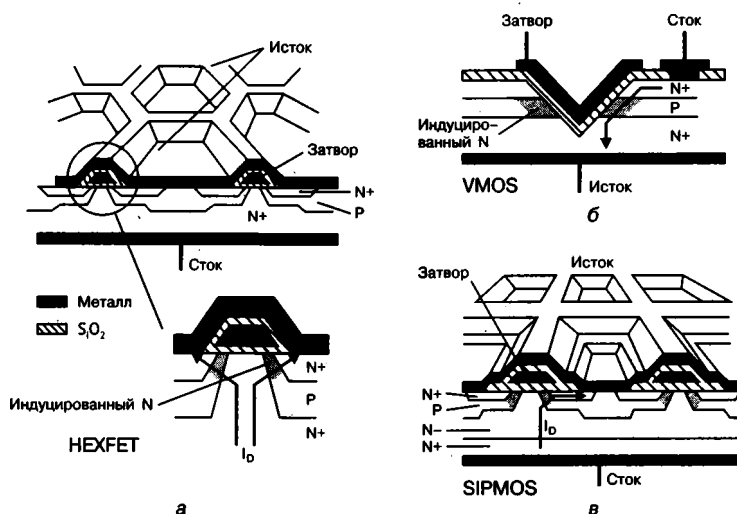


Рис. 25.2. Внутренние структуры транзисторов:
а – HEXFET; б – VMOS; в – SIPMOS

Проводимость MOSFET обеспечивается за счет основных носителей, так как отсутствуют инжектированные неосновные носители в канале. Это не приводит к накоплению заряда, что ускоряет процесс переключения. Во включенном состоянии зависимость между током и напряжением почти линейна, как и сопротивление, которое рассматривается как сопротивление канала в открытом состоянии.

Эквивалентная цепь MOSFET показана на рис. 25.3. Два емкостных сопротивления между затвором и истоком, затвором и стоком приводят к задержке переключения, если драйвер не может поддерживать большой ток включения. Еще одно емкостное сопротивление транзистора находится между стоком и истоком, но из-за внутренней структуры

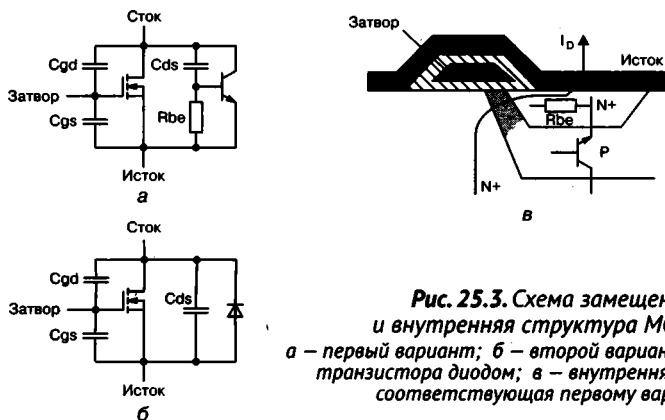


Рис. 25.3. Схема замещения
и внутренняя структура MOSFET:
а – первый вариант; б – второй вариант с замещением
транзистора диодом; в – внутренняя структура,
соответствующая первому варианту

транзистора шунтируется паразитным диодом, образованным между стоком и истоком. К сожалению, паразитный диод не быстродействующий и его не следует принимать во внимание, а для ускорения переключения вводится дополнительный шунтирующий диод.

Рассмотрим **основные параметры, характеризующие MOSFET транзисторы:**

- ♦ максимальное напряжение «сток-исток», U_{DS} — максимальное мгновенное рабочее напряжение;
- ♦ продолжительный ток стока, I_D — максимальный ток, который может проводить MOSFET, обусловленный температурой перехода;
- ♦ максимальный импульсный ток стока, I_{DM} — больше, чем I_D и определен для импульса заданной длительности и рабочего цикла;
- ♦ максимальное напряжение «затвор-исток» (U_{GS}), U_{GS} — максимальное напряжение, которое может быть приложено между затвором и истоком без повреждения изоляции затвора;
- ♦ пороговое напряжение затвора, $U_T \{U_{TH}, U_{GS}\}$;
- ♦ минимальное напряжение на затворе, при котором транзистор включается U_T .

ONLINE ВИДЕО



Силовые MOSFET транзисторы – 30...100 В в корпусе SOT-23



МОП MOSFET транзистор. Принцип работы в анимации



Управление нагрузкой MOSFET транзистор



Как работают MOSFET транзисторы (МОП, МДП транзисторы)



Чем MOSFET лучше биполярного транзистора



Силовой ключ – MOSFET-транзистор для управления постоянным током

Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ или IGBT)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Биполярные транзисторы с изолированным затвором БТИЗ (английская аббревиатура IGBT – *Isolated Gate Bipolar Transistor*) – полупроводниковые приборы, у которых на входе находится полевой транзистор, а на выходе – биполярный.

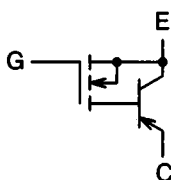


Рис. 25.4. Один из вариантов структуры БТИЗ

Одно из таких сочетаний показано на рис. 25.4. Прибор введен в силовую цепь выводами биполярного транзистора E (Emitter, эмиттер) и C (Collector, коллектор), а в цепь управления – выводом G (затвор).

Таким образом, БТИЗ имеет три внешних вывода: эмиттер, коллектор, затвор. Соединения эмиттера и стока (D), базы и истока (S) являются внутренними. Сочетание двух приборов в одной структуре позволило объединить достоинства полевых и биполярных транзисторов: высокое входное сопротивление с высокой токовой нагрузкой и малым сопротивлением во включенном состоянии.

Структура БТИЗ. Схематичный разрез структуры БТИЗ показан на рис. 25.5. Биполярный транзистор (рис. 25.5, а) образован слоями р⁺ (эмиттер), п (база), р (коллектор); полевой – слоями п (исток), п⁺ (сток) и металлической пластиной (затвор). Слои р⁺ и р имеют внешние выводы, включаемые в силовую цепь. Затвор имеет вывод, включаемый в цепь управления.

На рис. 25.5, б изображена структура IGBT IV поколения, выполненного по технологии «утопленного» канала (*trench-gate technology*), позволяющей исключить сопротивление между р-базами и уменьшить размеры прибора в несколько раз.

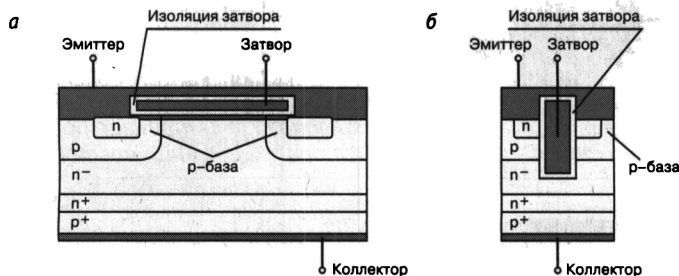


Рис. 25.5. Структуры БТИЗ:

а – стандартного транзистора; б – транзистора, созданного по технологии trench gate

Принцип действия и особенности. Процесс включения IGBT можно разделить на два этапа:

- ♦ **этап 1** — после подачи положительного напряжения между затвором и истоком происходит открытие полевого транзистора (формируется n-канал между истоком и стоком);
- ♦ **этап 2** — движение зарядов из области n в область p приводит к открытию биполярного транзистора и возникновению тока от эмиттера к коллектору.

Таким образом, полевой транзистор управляет работой биполярного. Для IGBT с номинальным напряжением 600–1200 В в полностью включенном состоянии прямое падение напряжения, так же как и для биполярных транзисторов, находится в диапазоне 1,5–3,5 В.

Это значительно меньше, чем характерное падение напряжения на силовых MOSFET в проводящем состоянии с такими же номинальными напряжениями.

С другой стороны, MOSFET с номинальным напряжением 200 В и меньше имеют более низкое значение напряжения во включенном состоянии, чем IGBT, и остаются непревзойденными в этом отношении в области низких рабочих напряжений и коммутируемых токов до 50 А.

По быстродействию IGBT уступают MOSFET, но значительно превосходят биполярные. Типичные значения времени рассасывания накопленного заряда и спада тока при выключении IGBT находятся в диапазонах 0,2–0,4 и 0,2–1,5 мкс соответственно.

Область безопасной работы IGBT позволяет успешно обеспечить его надежную работу без применения дополнительных цепей формирования траектории переключения при частотах от 10 до 20 кГц для модулей с номинальными токами в несколько сотен ампер. Такими качествами не обладают биполярные транзисторы, соединенные по схеме Дарлингтона.

Так же как и дискретные, MOSFET вытеснили биполярные в ключевых источниках питания с напряжением до 500 В, так и дискретные IGBT делают то же самое в источниках с более высокими напряжениями (до 3500 В).

ONLINE ВИДЕО



*Как работаем IGBT
транзистор. 6кВ 2.5 кА?*



*Что такое
IGBT транзисторы*



*MOSFET vs IGBT.
Что выбрать?*

Модули БТИЗ

БТИЗ-модуль по внутренней электрической схеме может представлять собой:

- ♦ единичный БТИЗ;
- ♦ двойной модуль (*half-bridge*, с английского полумост), где два БТИЗ соединены последовательно;
- ♦ прерыватель (*chopper*), в котором единичный БТИЗ последовательно соединен с диодом;
- ♦ однофазный или трехфазный мост.

Во всех случаях, кроме прерывателя, модуль содержит встроенный обратный диод параллельно каждому IGBT. Наиболее распространенные схемы соединений IGBT-модулей приведены на рис. 25.6.

ПРИМЕЧАНИЕ

Основное различие между дискретными приборами и силовыми модулями заключается в способе электрической связи их с другими элементами схемы. Дискретные компоненты соединяются с элементами схемы на печатной плате посредством пайки.

Максимальное значение токов в контактных соединениях печатной платы обычно не превышает 100 А в установившихся режимах работы. Это накладывает естественные ограничения на число параллельно соединяемых компонентов. С другой стороны, силовые модули имеют выводы под винтовые зажимы. Поэтому они могут соединяться с кабельными наконечниками или непосредственно с токопроводящими шинами. Силовые модули также могут напрямую соединяться с печатной платой через сквозные отверстия.

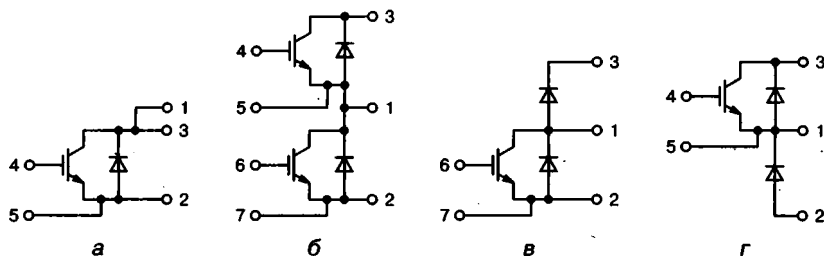


Рис. 25.6. Принципиальные схемы БТИЗ модулей:

а – единичный БТИЗ; б – двойной модуль;

в – коллекторный прерыватель (чоппер); г – эмиттерный прерыватель (чоппер)

Модули выполняются в **трех вариантах**:

- ♦ по одноключевой схеме (серия МДТКИ);
- ♦ по двухключевой схеме (М2ТКИ);
- ♦ по схеме прерывателя тока, чоппера (серия МТКИД).

Транзисторы шунтируются диодами обратного тока, в качестве которых используются диоды с супербыстрым «мягким» восстановлением (FRD диоды).

ONLINE ВИДЕО



Силовые диоды

Диоды — это не только единичные компоненты, они могут быть использованы в модулях. Часто диоды являются составной частью транзисторных модулей. Виды типовых диодных модулей показаны на рис. 25.7.

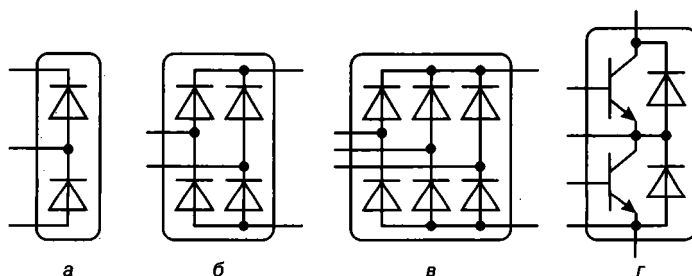


Рис. 25.7. Типовые диодные модули:

а — двойной модуль; б — диодный мост;

в — трехфазный мост; г — двойной диодно-транзисторный модуль

Диоды общего назначения (General Purpose Diodes):

- ♦ имеют относительно большое время восстановления (25 нс);
- ♦ используются в низкочастотных устройствах (1 кГц);
- ♦ имеют большую силу тока (1...10000 А);

- ♦ имеют высокий уровень напряжения (50...5000 В);
- ♦ обычно изготавливаются с использованием диффузионного процесса.

Быстродействующие диоды:

- ♦ имеют малое (low) время восстановления (менее 5 нс);
- ♦ используются и в импульсных источниках питания, и в инверторных схемах;
- ♦ имеют достаточно большую силу тока (1...3000 А);
- ♦ имеют достаточно значительную величину напряжения (50—2000 В);
- ♦ для напряжения около 400 В при изготовлении этих диодов используют эпитаксиальную подложку для более быстрого переключения, со временем восстановления 50 нс.

Диоды Шоттки обладают такими особенностями:

- ♦ барьерный потенциал, создаваемый в кремний-металлическом переходе анода, устраняет проблему накопления заряда, металлический слой осажден на тонком эпитаксиальном N слое;
- ♦ неосновные носители отсутствуют, поэтому время рекомбинации равно нулю, но процесс переключения зависит только от основных носителей;
- ♦ на время восстановления оказывает влияние емкостное сопротивление кремний-металлического перехода;
- ♦ имеют относительно низкое прямое падение напряжения, обусловленное уровнем концентрации примесей, барьерный потенциал с уровнем 0,2...0,9 В;
- ♦ большой ток утечки (до 100 мА);
- ♦ малый ток (1...300 А);
- ♦ низкий уровень напряжения (<100 В).

Силовые диоды Зенера (полупроводниковые стабилитроны):

- ♦ сильно легированы и созданы для работы в области лавинного пробоя;
- ♦ длительная мощность имеет средний показатель (250 мВт ... 75 Вт);
- ♦ могут использоваться для подавления помех как ограничитель, при этом поглощают в импульсе до 50 кВт.

ONLINE ВИДЕО



Типы и особенности силовых диодов



Чисто серебряные силовые диоды



Зачем нужны диоды Шоттки

Силовые модули

Силовые модули предназначены для построения элементов электротехнических систем различного назначения: выпрямителей, инверторов, преобразователей напряжения или частоты.

Семейство силовых модулей включает в себя монолитные гибридные интегральные полупроводниковые сборки с изолированными радиаторами следующих силовых элементов: диодов; тиристоров; МОП-транзисторов; IGBT.

По управлению модули разделяются на две группы:

- ♦ модули с непосредственным управлением;
- ♦ модули с оптически развязанным управлением.

Функционально модули делятся на пять групп:

- ♦ тиристорно-диодные;
- ♦ транзисторно (IGBT)-диодные;
- ♦ полумосты (МОП или IGBT);
- ♦ трехфазные мосты (диодные или IGBT);
- ♦ мощные сборки транзисторов (МОП или IGBT).

ONLINE ВИДЕО



IGBT- и MOSFET-модули

ONLINE ВИДЕО



IGBT-модули

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Силовые модули

ТРАНЗИСТОРЫ MOSFET

|| PolarHT™ HiPerFETs™ и IGBT транзисторы фирмы IXYS

ПРИМЕЧАНИЕ

Технология PolarHT™ HiPerFETs™ уменьшает сопротивление включенного канала $R_{ds(on)}$ на 30 % для полевых транзисторов.

Корпорация IXYS выпускает семейство силовых MOSFET транзисторов по технологии PolarHT с диапазоном рабочих напряжений между стоком и истоком от 100 до 300 В. Семейство содержит выходной диод (рис. 26.1) для защиты перехода «сток-исток» от обратных токов, имеет высокую крутизну dV/dt , меньшее сопротивление включенного канала $R_{DS(on)}$, меньший заряд затвора Q_g и меньшее тепловое сопротивление $R_{th(j-c)}$, что находит свое применение в качестве силовых ключей тока в инверторах и импульсных источниках электропитания.

Среди применений MOSFET транзисторов семейства PolarHT можно также назвать: импульсные источники электропитания в телекоммуникационном оборудовании, драйверы электродвигателей, аудиоусилители и др.

Изделия производятся в различных стандартных неизолированных (PLUS220™, TO-247, TO-268, TO-264) и изолированных (ISOPLUS220™, ISOPLUS247™, SOT-227) корпусах. PolarHT™ HiPerFET™ транзисторы рассчитаны на токи от 52 до 200 А. Кроме того, корпорация IXYS разработала еще одну серию PolarHV™, которая рассчитана на напряжения более 300 В.

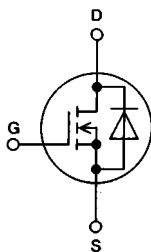


Рис. 26.1. Принципиальная схема транзистора

Характеристики PolarHT™ HiPerFET™ силовых MOSFET транзисторов IXYS приведены в табл. 26.1. Сокращения в табл. 26.1: V_{DSS} — обратное напряжение «сток-исток»; I_D ($T_j = 25^\circ\text{C}$) — коллекторный ток; $R_{DS(on)}$ (при $T_j = 25^\circ\text{C}$) — сопротивление включенного канала «сток-исток»; Q_g — заряд затвора; $R_{\theta(j-c)}$ ($T_j = 25^\circ\text{C}$) — тепловое сопротивление между выводами и корпусом.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*PolarHT™
HiPerFET™ IXFN
140N20P V = 200 V*

Характеристики PolarHT™ HiPerFET™ силовых MOSFET транзисторов IXYS

Таблица 26.1

Тип транзистора	V_{DSS} , В	I_D , $T_j = 25^\circ\text{C}$, А	$R_{DS(on)}$, $\text{Max } T_j = 25^\circ\text{C}$, МОМ	Q_g , $T_j = 25^\circ\text{C}$, нК	$R_{\theta(j-c)}$, $^\circ\text{C}/\text{Вт}$
IXF (1)110N10P (2)	100	110	15,0	110	0,31
IXFC110N10P	100	85	17,0	110	0,50
IXF (1)140N10P	100	140	11,0	155	0,25
IXF (1)170N10	100	170	9,0	198	0,21
IXFK200N10P	100	200	7,5	220	0,18
IXFR200N10P	100	150	8,0	220	0,31
IXFN200N10P	100	200	7,5	220	0,18
IXF (1)96N15P (2)	150	96	4,0	110	0,31
IXFC96N15P	150	66	6,0	110	0,50
IXF (1)120N15P	150	120	16,0	150	0,25
IXF (1)150N15P	150	150	13,0	185	0,21
IXFK180N15P	150	180	11,0	220	0,18
IXFR180N15P	150	120	13,0	220	0,31
IXFN180N15P	150	180	11,0	220	0,18
IXF (1)74N20P (2)	200	74	34,0	107	0,31
IXFC74N20P	200	56	36,0	107	0,50
IXF (1)96N20P	200	96	24,0	145	0,25
IXF (1)120N20P	200	120	22,0	185	0,21
IXFK140N20P	200	140	18,0	220	0,18
IXFR140N20P	200	96	20,0	220	0,31
IXFN140N20P	200	140	18,0	220	0,81
IXF (1)52N30P (2)	300	52	66,0	110	0,31
IXFC52N30P (2)	300	40	70,0	110	0,50
IXF (1)69N30P	300	69	49,0	156	0,25
IXF (1)88N30P	300	88	40,0	180	0,21
IXFK1102N30P	300	102	33,0	180	0,18
IXFR102N30P	300	72	36,0	180	0,31
IXFN102N30P	300	102	33,0	180	0,18

IXYS расширяет спектр высокоскоростных дискретных IGBT транзисторов на напряжение до 1700 В со встроенным обратным SONIC-FRD™ быстродействующим диодом. Линия 1700 В IGBT транзисторов

содержит быстродействующий выходной диод (по технологии SONIC-FRD). IGBT продукты предлагают уникальные и недорогие решения для заказчиков, разрабатывающих быстродействующие силовые ключи, например, в импульсных источниках электропитания, выдерживающие между эмиттером и коллектором напряжение до 1700 В и при частоте переключений до 50 кГц.

Новые IGBT транзисторы являются альтернативой предыдущих быстродействующих 1700 В NPT IGBT транзисторов (с окончанием А) без встроенного обратного диода и смогут найти применение в нагревателях, инверторах, импульсных источниках питания, источниках бесперебойного питания и микроволновых печах.

Высоковольтные NPT IGBT транзисторы имеют неоспоримые преимущества перед более дорогостоящими и менее быстродействующими решениями на тиристорах и последовательно соединенных для увеличения выдерживаемого выходного напряжения MOSFET или IGBT транзисторов с напряжением до 1200 В.

IXYS SONIC-FRD — высокоскоростной диод, встроенный в IGBT транзистор, имеет низкое падение прямого напряжения, ультранизкие обратные утечки и предназначен для температурной стабилизации режима работы IGBT, уменьшения затухания и шумов при переключениях и улучшения его динамических характеристик.

Новые IGBT транзисторы предлагаются на токи 16, 24 и 32 А и выполнены в корпусах: TO-247, TO-268, PLUS247™, ISOPLUS247™ и ISOPLUS i4-PAK™.

Сравнительные характеристики высокоскоростных ($t_{FI}(\text{тип}) < 50 \text{ нс}$) IGBT транзисторов приведены в табл. 26.2.

Сокращения в табл. 26.2: V_{CES} — напряжение «коллектор-эмиттер»; $I_{C(25^\circ\text{C})}$ — коллекторный ток при температуре 25 °С; $I_{C(90^\circ\text{C})}$ — коллекторный ток при температуре 90 °С; $V_{CE(ON, 25^\circ\text{C})}$ — напряжение «коллектор-эмиттер» во включенном состоянии при температуре 25 °С; E_{OFF} — импульсная энергия выключения; $R_{\theta(I-C)}$ (при $T_J = 125^\circ\text{C}$ тип) — тепловое сопротивление.

Сравнительные характеристики высокоскоростных IGBT транзисторов

Таблица 26.2

Тип транзистора	V_{CES} , В	$I_{C(25^\circ\text{C})}$, А	$I_{C(90^\circ\text{C})}$, А	$V_{CE(ON, 25^\circ\text{C})}$, В	$E_{OFF, T_J = 125^\circ\text{C}}$ тип, мДж	$R_{\theta(I-C)}$, °С/Вт
IGBT одинарный						
IXGH16N170AH1	1700	16	11	4,00	1,1	0,65
IXGT16N170AH1	1700	16	11	4,00	1,1	0,65
IXGR16N170AH1	1700	16	8	4,20	1,1	1,10
IXGH32N170AH1	1700	32	24	4,00	3,0	0,35
IXGT32N170AH1	1700	32	24	4,00	3,0	0,35
IXGR32N170AH1	1700	32	17	4,20	3,0	0,65

Таблица 26.2 (продолжение)

Тип транзистора	V_{CE} , В	I_C (25°C), А	I_C (90°C), А	V_{CE} (ON, 25°C), В	E_{OFF} $T_J = 125^\circ\text{C}$ тип, мДж	$R_{\theta JA}$, °C/Вт
IGBT сдвоенный						
FII24N17AH1	1700	24	11,5	4,20	1,7	0,95
FII24N17AH1S	1700	24	11,5	4,20	1,7	0,95

Мощные MOSFET транзисторы
N-типа

ONLINE ВИДЕО



Как проверить полевой
MOSFET транзистор



5 схем на одном поле-
вом (МОП, МДП, MOSFET)
транзисторе 2N65F



Как проверить MOSFET,
определить N-канальный
и P-канальный транзистор

МОЩНЫЕ БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ

Транзисторы фирмы INTERNATIONAL RECTIFIER

Транзисторы IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) — биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) — имеют структуру, практически идентичную структуре мощного МОП-транзистора, за исключением подложки P+. Однако, несмотря на большое сходство, физическая работа БТИЗ более

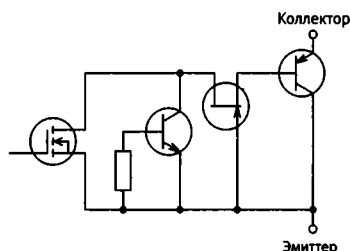


Рис. 27.1. Эквивалентная схема БТИЗ

близка работе биполярного транзистора (БТ). Это происходит за счет подложки P+, которая необходима для инжекции неосновных носителей в область N-. Как показано на эквивалентной схеме (рис. 27.1), БТИЗ состоит из р-п-р-транзистора, управляемого N-канальным МОП-транзистором в схеме Дарлингтона.

ONLINE ВИДЕО



Транзисторы
STRONGIRFFET фирмы
INTERNATIONAL RECTIFIER



МОП-транзисторы
International Rectifier



Новые P-канальные
транзисторы -30B
International Rectifier

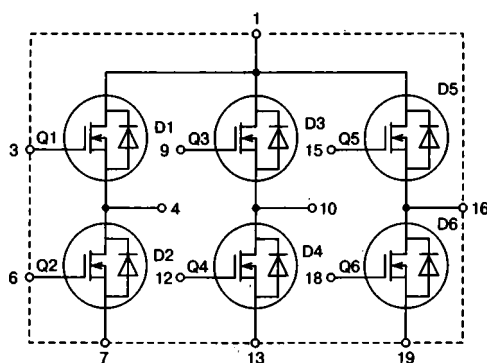


Рис. 27.2. Электрическая схема БТИЗ в упаковке IMS-2

На рис. 27.2 приведена для примера электрическая схема БТИЗ в упаковке IMS-2. Сравнительные характеристики мощных МОП-транзисторов, БТИЗ и мощных биполярных транзисторов (БТ) приведены в табл. 27.1.

Сравнительные характеристики МОП, БТИЗ и БТ

Таблица 27.1

Характеристики	МОП	БТИЗ	БТ
Тип управления	Напряжение	Напряжение	Ток
Мощность управления	Минимальная	Минимальная	Большая
Сложность управления	Простая	Простая	Большая
Плотность тока	Высокая при низком напряжении, низкая при высоком напряжении	Очень высокая	Средняя, уменьшается со скоростью переключения
Потери переключения	Очень малые	От малых до средних	От средних до высоких

INTERNATIONAL RECTIFIER — американский разработчик и производитель электронных компонентов. Специализируется на изделиях для систем электропитания: силовые транзисторы, импульсные стабилизаторы, микросхемы управления импульсными преобразователями, электродвигателями, люминесцентными лампами и др. Собственные производства базируются в США, Великобритании, Мексике.

Фирма INTERNATIONAL RECTIFIER выпускает БТИЗ в 10 различных упаковках (табл. 6.5). Обозначения в таблице: F — типовая частота переключения; BV — пробивное напряжение «коллектор-эмиттер»; V_{ce} — напряжение насыщения «коллектор-эмиттер»; $I_c(25)$ — максимальный ток коллектора при температуре 25 °C; $I_c(100)$ — максимальный ток коллектора при температуре 100 °C; PD — максимальная мощность при температуре 25 °C.

Технические характеристики МОП, БТИЗ и БТ

Таблица 27.2

Тип	F, кГц	V _B , В	V _{ce} , В	I _c (25), А	IC (100), А	PD, Вт
БТИЗ в корпусе D²Pak						
IRG4BC20K-S	10-100	600	2,8	16	9	60
IRG4BC20KD-S	10-100	600	2,8	16	9	60
IRG4BC20SD-S	0-1	600	1,4	19	10	60
IRG4BC30K-S	10-100	600	2,7	28	16	100
IRG4BC30KD-S	10-100	600	2,7	28	16	100
IRG4BC30U-S	8-40	600	1,95	23	12	100
IRG4BC30W-S	75-100	600	2,1	23	12	100
IRGS14C40L	-	-	1,55	18	14	-
БТИЗ в корпусе Super 47						
IRG4PSC71K	10-100	600	2,3	85	60	350
IRG4PSC71KD	10-100	600	2,3	85	60	350
IRG4PSC71U	10-75	600	2,0	85	60	350
IRG4PSC71UD	10-75	600	2,0	85	60	350
IRG4PSH71K	10-100	1200	3,9	78	42	350
IRG4PSH71KD	10-100	1200	3,9	78	42	350
БТИЗ в корпусе TO-220						
IRG4IBC10UD	8-60	600	2,15	6,8	3,9	25
IRG4IBC20FD	3-10	600	2,0	14,3	7,7	34
IRG4IBC20KD	10-100	600	2,8	11,5	6,3	34
IRG4IBC20UD	10-75	600	2,1	11,4	6,0	34
IRG4IBC20W	75-150	600	2,6	11,8	6,2	34
IRG4IBC30FD	3-10	600	1,8	20,3	11	45
IRG4IBC30KD	10-100	600	2,7	17	9,2	45
IRG4IBC30UD	10-75	600	2,1	17	8,9	45
IRG4IBC30W	75-150	600	2,7	17	8,4	45
БТИЗ в корпусе D-Pak						
IRG4RC10K	10-100	600	2,62	9	5	38
IRG4RC10S	0-1	600	1,7	14	8	38
IRG4RC10U	10-75	600	2,6	8,5	5	38
БТИЗ в корпусе TO-220AB						
IRG4BC20U	8-40	600	2,1	13	6,5	60
IRG4BC30U	8-40	600	2,1	23	12	100
IRG4BC10K	10-100	600	2,62	9	5	38
IRG4BC10KD	10-100	600	2,62	9	5	38
IRG4BC10S	0-1	600	1,7	14	8	38
IRG4BC10SD	0-1	600	1,7	14	8	38
IRG4BC10UD	10-75	600	2,6	8,5	5	38
IRFG4BC20	3-10	600	2	16	9	60
IRFGD4BC20	3-10	600	2	16	9	60
IRG4BKC20	10-100	600	2,8	16	9	60
IRG4BCR0K	10-100	600	2,8	16	9	60
IRG4BC20S	0-1	600	1,6	19	10	60
IRG4BC20SD	0-1	600	1,6	19	10	60

Таблица 27.2 (продолжение)

Тип	F, кГц	BV, В	Vce, В	I _c (25), А	IC (100), А	PD, Вт
IRG4BC20UD	10–75	600	2,1	13	6,5	60
IRG4BC20	75–150	600	2,6	13	6,5	60
IRGF4BC30	1–20	600	1,8	31	17	100
IRG4FDBC30	3–10	600	1,8	31	17	100
IRG4BCK30	10–100	600	2,7	28	16	100
IRG4BC30W	10–100	600	2,7	28	16	100
IRG4BC30S	0–1	600	1,6	34	18	100
IRG4BC30UD	8–40	600	2,1	23	12	100
IRG4BC30W	75–150	600	2,7	23	12	100
IRG4BC40F	1–20	600	1,7	49	27	160
IRG4BC40K	10–100	600	2,6	42	25	160
IRG4BC40S		600	1,5	60	31	160
IRG4BC40U	10–100	600	2,1	40	20	160
IRG4BC40W	75–150	600	2,5	40	20	160
БТИЗ в корпусе TO-247AC						
IRG4P254S	0–1	250	1,5	98	55	200
IRG4PC30F	3–10	600	1,8	31	17	100
IRG4PC30FD	3–10	600	1,8	31	17	100
IRG4PC30K	10–100	600	2,7	28	16	100
IRG4PC30KD	10–100	600	2,7	28	16	100
IRG4PC30S	0–1	600	1,6	34	18	100
IRG4PC30U	10–75	600	2,1	23	12	100
IRG4PC30UD	10–75	600	2,1	23	12	100
IRG4PC30W	75–150	600	2,7	23	12	100
IRG4PC40F	3–10	600	1,7	49	27	160
IRG4PC40FD	3–10	600	1,7	49	27	160
IRG4PC40K	10–100	600	2,6	42	25	160
IRG4PC40KD	10–100	600	2,6	42	25	160
IRG4PC40S	0–1	600	1,5	60	31	160
IRG4PC40U	10–100	600	2,1	40	20	160
IRG4PC40UD	10–100	600	2,1	40	20	160
IRG4PC40W	75–150	600	2,5	40	20	160
IRG4PC50F	3–10	600	1,6	70	39	200
IRG4PC50FD	3–10	600	1,6	70	39	200
IRG4PC50K	10–100	600	2,2	52	30	200
IRG4PC50KD	10–100	600	2,2	52	30	104
БТИЗ в корпусе TO-247AC						
IRG4PC50S	0–1	600	1,36	70	41	200
IRG4PC50U	10–100	600	2,0	55	27	200
IRG4PC50UD	10–75	600	2,0	55	27	200
IRG4PC50W	75–150	900	2,3	55	27	200
IRG4PF50W	75–150	900	2,7	51	28	200
IRG4PF50WD	75–150	1200	2,7	51	28	200
IRG4PH20K	10–100	1200	4,3	11	5	60

Таблица 27.2 (продолжение)

Тип	F, кГц	BV, В	Vce, В	I _c (25), А	IC (100), А	PD, Вт
IRG4PH20KD	75–150	1200	4,3	11	5	60
IRG4PH30K	10–100	1200	4,2	20	10	100
БТИЗ в корпусе Dual INT-A-PAK						
GA150TD120U	10–30	1200	2,9	150	–	780
GA200TD120U	10–30	1200	2,8	200	–	1040
GA250TD120U	10–30	1200	2,9	250	–	1250
GA300TD60U	10–30	600	2,3	300	–	880
GA400TD25S	0–1	250	1,6	400	–	1350
GA400TD60U	10–30	600	2,4	400	–	1250
GA500TD60U	10–30	600	2,4	500	–	1550
GA600TD25S	0–1	250	1,4	600	–	1920
БТИЗ в корпусе INT-A-PAK						
GA100TS120U	10–30	1200	2,9	100	–	520
GA100TS60U	10–30	600	2,1	100	–	320
GA125TS120U	10–30	1200	3,0	125	–	625
GA150KS61U	Ультрабыстрые	600	1,7	150	300	440
GA150TS60U	10–30	600	2,3	150	–	440
GA200TS61U	Ультрабыстрые	600	1,8	200	400	625
GA200TS60U	10–30	600	2,2	200	–	625
GA250TS60U	10–100	600	2,3	250	–	780
GA50TS120U	10–30	1200	3,0	50	–	280
GA75TS120U	10–30	1200	3,1	75	–	390
GA75TS60U	10–30	600	2,2	75	–	350
БТИЗ в корпусе IMS-2						
CPV362M4F	3–10	600	1,7	8,8	4,8	23
CPV362M4K	10–100	600	1,93	5,7	3	23
CPV362M4U	10–30	600	2,2	7,2	3,9	23
CPV363M4F	3–10	600	1,5	16	8,7	36
CPV363M4K	10–100	600	2,1	11	6,0	36
CPV363M4U	10–30	600	2,2	13	6,8	36
CPV364M4F	3–10	600	1,5	27	15	63
CPV364M4K	10–100	600	2,3	24	13	63
CPV364M4U	10–30	600	2,1	20	10	63
БТИЗ в корпусе SOT-227						
GA200SA60S	0–1	600	1,3	200	100	630
GA200SA60U	10–30	600	1,9	200	–	500

Полевые транзисторы INTERNATIONAL RECTIFIER (Infineon) — одна из самых популярных товарных групп данного производителя. Именно благодаря полевым транзисторам компания IR стала широко известна на российском рынке. К сожалению, популярные силовые транзисторы на 600 В теперь вошли в линейку Vishay, однако ассортимент низковольтных транзисторов IR продолжает занимать лидиру-

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Полевые
транзисторы
International Rectifier

ющие позиции: N- и P-канальные транзисторы, различные уровни напряжения коллектор-эмиттер, минимальные уровни сопротивления канала в открытом состоянии, широкий выбор корпусов для DIP и SMT монтажа.

**Биполярные транзисторы
с изолированным затвором
фирмы TOSHIBA**

В большинстве своем транзисторы TOSHIBA используют только в тех устройствах, которые требуют мгновенного управления мощной энергией. Так, например, их используют в роли силового ключа для разнообразных устройств в импульсном блоке питания, в инверторе напряжения, а так же в сварочном оборудовании инверторного типа.

Класс IGBT-транзисторов TOSHIBA предоставляют скоростное переключение при помощи различных комбинаций довольно малого количества инжектированных носителей.

Главные особенности IGBT-транзисторов TOSHIBA:

- ♦ молниеносное переключение до 2 мкс;
- ♦ небольшое падение напряжения на открытом транзисторе и при высоких токах;

В табл. 27.3 даны следующие параметры БТИЗ фирмы TOSHIBA: V_c — максимальное напряжение «коллектор-эмиттер»; I_c — максимальный коллекторный ток; V_s — падение напряжения на открытом транзисторе; T_{on} — время включения; T_{off} — время выключения; Схема — номер рисунка (рис. 27.3).

**ONLINE
ВИДЕО**

GT50JR22
оригинальные IGBT
фирмы Toshiba

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Транзисторы биполярные
с изолированным затвором
(IGBTs) Toshiba

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Транзистор
TOSHIBA

Параметры БТИЗ фирмы TOSHIBA

Таблица 27.3

Тип	$V_p, В$	$I_p, А$	$V_p, В$	$T_{on}, мкс$	$T_{off}, мкс$	Схема
MG200Q1US51	1200	200	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, а
MG300Q1US51	1200	300	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, а
MG400Q1US51	1200	400	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, а
MG600Q1US51	1200	600	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, а
MG50Q2YS50	1200	50	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG75Q2YS50	1200	75	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG100Q2YS50	1200	100	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG100Q2YS51	1200	100	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG150Q2YS50	1200	150	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG150Q2YS51	1200	150	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG200Q2YS50	1200	200	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG300Q2YS50	1200	300	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, б
MG300J1US51	600	300	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, а
MG400J1US51	600	400	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, а
MG800J1US51	600	800	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, а
MG200Q1US41	1200	200	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG300Q1US41	1200	300	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG400Q1US41	1200	400	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG400Q1US41	1200	400	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG500Q1US41	1200	500	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG600Q1US41	1200	600	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, а
MG240V1US41	1700	240	4,0	—	—	Рис. 27.3, а
MG360V1US41	1700	360	4,0	—	—	Рис. 27.3, а
MG25Q2YS40	1200	25	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG50J2YS50	600	50	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG50Q2YS40	1200	50	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG30V2YS40	1700	30	4,0	0,5	0,5	Рис. 27.3, б
MG75J2YS50	600	75	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG75Q2YS50	1200	75	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG100J2YS50	600	100	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG100Q2YS42	1200	100	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG90V2YS40	1700	120	4,0	0,5	0,5	Рис. 27.3, б
MG150J2YS50	600	150	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG150Q2YS40	1200	150	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG120V2YS40	1700	90	4,0	0,5	0,5	Рис. 27.3, б
MG200J2YS50	600	200	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG200Q2YS50	1200	200	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG180V2YS40	1700	180	4,0	0,5	0,5	Рис. 27.3, б
MG300J2YS50	600	300	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG300Q2YS40	1200	300	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, б
MG400J2YS50	600	400	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, б
MG15Q6ES51	1200	15	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, в

Таблица 27.3 (продолжение)

Тип	V_{ce} , В	I_c , А	V_{ce} , В	T_{on} , мкс	T_{off} , мкс	Схема
MG25Q6ES51	1200	25	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, е
MG50Q6ES51	1200	50	3,6	0,2	0,6	Рис. 27.3, е
MG15Q6ES42	1200	15	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, е
MG25Q6ES42	1200	25	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, е
MG50Q6ES40	1200	50	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, е
MG8Q6ES42	1200	8	4,0	0,8	1,5	Рис. 27.3, е
MG100J6ES50	600	100	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, е
MG30J6ES50	600	30	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, е
MG50J6ES50	600	50	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, е
MG75J6ES50	600	75	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, е
MG100J7KS50	600	100	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, г
MG150J7KS50	600	150	2,7	0,8	1,0	Рис. 27.3, г

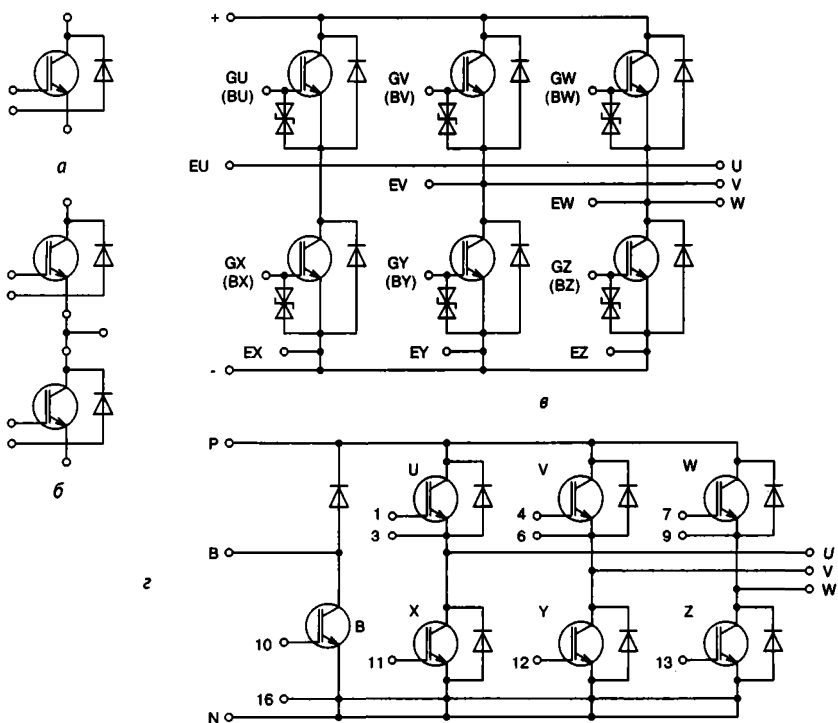


Рис. 27.3. Варианты схем БТИЗ фирмы TOSHIBA

IGBT модули — одиночные ключи

Основные особенности:

- ♦ МОП-управление;
- ♦ NPT-технология;
- ♦ низкий остаточный ток со слабой температурной зависимостью;
- ♦ высокая стойкость к токам короткого замыкания;
- ♦ встроенный инверсный быстросовстнавливающийся диод с «мягкой» характеристикой обратного восстановления;
- ♦ низкая внутренняя индуктивность корпусов модулей;
- ♦ внутренняя изоляция обеспечивается DBC-керамикой из оксида или нитрида алюминия.

Области применения:

- ♦ инверторы;
- ♦ системы управления серводвигателями и роботами;
- ♦ прерыватели постоянного тока;
- ♦ системы управления скоростью вращения электродвигателей переменного тока;
- ♦ индукционный нагрев;
- ♦ источники бесперебойного питания;
- ♦ электросварочное оборудование.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p>IGBT модули одиночные ключи</p>	 <p>IGBT модули одиночные ключи 1200 В</p>	 <p>IGBT модули одиночные ключи 6500 В</p>
---	--	--

Параметры ключей приведены в табл. 27.4: V_{CES} — напряжение «коллектор-эмиттер»; I_C — постоянный ток коллектора; I_{CM} — импульсный ток коллектора; V_{CEsat} — напряжение насыщения коллектор-эмиттер; t_{on} — время включения; t_s — время задержки выключения; R_{thjc} — тепловое сопротивление «переход-корпус»; V_{isol} — напряжение изоляции между выводами и основанием.

Параметры ключей

Таблица 27.4

Тип	$V_{GS}, \text{В, пост. ток}$	$I_C, \text{А, } t_p = 1 \text{ мс}$	$I_{CM}, \text{А, тип}$	$V_{DS}, \text{В, тип}$	$t_{on}, \text{мкс, тип}$	$t_p, \text{мкс, тип}$	$R_{th}, \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$	$V_{DS}, \text{В}$	Схема
МТКИ2-200-12	1200	200	400	2,5	0,4	0,8	0,08	2500	Рис. 27.4, а
МТКИ2-300-12	1200	300	600	2,5	0,42	0,8	0,05	2500	Рис. 27.4, а
МТКИ2-400-12	1200	400	800	2,5	0,42	0,8	0,045	2500	Рис. 27.4, а
МТКИ-800-12	1200	800	1600	2,7	0,7	0,9	0,023	2500	Рис. 27.4, б
МТКИ-1200-12	1200	1200	2400	2,7	0,7	0,9	0,016	2500	Рис. 27.4, б
МТКИ-1600-12	1200	1600	3200	2,7	0,7	0,9	0,0125	2500	Рис. 27.4, б
МТКИ-1800-12	1200	1800	3600	2,7	0,7	0,9	0,011	2500	Рис. 27.4, в
МТКИ-2400-12	1200	2400	4800	2,7	0,7	0,9	0,01	2500	Рис. 27.4, в
МТКИ2-200-17	1700	200	400	3,5	0,8	1,2	0,07	4000	Рис. 27.4, а
МТКИ2-300-17	1700	300	600	3,5	0,8	1,1	0,05	4000	Рис. 27.4, а
МТКИ-800-17	1700	800	1600	3,5	0,8	1,1	0,02	4000	Рис. 27.4, б
МТКИ-1200-17	1700	1200	2400	3,5	0,8	1,1	0,016	4000	Рис. 27.4, б
МТКИ-1800-17	1700	1800	3600	3,5	0,8	0,9	0,011	4000	Рис. 27.4, в
МТКИ-800-33	3300	800	1600	3,5	1,1	3,4	0,014	6000	Рис. 27.4, б
МТКИ-1200-33	3300	1200	2400	3,5	1,1	3,4	0,0095	6000	Рис. 27.4, б

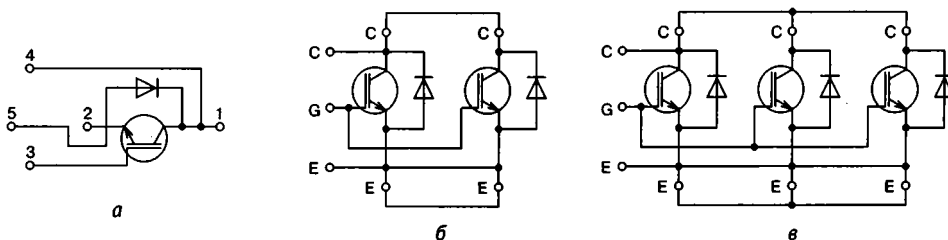


Рис. 27.4. Электрические схемы IGBT модулей – одиночных ключей к табл. 27.4

IGBT модули-полумосты

Особенностями IGBT модулей являются:

- ♦ МОП-управление;
- ♦ очень низкий остаточный ток с низкой температурной зависимостью;
- ♦ высокая стойкость к токам короткого замыкания;
- ♦ прямоугольная область безопасной работы;
- ♦ встроенный инверсный быстровосстанавливающийся диод с «мягкими» характеристиками обратного восстановления;
- ♦ низкая внутренняя индуктивность модулей;
- ♦ внутренняя изоляция обеспечивается DCB-керамикой из оксида или нитрида алюминия.

Область применения:

- ♦ преобразователи для электроподвижного состава железных дорог;
- ♦ преобразователи собственных нужд для пассажирских вагонов;
- ♦ преобразователи мощного тягового электропривода для электро-
возов и тепловозов;
- ♦ преобразователи для вспомогательных нужд электровозов и элек-
тропоездов;
- ♦ преобразователи частоты регулируемых электроприводов на базе
трехфазных асинхронных двигателей мощностью от 5,5 до 315 кВт;
- ♦ источники бесперебойного питания;
- ♦ сварочное оборудование;
- ♦ индукционный нагрев, ультразвуковые установки и т. д.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p><i>IGBT модули полумосты</i></p>	 <p><i>IGBT модули полумосты 1200 В</i></p>	 <p><i>IGBT полумосты и модули</i></p>
---	--	---

Рекомендуемые основные правила эксплуатации IGBT модулей:

- ♦ рабочие пиковые напряжения в схемах должны быть не более 80 %, а рабочее постоянное напряжение должно быть 50–60 % от напряжения «коллектор-эмиттер»;
- ♦ повторяющееся пиковое значение тока должно быть не более 80 % от постоянного тока коллектора. Перегрузка по току, вызванная током короткого замыкания в нагрузке, не должна превышать значения, установленного изготовителем для длительности импульса тока 1 мс;
- ♦ температура р-п-перехода не должна быть более 0,7–0,8 % максимально допустимой температуры $T_{j\max}$. Температура корпуса не более 100 °С;
- ♦ напряжение на затворе должно быть +15 В при включении и –8 В при выключении транзистора. Время нарастания и спада напряжения управления должно быть как можно короче. Максимальное напряжение на затворе не должно превышать ± 20 В;
- ♦ для защиты модулей от перенапряжений в цепи «коллектор-эмиттер» рекомендуется применение снабберных цепей;
- ♦ при монтаже и эксплуатации необходимо принять меры по защите IGBT модулей от воздействия статического электричества и пере-

напряжений в цепи затвора (при монтаже обязательно применение персоналом заземляющих браслетов и заземленных низковольтных паяльников с питанием через трансформатор).

IGBT модули крепятся к охладителю винтами высокой твердости, при этом должен соблюдаться заданный момент вращения. Должны быть обязательно установлены плоские и стопорные шайбы, а для уменьшения теплового сопротивления необходимо нанести на основание тонкий слой теплопроводящей пасты (например, КПТ-8). Через три часа после закрепления винты необходимо повернуть, соблюдая заданный момент вращения, так как часть теплопроводящей пасты вытекает под давлением.

При монтаже модулей должен соблюдаться заданный момент вращения. При использовании винтов, не приложенных в комплекте с прибором, необходимо следить за тем, чтобы их длина была достаточной для надежного соединения, в то же время винты не должны выступать за отверстие гайки под силовым выводом более чем на 3 мм.

При монтаже управляющих выводов пайкой необходимо использование низкотемпературных припоев с температурой плавления не выше 200 °С (например, ПОС-61). Время пайки — не более 5 с. Перед проведением повторной пайки необходимо охладить управляющий вывод до комнатной температуры.

ВНИМАНИЕ

Для предотвращения механического разрушения модулей не рекомендуется силовые и управляющие выводы изгибать и прикладывать к ним значительные механические нагрузки.

Электрические параметры модулей приведены в табл. 27.5. **Обозначения в таблице:** V_{CES} — напряжение «коллектор-эмиттер»; I_C — постоянный ток коллектора; I_{CM} — импульсный ток коллектора; V_{CESat} — напряжение насыщения «коллектор-эмиттер»; t_{on} — время включения; t_s — время задержки выключения; R_{thjc} — тепловое сопротивление «переход-корпус»; V_{isol} — напряжение изоляции между выводами и основанием.

Электрические параметры модулей полумостов

Таблица 27.5

Тип	V_{GS}	I_C, A	I_{CM}, A	V_{CESat}	$t_{on}, мкс$	$t_s, мкс$	$R_{thjc}, \frac{^{\circ}C}{Вт}$	$V_{isol}, В$	Схема
M2TKI-50-06	600	50	100	2,2	0,15	0,3	0,6	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-75-06	600	75	150	2,2	0,22	0,45	0,44	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-100-06	600	100	200	2,2	0,07	0,22	0,35	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-150-06	600	150	300	2,2	0,4	0,7	0,24	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-200-06	600	200	400	2,2	0,4	0,7	0,18	2500	Рис. 27.5, а

Таблица 27.5 (продолжение)

Тип	V_{GS} , В	I_C , А	I_{CH} , А	V_{CEsat} , В	t_{on} , мкс	t_p , мкс	$R_{DS(on)}$, мОм/ВТ	V_{DS} , В	Схема
M2TKI-400-06	600	400	800	2,2	0,4	0,7	0,09	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-25-12	1200	25	50	2,5	0,15	0,45	0,6	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI2-50-12	1200	50	100	2,5	0,2	0,5	0,3	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI2-75-12	1200	75	150	2,5	0,2	0,5	0,2	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI2-100-12	1200	100	200	2,5	0,21	0,4	0,16	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI3-100-12	1200	100	200	2,5	0,21	0,4	0,18	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI2-150-12	1200	150	300	2,5	0,25	0,6	0,1	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI2-200-12	1200	200	400	2,5	0,2	0,6	0,09	2500	Рис. 27.5, а
M2TKI-400-12	1200	400	800	2,7	0,7	0,9	0,046	2500	Рис. 27.5, б
M2TKI-600-12	1200	600	1200	2,7	0,7	0,9	0,032	2500	Рис. 27.5, б
M2TKI-800-12	1200	800	1600	2,7	0,7	0,9	0,025	2500	Рис. 27.5, б
M2TKI2-50-17	1700	50	100	3,5	0,2	0,65	0,25	4000	Рис. 27.5, а
M2TKI2-75-17	1700	75	150	3,5	0,2	0,65	0,2	4000	Рис. 27.5, а
M2TKI2-100-17	1700	100	200	3,5	0,2	0,65	0,13	4000	Рис. 27.5, а
M2TKI2-150-17	1700	150	300	3,5	0,5	0,85	0,1	4000	Рис. 27.5, а
M2TKI-400-17	1700	400	800	3,5	0,8	1,1	0,04	4000	Рис. 27.5, б
M2TKI-600-17	1700	600	1200	3,5	0,8	1,1	0,032	4000	Рис. 27.5, б

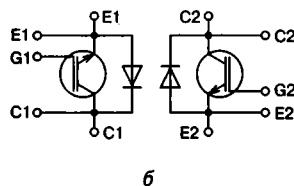
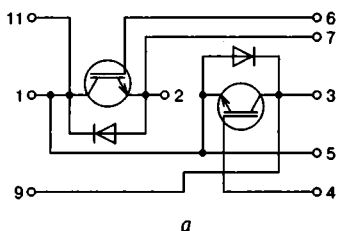


Рис. 27.5. Электрические схемы IGBT модулей-полумостов к табл. 27.5

IGBT

модули-чопперы

Основные особенности:

- ♦ МОП-управление;
- ♦ NPT-технология;
- ♦ низкий остаточный ток со слабой температурной зависимостью;
- ♦ высокая стойкость к токам короткого замыкания;
- ♦ встроенный инверсный быстровосстанавливающийся диод с «мягкой» характеристикой обратного восстановления;
- ♦ низкая внутренняя индуктивность корпусов модулей;
- ♦ внутренняя изоляция обеспечивается DBC-керамикой из оксида или нитрида алюминия.

Области применения:

- ♦ инверторы;

- ♦ системы управления серводвигателями и роботами;
- ♦ прерыватели постоянного тока;
- ♦ системы управления скоростью вращения электродвигателей переменного тока;
- ♦ индукционный нагрев;
- ♦ источники бесперебойного питания;
- ♦ электросварочное оборудование.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p><i>IGBT модули с топологией «повышающий чоппер + мост» для инверторной техники</i></p>	 <p><i>IGBT модули чопперы с повышенной устойчивостью к энерготермоциклам</i></p>	 <p><i>IGBT модули чопперы 1200 В</i></p>
---	--	--

Параметры IGBT модулей-чопперов приведены в табл. 27.6. Обозначения в таблице: V_{CES} — напряжение «коллектор-эмиттер»; I_C — постоянный ток коллектора; I_{CM} — импульсный ток коллектора; V_{CESat} — напряжение насыщения «коллектор-эмиттер»; t_{on} — время включения; t_s — время задержки выключения; R_{thjc} — тепловое сопротивление «переход-корпус»; V_{isol} — напряжение изоляции между выводами и основанием.

Параметры модулей чопперов

Таблица 27.6

Тип	V_{CES} , В	I_C , А	I_{CM} , А	V_{CESat} , В	t_{on} , мкс, тип	t_s , мкс, тип	R_{thjc} , °С/Вт	V_{isol} , В	Схема
МДКИ-25-12	1200	25	50	2,5	0,15	0,45	0,6	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД-25-12	1200	25	50	2,5	0,15	0,45	0,6	2500	Рис. 27.6, а
МДКИ2-50-12	1200	50	100	2,5	0,2	0,5	0,3	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД2-50-12	1200	50	100	2,5	0,2	0,5	0,3	2500	Рис. 27.6, а
МДКИ2-75-12	1200	75	150	2,5	0,2	0,5	0,2	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД2-75-12	1200	75	150	2,5	0,2	0,5	0,2	2500	Рис. 27.6, а
МДКИ2-100-12	1200	100	200	2,5	0,21	0,4	0,16	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД2-100-12	1200	100	200	2,5	0,21	0,4	0,16	2500	Рис. 27.6, а
МДКИ2-150-12	1200	150	300	2,5	0,25	0,6	0,1	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД2-150-12	1200	150	300	2,5	0,25	0,6	0,1	2500	Рис. 27.6, б
МДКИ2-200-12	1200	200	400	2,5	0,2	0,6	0,09	2500	Рис. 27.6, а
МТКИД2-200-12	1200	200	400	2,5	0,2	0,6	0,09	2500	Рис. 27.6, б

Таблица 27.6 (продолжение)

Тип	$V_{CES}, В$	$I_C, А$	$I_{CM}, А$	$V_{CE(sat)}, В$	$t_{on}, мкс, тип$	$t_r, мкс, тип$	$R_{on}, ^\circ C/Вт$	$V_{isol}, В$	Схема
МДТКИ-400-12	1200	400	800	2,7	0,7	0,9	0,046	2500	Рис. 27.6, в
МДТКИ-600-12	1200	600	1200	2,7	0,7	0,9	0,032	2500	Рис. 27.6, в
МДТКИ-800-12	1200	800	1600	2,7	0,7	0,9	0,025	2500	Рис. 27.6, в
МДТКИ2-50-17	1700	50	100	3,5	0,2	0,65	0,25	4000	Рис. 27.6, а
МТКИД2-50-17	1700	50	100	3,5	0,2	0,65	0,25	4000	Рис. 27.6, б
МДТКИ2-75-17	1700	75	150	3,5	0,2	0,65	0,2	4000	Рис. 27.6, а
МТКИД2-75-17	1700	75	150	3,5	0,2	0,65	0,2	4000	Рис. 27.6, б
МДТКИ2-100-17	1700	100	200	3,5	0,2	0,65	0,13	4000	Рис. 27.6, а
МТКИД2-100-17	1700	100	200	3,5	0,2	0,65	0,13	4000	Рис. 27.6, б
МДТКИ2-150-17	1700	150	300	3,5	0,5	0,85	0,1	4000	Рис. 27.6, а
МТКИД2-150-17	1700	150	300	3,5	0,5	0,85	0,1	4000	Рис. 27.6, б
МДТКИ-400-17	1700	400	800	3,5	0,8	1,1	0,04	4000	Рис. 27.6, в
МДТКИ-600-17	1700	600	1200	3,5	0,8	1,1	0,032	4000	Рис. 27.6, в
МДТКИ-800-33	3300	800	1600	3,5	1,1	3,4	0,0143	6000	Рис. 27.6, з

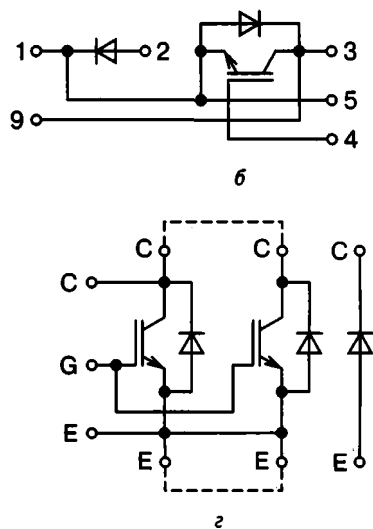
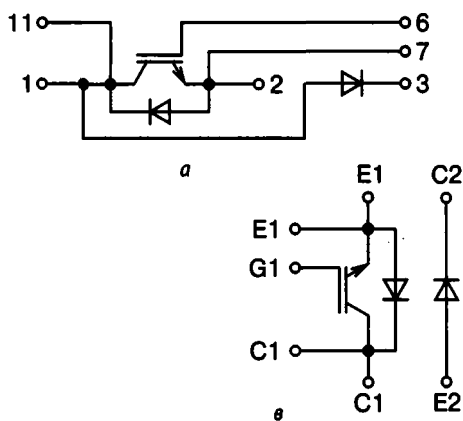


Рис. 27.6. Электрические схемы IGBT модулей-чопперов к табл. 27.6

СИЛОВЫЕ ДИОДЫ

Диоды выпрямительные

Основу мощного силового диода составляет пластина монокристалла кремния, в которой сформирован р-п-переход, обладающий односторонней электропроводимостью. Для защиты хрупкой пластины от тепловых и механических напряжений, ее припаивают серебряным припоем с обеих сторон к дискам из вольфрама или молибдена толщиной до 3 мм, которые выполняют функцию термокомпенсаторов. Выпрямительный элемент диода монтируется в герметичном корпусе штыревой или таблеточной конструкции.

Полярность диода (цоколевка) определяется по значку на корпусе: ∇ . При прямой полярности в штыревых диодах резьбовое основание – это анод, жесткий / гибкий вывод – это катод. При обратной полярности – наоборот, при этом обратная полярность обозначается символом «х» икс в маркировке.

Параметры отечественных выпрямительных диодов представлены в табл. 28.1. Обозначения в табл. 28.1: U_0 – максимальное обратное напряжение; I_0 – максимальный обратный ток при максимальном обратном напряжении; I_n – средний выпрямленный ток (в скобках – в импульсе); H – тепловое сопротивление «переход-корпус»; F – верхняя рабочая частота.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Диоды силовые

Параметры выпрямительных диодов

Таблица 28.1

Тип	U_D , В	I_D , мА	I_n , А	η , °С/Вт	F, кГц
Серия Д					
Д212-10	100-1600	3	10 (150)	2,7	-
Д212-10Х	100-1600	3	10 (150)	2,7	-
Д212-16	100-1600	3	16 (250)	2	-
Д212-16Х	100-1600	3	16 (250)	2	-
Д212-25	100-1600	3	25 (350)	1,25	-
Д212-25Х	100-1600	3	25 (350)	1,25	-
Д222-32	100-1600	5	32 (400)	1	-
Д222-32Х	100-1600	5	32 (400)	1	-
Д222-40	100-1600	5	40 (600)	0,8	-
Д222-40Х	100-1600	5	40 (600)	0,8	-
Д232-50	100-1600	8	50 (800)	0,6	-
Д232-50Х	100-1600	8	50 (800)	0,6	-
Д232-63	100-1600	8	63 (1500)	0,5	-
Д232-63Х	100-1600	8	63 (1500)	0,5	-
Д232-80	100-1600	8	80 (2000)	0,4	-
Д232-80Х	100-1600	8	80 (2000)	0,4	-
Д112-10	100-1800	-	10 (16)	2,7	-
Д112-10Х	100-1800	-	10 (16)	2,7	-
Д112-16	100-1800	-	16 (23)	1,9	-
Д112-16Х	100-1800	-	16 (23)	1,9	-
Д112-25	100-1800	-	25 (39)	1,3	-
Д112-25Х	100-1800	-	25 (39)	1,3	-
Д122-32	100-1800	-	32 (50)	0,75	-
Д122-32Х	100-1800	-	32 (50)	0,75	-
Д122-40	100-1800	-	40 (63)	0,9	-
Д122-40Х	100-1800	-	40 (63)	0,9	-
Д132-50	100-1800	-	50 (78)	0,6	-
Д132-50Х	100-1800	-	50 (78)	0,6	-
Д132-63	100-1800	-	63 (99)	0,5	-
Д132-63Х	100-1800	-	63 (99)	0,5	-
Д132-80	100-1800	-	80 (127)	0,38	-
Д132-80Х	100-1800	-	80 (127)	0,38	-
Д141-20	200-700	3	20 (32)	1,0	-
Д141-100	300-1600	20	100 (2700)	0,4	-
Д141-100Х	300-1600	20	100 (2700)	0,4	-
Д142-80	100-1800	-	80 (127)	0,38	-
Д142-80Х	100-1800	-	80 (127)	0,38	-
Д142-100	100-1800	-	100 (157)	0,3	-
Д142-100Х	100-1800	-	100 (157)	0,3	-
Д151-125	300-1600	20	125 (2800)	0,3	-
Д151-160	300-1600	20	160 (3000)	0,24	-
Д161-200	300-1800	40	200 (3000)	0,15	-
Д161-200Х	300-1800	40	200 (3000)	0,15	-
Д161-250	300-1800	40	250 (4500)	0,15	-

Таблица 28.1 (продолжение)

Тип	U _р , В	I _р , мА	I _н , А	Н, °С/ Вт	F, кГц
Д161-250Х	300–1600	40	250 (4500)	0,14	–
Д161-320	300–1600	40	320 (5500)	0,15	–
Д161-320Х	300–1600	40	320 (5500)	0,13	–
Д161-400	300–1600	40	400 (7000)	0,13	–
Д171-400	300–1800	50	400 (7500)	0,085	–
Д171-500	300–1800	50	500 (8000)	0,075	–
Д253-4000	400–800	100	4090 (45000)	0,017	24
Д115-10	400–1200	–	10 (16)	2,5	–
Д115-10	400–1200	–	16 (23)	2,0	–
Д115-10	400–1200	–	20 (32)	1,6	–
Д123-500	400–1600	25	540 (9000)	0,075	5
Д165-80	400–1600	–	80 (127)	0,44	–
Д165-100	400–1600	–	100 (157)	0,38	–
Д143-1000	400–1800	65	1000 (14000)	0,027	15
Д133-800	400–2000	40	800 (12000)	0,036	10
Д133-1000	400–2000	40	1000 (15000)	0,036	10
Д233-1000	400–2000	40	1260 (18000)	0,03	10
Д143-1250	400–2000	70	1250 (17000)	0,027	15
Д253-1600	400–2200	90	1600 (18000)	0,018	24
Д253-2000	400–2400	100	2000 (28000)	0,018	24
Д133-500	1000–2800	50	500 (8800)	0,036	10
Д133-630	1000–3200	35	630 (10000)	0,04	10
Д133-400	1000–4000	50	400 (8000)	0,036	10
Д233-500	1000–4000	–	500 (785)	0,04	–
Д123-320	1800–2800	–	320 (502)	0,075	–
Д143-800	1800–2800	50	800 (11000)	0,027	15
Д243-1000	1800–3200	50	1000 (15000)	0,03	15
Д105-630	2000–2800	50	630 (15000)	0,065	–
Д105-630Х	2000–2800	50	630 (15000)	0,065	–
Д353-1250	2200–3400	–	1250 (2000)	–	–
Д353-2000	2200–3400	–	1500 (2500)	0,02	–
Д143-630	2400–4000	50	630 (17000)	0,027	15
Д233-500	2400–4400	35	500 (8000)	0,04	10
Д243-800	2400–4400	45	800 (10000)	0,03	15
Д123-250	3000–4400	–	250 (393)	0,078	–
Д353-800	4500–6000	100	800 (11000)	0,02	22
Д123-200	4600–6000	–	200 (314)	0,08	–
Серия В, ВЧ					
В2-320	150–4000	20	320 (6500)	0,05	0,5
В2-1600	300–1600	40	1600 (28000)	0,025	0,5
В5-200	150–1400	8	200 (5500)	0,13	2
В6-200	400–1600	8	200 (5000)	0,13	–
В6-200Х	400–1600	8	200 (5000)	0,13	–
В7-200	300	50	200 (6000)	0,06	4
В7-320	400	30	320 (9000)	0,055	1

Таблица 28.1 (продолжение)

Тип	U_0 , В	I_0 , мА	I_n , А	H , °С/Вт	F , кГц
B10	150–1400	5	10 (550)	1,5	2
B11-50	535–1070	10	50 (1650)	0,6	0,8
B14-100	300–1600	20	100 (2000)	0,3	2
B14-125	300–1600	20	125 (2400)	0,3	2
B14-160	300–1600	20	160 (3300)	0,3	2
B14-200	300–1600	40	200 (6000)	0,15	2
B14-250	300–1600	40	250 (7000)	0,15	2
B14-320	300–1600	50	320 (8200)	0,15	2
B14-400	300–1600	50	400 (12000)	0,09	2
B25	150–1400	5	25 (900)	1,0	2
B50	150–1600	5	50 (2000)	0,6	2
B200	150–1600	8	200 (6000)	0,13	2
B320	150–1400	20	320 (6000)	0,09	2
B500	150–3800	30	500 (9000)	0,05	0,5
B800	150–2400	220	800 (15000)	0,04	0,5
Диоды выпрямительные Шоттки					
2ДШ112-32	20–40	250	32 (600)	1,3	–
2ДШ112-40	20–40	250	40 (750)	1,3	–
3ДШ122-25	20–70	50	25 (500)	1,6	–
3ДШ122-50	20–40	250	50 (850)	0,9	–
3ДШ122-63	20–40	250	63 (950)	0,9	–

Диоды лавинные

Лавинный диод — полупроводниковый диод, изготавливаемый из кремния. Разновидность стабилитрона. Работа основана на обратном лавинном пробое р-п перехода при обратном включении, т.е. при подаче на слой полупроводника с р-типом проводимости (анода) отрицательного относительно п-слоя (катода) напряжения. Существуют штыревой или таблеточной конструкции.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Силовые лавинные
диоды

Особенности силовых лавинных диодов штыревой конструкции: герметичные металlostеклянные и металлокерамические корпуса штыревого исполнения, гарантированная максимальная мощность рассеивания в режиме лавинного пробоя.

Особенности силовых лавинных диодов таблеточной конструкции: герметичные металlostеклянные и металлокерамические корпуса

таблеточного исполнения; гарантированная максимальная мощность рассеивания в режиме лавинного пробоя

Применение:

- ♦ источники постоянного тока для магнитов и соленоидов;
- ♦ неуправляемые и полупроводяемые выпрямительные мосты;
- ♦ мощные электроприводы для промышленного применения и транспорта.

Параметры лавинных диодов приведены в табл. 28.2. Обозначения в таблице: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимальный обратный ток при максимальном обратном напряжении; $I_{пр}$ — средний выпрямленный ток (в скобках — в импульсе); $U_{пр}$ — прямое падение напряжения, В; $R_{тепл}$ — тепловое сопротивление.

Параметры лавинных диодов

Таблица 28.2

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	$I_{пр}$, А	$U_{пр}$, В	$R_{тепл}$, °С / Вт
ДЛ112-10	100–1400	21	10 (210)	–	2,7
ДЛ112-16	100–1400	24	16 (250)	–	1,7
ДЛ112-25	100–1400	27	25 (300)	–	1,1
ДЛ122-32	400–1500	29	32 (400)	–	0,85
ДЛ122-40	400–1500	31	40 (500)	–	0,7
ДЛ131-50	400–1500	4	50 (1000)	–	0,55
ДЛ131-63	400–1500	6	63 (1100)	–	0,44
ДЛ131-80	400–1500	8	80 (1200)	–	0,35
ДЛ132-50	400–1500	4	50 (1000)	–	0,55
ДЛ132-63	400–1500	6	63 (1100)	–	0,44
ДЛ132-80	400–1500	8	80 (1200)	–	0,35
ДЛ142-100	400–1500	10	100 (1500)	–	0,3
ДЛ212-10	400–1600	6	10 (120)	0,9	2,7
ДЛ212-10Х	400–1600	6	10 (120)	0,9	2,7
ДЛ212-16	400–1600	6	16 (120)	0,9	1,75
ДЛ212-16Х	400–1600	6	16 (120)	0,9	1,75
ДЛ212-25	400–1600	6	25 (120)	0,9	1,1
ДЛ212-25Х	400–1600	6	25 (120)	0,9	1,1
ДЛ222-32	400–1600	8	32 (120)	0,85	0,95
ДЛ222-32Х	400–1600	8	32 (120)	0,85	0,95
ДЛ222-40	400–1600	8	40 (120)	0,85	0,8
ДЛ222-40Х	400–1600	8	40 (120)	0,85	0,8
ДЛ232-50	400–1600	10	50 (120)	0,83	0,6
ДЛ232-50Х	400–1600	10	50 (120)	0,83	0,6
ДЛ232-63	400–1600	10	63 (120)	0,83	0,5
ДЛ232-63Х	400–1600	10	63 (120)	0,83	0,5
ДЛ232-80	400–1600	10	80 (120)	0,83	0,4
ДЛ232-80Х	400–1600	10	80 (120)	0,83	0,4
ДЛ161-200	400–1800	25	200 (115)	0,92	0,13
ДЛ171-320	400–1800	25	320 (115)	1	0,085

Таблица 28.2 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, мА$	$I_{пр}, А$	$U_{пр}, В$	$R_{тепл}, ^\circ C / Вт$
ДЛ123-320	400–1600	25	320 (113)	0,9	0,075
ДЛ133-500	400–1600	25	500 (123)	0,85	0,04
ДЛ153-1000	3800–5000	50	1250 (100)	1,3	0,02
ДЛ153-1250	2200–3200	50	1250 (115)	1,1	0,02
ДЛ153-1600	2200–3200	50	1600 (100)	1	0,02
ДЛ153-2000	1600–2000	50	2000 (100)	0,9	0,02
ДЛ173-3200	2400–3200	100	3250 (100)	1,1	0,011
ДЛ173-4000	1600–2400	100	3860 (100)	1	0,011
ВЛ200	600–1300	12	200 (100)	0,92	0,13
ВЛ5-200	600–1300	12	200 (5500)	0,13	2
ВЛ10	600–1200	4	6 (550)	1,5	2
ВЛ14-200	400–1400	25	200 (5500)	0,15	2
ВЛ14-320	400–1400	25	320 (7500)	0,09	2
ВЛ25	600–1200	8	25 (900)	1,0	2
ВЛ50	600–1200	12	50 (2000)	0,6	2
ВЛ320	600–1200	20	320 (6600)	0,09	2

Диоды

быстровосстанавливающиеся

Быстровосстанавливающиеся диоды большой мощности могут работать в силовых высокочастотных узлах электроники и электротехники, а также в высокоскоростной автоматике.

Применение быстровосстанавливающихся диодов позволяет упростить конструкции устройств, уменьшить габариты изделий с их использованием и снизить конечную стоимость приборов при их изготовлении.

Преимуществами этих полупроводниковых изделий являются:

- ♦ малые потери мощности устройством;
- ♦ большая нагрузочная способность на высоких частотах, коротких импульсах;
- ♦ небольшое время и низкий заряд обратного восстановления;
- ♦ низкое динамическое сопротивление в открытом состоянии;
- ♦ высокая устойчивость к электротермоциклированию.

Улучшенные технологии производства изделий способствуют изготовлению приборов с высокими параметрами в сочетании с долговечностью их использования.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Быстровосстанавливающиеся диоды:
основные технические
характеристики*



Быстровосстанавливающиеся выпрямительные диоды



*Диоды
быстровосстанавливающиеся ДЧ271*

Параметры быстровосстанавливающихся диодов приведены в табл. 28.3. Обозначения в таблице: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимальный обратный ток при максимальном обратном напряжении; $I_{пр}$ — средний выпрямленный ток (в скобках — в импульсе); $U_{пр}$ — прямое падение напряжения, В; F — время восстановления).

Диоды быстровосстанавливающиеся

Таблица 28.3

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	$I_{пр}$, А	$U_{пр}$, В	F, мкс
ДЧ103-100	20–150	10	100 (1600)	0,4	–
ДЧ103-125	20–150	10	125 (1800)	0,4	–
ДЧ106А-10Х	100–1000	–	10 (16)	1,9	0,8–1,6
ДЧ106А-16Х	100–1000	–	16 (23)	1,25	0,8–1,6
ДЧ106Б-10Х	100–1000	–	10 (16)	1,9	0,5–0,8
ДЧ106Б-16Х	100–1000	–	16 (23)	1,25	0,5–0,8
ДЧ106В-5Х	100–1000	–	5 (8)	1,8	0,25–0,5
ДЧ106Б-10Х	100–1000	–	10 (16)	1,5	0,25–0,5
ДЧ115-10	200–1200	–	10 (16)	2,1	0,5–1,6
ДЧ165-50	200–1200	–	50 (78)	0,4	1,0–3,2
ДЧ165-63	200–1200	–	63 (100)	0,38	1,0–3,2
ДЧ165-80	200–1200	–	80 (125)	0,30	1,0–3,2
ДЧ132-25	400–1400	–	25 (40)	0,7	1,2–2,5
ДЧ132-25Х	400–1400	–	25 (40)	0,7	1,2–2,5
ДЧ132-40	400–1400	–	40 (63)	0,5	1,6–3,2
ДЧ132-40Х	400–1400	–	40 (63)	0,5	1,6–3,2
ДЧ132-50	400–1400	–	50 (80)	0,4	1,6–3,2
ДЧ132-50Х	400–1400	–	50 (80)	0,4	1,6–3,2
ДЧ142-63	400–1400	–	63 (100)	0,33	1,6–3,2
ДЧ142-63Х	400–1400	–	63 (100)	0,33	1,6–3,2
ДЧ142-80	400–1400	–	80 (125)	0,29	–
ДЧ142-80Х	400–1400	–	80 (125)	0,29	–
ДЧ152-100	400–1400	–	100 (160)	0,25	1,25–3,2
ДЧ152-100Х	400–1400	–	100 (160)	0,25	1,25–3,2

Таблица 28.3 (продолжение)

Тип	$U_{\text{сфр}}, \text{В}$	$I_{\text{сфр}}, \text{мА}$	$I_{\text{пр}}, \text{А}$	$U_{\text{пр}}, \text{В}$	$F, \text{мкс}$
ДЧ151-125	400-1600	—	125 (200)	—	2
ДЧ151-125Х	400-1600	—	125 (200)	—	2
ДЧ151-200	400-1600	—	200 (400)	—	2
ДЧ151-200Х	400-1600	—	200 (400)	—	2
ДЧ351-160	400-1600	—	160 (250)	—	3,2
ДЧ351-160Х	400-1600	—	160 (250)	—	3,2
ДЧ151-80	500-1200	25	80 (2400)	0,27	16
ДЧ151-100	500-1200	25	100 (2700)	0,27	16
ДЧ161-125	500-1200	35	125 (4500)	0,18	16
ДЧ161-160	500-1200	35	160 (5000)	0,18	16
ДЧ171-250	500-1200	60	250 (8000)	0,08	16
ДЧ171-320	500-1200	60	320 (9000)	0,08	16
ДЧ135-63	600-1000	15	63 (100)	0,33	0,5
ДЧ135-63Х	600-1000	15	63 (100)	0,33	0,5
ДЧ135-80	600-1000	15	80 (125)	0,25	0,5
ДЧ135-80Х	600-1000	15	80 (125)	0,25	0,5
ДЧ251-160	600-1300	20	160 (3800)	0,21	4
ДЧ251-160Х	600-1300	20	160 (3800)	0,21	4
ДЧ251-200	600-1300	20	200 (4500)	0,21	4
ДЧ251-200Х	600-1300	20	200 (4500)	0,21	4
ДЧ261-250	600-1400	30	250 (400)	0,24	2,2
ДЧ261-250Х	600-1400	30	250 (400)	0,24	2,2
ДЧ261-320	600-1400	30	320 (500)	0,24	—
ДЧ261-320Х	600-1400	30	320 (500)	0,24	—
ДЧ361-250	600-1400	—	250 (390)	—	3,2-4,0
ДЧ361-250Х	600-1400	—	250 (390)	—	3,2-4,0
ДЧ361-320	600-1400	—	320 (500)	—	3,2-4,0
ДЧ361-320Х	600-1400	—	320 (500)	—	3,2-4,0
ДЧ271-400	600-1200	40	400 (630)	0,07	—
ДЧ271-400Х	600-1200	40	400 (630)	0,07	—
ДЧ271-500	600-1200	40	500 (800)	0,07	—
ДЧ271-500Х	600-1200	40	500 (800)	0,07	—
2ДЧ251-160	500-1100	40	160 (3300)	0,24	—
ДЧ143-800	600-1800	40	800 (14500)	0,035	8
ДЧ143-1000	600-1800	40	1000 (17000)	0,035	8
ДЧ343-1000	600-1800	—	1000 (2000)	—	5
2ДЧ135-50Х	800	5	50 (800)	0,65	—
2ДЧ135-63	800-1000	8	63 (1500)	0,33	—
2ДЧ135-80	800-1000	8	80 (2000)	0,25	—
ДЧ115-5	1000-1800	—	5 (8)	2,5	0,5-1,6
ДЧ243-630	1200-1800	40	630 (800)	0,027	—
ДЧ243-800	1200-1800	40	800 (1250)	0,027	—
ДЧ243-1000	1200-1800	40	1000 (1500)	0,027	—
ДЧ152-50	1400-2400	—	50 (80)	0,32	2-4
ДЧ152-50Х	1400-2400	—	50 (80)	0,32	2-4

Таблица 28.3 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, МА$	$I_{пр}, А$	$U_{пр}, В$	$F, мкс$
ДЧ152-80	1400–2400	–	80 (125)	0,25	1,6–3,2
ДЧ152-80Х	1400–2400	–	80 (125)	0,25	1,6–3,2
ДЧ233-200	1200–3600	40	200 (300)	0,04	–
ДЧ233-250	1200–3600	40	250 (400)	0,04	–
ДЧ233-320	1200–3600	40	320 (500)	0,04	–
ДЧ253-800	1200–3600	120	800 (1250)	0,02	–
ДЧ253-1000	1200–3600	120	1000 (1500)	0,02	–
ДЧ273-1600	1200–3600	200	1600 (2500)	0,01	–
ДЧ273-2000	1200–3600	200	2000 (3000)	0,01	–
ДЧ173-1600	1400–2000	150	1600 (36 кА)	0,011	8
ДЧ173-2000	1400–2000	150	2000 (45 кА)	0,011	8
ДЧ133-320	1600–2200	40	320 (6 кА)	0,1	3
ДЧ133-400	1600–2200	40	400 (6500)	0,1	3
ДЧ133-500	1600–2200	40	500 (7500)	0,1	3
ДЧ141-63	1600–2600	–	63 (100)	–	1,0–2,0
ДЧ141-80	1600–2600	–	80 (125)	–	1,0–2,0
ДЧ333-400	1600–3400	–	400 (800)	–	4
ДЧ323-200	3000–4600	–	200 (400)	–	5
ДЧ323-250	3000–4600	–	250 (500)	–	5
ДЧ353-800	3000–4600	–	800 (1600)	–	6,3
В7-200-3	300	40	200 (3000)	0,16	10
ВЧ2-160	100–1000	35	160 (3300)	0,15	40
ВЧ2-200	100–1000	35	200 (4000)	0,15	40
ВЧ-25	600	20	25 (400)	0,6	10
ЗДЧ104-10	100–600	10	10 (150)	2,0	–
ЗДЧ104-25	100–400	10	25 (350)	1,2	–
ЗДЧ122-20	100–600	10	20 (300)	1,0	–
ЗДЧ122-50	100–250	10	50 (700)	0,8	–
ЗДЧ304-25	100–250	10	25 (350)	0,9	–

**Диоды Шоттки фирмы
IXYS SEMICONDUCTOR**

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Диоды Шоттки Ixys



DSA120C150QB
(IXYS SEMICONDUCTOR)



Сборки диодов Шоттки
IXYS Corporation

Параметры диодов Шоттки приведены в табл. 28.4. Обозначения в таблице: $V_{об}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{пр}/T$ — средний прямой ток при указанной температуре корпуса; $V_{пр}/I_p$ — прямое падение напряжения при указанном токе; E — лавинная энергия; T_d — максимально допустимая температура перехода; R — тепловое сопротивление.

Конфигурация диодов в корпусе в зависимости от обозначения показана на рис. 28.1.

Параметры диодов Шоттки

Таблица 28.4

Тип	$V_{об}$, В	$I_{пр}/T$, А/°С	$V_{пр}/I_p$, В/А	E , мДж	T_d , °С	R , °С/Вт
DSSK 80-0008D	8	2×40/135	0,23/40	—	150	0,8
DSS 2X200-0008D	8	2×200/100	0,15/100	—	180	0,4
DSS 20-0015B	15	20/135	0,33/20	—	150	1,4
DSSK 40-0015B	15	2×20/135	0,32/20	—	150	1,4
DSSK 70-0015B	15	2×35/130	0,33/35	—	150	1,1
DSS 25-0025B	25	25/125	0,44/25	—	150	1,4
DSSK 48-0025B	25	2×25/130	0,35/20	—	150	1,2
DSSK 50-0025B	25	2×25/125	0,42/25	—	150	1,4
DSSK 80-0025B	25	2×40/130	0,39/40	10	150	0,8
DSSK 48-003B	30	2×25/130	0,35/20	—	150	1,2
DSSK 48-003BS	30	2×25/130	0,35/20	—	150	1,2
DSSK 80-003B	30	2×40/130	0,39/40	10	150	0,8
DSS 6-0045AS	45	6/160	0,53/6	24	175	3,0
DSS 10-0045A	45	10/160	0,58/10	24	175	1,7
DSS 10-0045B	45	10/160	0,45/10	24	150	1,7
DSS 16-0045A	45	16/160	0,57/15	32	175	1,4
DSS 16-0045AS	45	16/160	0,57/15	32	175	1,4
DSS 16-0045B	45	16/130	0,42/15	32	150	1,4
DSS 25-0045A	45	25/155	0,59/25	46	175	1,1
DSS 60-0045B	45	60/100	0,57/60	57	150	0,8
DSSK 20-0045A	45	2×10/160	0,58/10	24	175	1,7
DSSK 20-0045B	45	2×10/135	0,45/10	24	150	1,7
DSSK 28-0045A	45	2×14/160	0,57/15	32	175	1,4
DSSK 28-0045B	45	2×14/135	0,42/15	32	150	1,4
DSSK 28-0045BS	45	2×14/135	0,42/15	32	150	1,4
DSSK 30-0045A	45	2×15/160	0,57/15	32	175	1,4
DSSK 30-0045B	45	2×15/135	0,41/15	32	150	1,4
DSSK 60-0045A	45	2×30/150	0,60/30	46	175	1,1
DSSK 60-0045B	45	2×30/120	0,44/30	46	150	1,1
DSSK 80-0045B	45	2×40/125	0,45/40	57	150	0,8
DSS 2X61-0045A	45	2×60/105	0,66/60	57	150	0,8
DSS 2X81-0045B	45	2×80/75	0,64/80	57	150	0,4
DSS 2X121-0045B	45	2×120/100	0,59/120	112	150	0,4
DSS 2X160-0045A	45	2×160/100	0,73/160	112	150	0,3
DSSK 28-006B	60	2×15/135	0,52/15	—	150	1,1

Таблица 28.4 (продолжение)

Тип	$V_{\text{об}}, \text{В}$	$I_{\text{н}}/T, \text{А/}^{\circ}\text{C}$	$V_{\text{н}}/I_{\text{н}}, \text{В/А}$	$E, \text{мДж}$	$T_{\text{д}}, ^{\circ}\text{C}$	$R, ^{\circ}\text{C/Вт}$
DSSK 28-006BS	60	2×15/135	0,52/15	—	150	1,1
DSSK 40-006B	60	2×20/130	0,57/20	—	150	1,1
DSSK 80-006B	60	2×40/120	0,51/40	—	150	0,8
DSSK 40-008B	80	2×20/130	0,57/20	—	150	1,1
DSSK 70-008A	80	2×35/150	0,66/35	—	175	0,8
DSS 2X11 1-008A	80	2×110/105	0,72/100	19	150	0,4
FSS 100-008A	80	85/90	0,8/75	—	175	1,4
DSS 10-01A	100	10/160	0,65/10	7	175	1,7
DSS 10-0 IAS	100	10/160	0,65/10	7	175	1,7
DSS 16-01A	100	16/155	0,64/15	10	175	1,4
DSS 16-0 IAS	100	16/155	0,64/15	10	175	1,4
DSS 20-01 AC	100	20/140	0,65/10	7	175	1,7
DSSK 16-01A	100	2×8/165	0,65/10	7	175	1,7
DSSK 16-0 IAS	100	2×8/165	0,65/10	7	175	1,7
DSSK 16-01C	100	2×8/165	0,65/10	7	175	1,7
DSSK 28-01A	100	2×15/155	0,64/15	10	175	1,4
DSSK 28-0IAS	100	2×15/155	0,64/15	10	175	1,4
DSSK 30-01A	100	2×15/160	0,64/15	10	175	1,4
DSSK 50-01A	100	2×25/155	0,65/25	13	175	1,1
DSS 2X41-01A	100	2×40/110	0,7/40	13	150	1,1
DSS 2X61-01A	100	2×60/105	0,73/60	16	150	0,8
DSS 2X160-01A	100	2×160/95	0,8/160	31	150	0,3
DSSK 20-01 3A	130	2×10/165	0,65/10	—	175	1,4
DSSK 60-01 3A	130	2×30/155	0,69/30	—	175	0,8
DSSK 20-015A	150	2×10/165	0,65/10	—	175	1,4
DSSK 60-015A	150	2×30/155	0,69/30	—	175	0,8
DSSK 60-015AR	150	2×30/155	0,69/30	—	175	0,8
DSS 2X101-015A	150	2×100/110	0,78/100	—	150	0,4
DSSK 10-018A	180	2×5/165	0,62/5	—	175	1,7
DSSK 30-018A	180	2×15/150	0,72/15	—	175	1,7

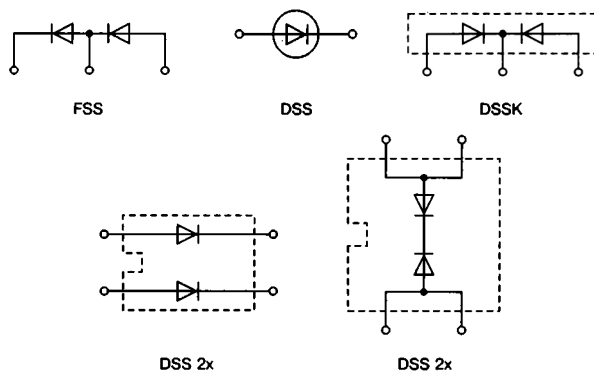


Рис. 28.1. Электрические схемы диодов Шоттки

Зарубежные выпрямительные диоды общего применения

Диоды серия 1N4001–1N4007. Диоды рассчитаны на максимальный постоянный выпрямленный ток 1 А (в импульсе до 10 А) и на максимальные обратные напряжения: 1N4001 — 50 В; 1N4002 — 100 В; 1N4003 — 200 В; 1N4004 — 400 В; 1N4005 — 600 В; 1N4006 — 800 В; 1N4007 — 1000 В. Прямое падение напряжения при максимальном токе 1,1 В, ток утечки при максимальном обратном напряжении — 10 мкА. Диоды выпускаются в корпусе SOD81.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Диоды серии
1N4148, 1N4448*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Технические
характеристики
BYD33G*

Диоды серии BYD33. Лавинные диоды с большим поглощением энергии в импульсе (от D до J — 10 мДж, от K до V — 7 мДж). Диоды рассчитаны на максимальный постоянный выпрямленный ток 1,3 А (в импульсе от D до M — 12 А, U и V — 11 А). Максимальное обратное напряжение: BYD33D — 200 В; BYD33G — 400 В; BYD33J — 600 В; BYD33K — 800 В; BYD33M — 1000 В; BYD33U — 1200 В; BYD33V — 1400 В. Прямое падение напряжения при максимальном токе 1,1 В, ток утечки при максимальном обратном напряжении — 1 мкА. Диоды выпускаются в корпусе SOD81.

Диоды серии BYD37. Лавинные диоды с большим поглощением энергии в импульсе (от D до J — 10 мДж, от K до M — 7 мДж). Диоды рассчитаны на максимальный постоянный выпрямленный ток 1,5 А (в импульсе 13 А). Максимальное обратное напряжение: BYD33D — 200 В; BYD33G — 400 В; BYD33J — 600 В; BYD33K — 800 В; BYD33M — 1000 В. Прямое падение напря-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Диоды
выпрямительные
1N4001 – 1N4007*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



BYD37 Datasheet

жения при максимальном токе 1,1 В, ток утечки при максимальном обратном напряжении — 1 мкА. Диоды выпускаются в корпусе SOD87.

Диоды серии BYV26. Лавинные диоды с большим поглощением энергии в импульсе (до 10 мДж). Диоды рассчитаны на максимальный постоянный выпрямленный ток 1,0 А (в импульсе 10 А). Максимальное обратное напряжение: BYV26A — 200 В; BYV26B — 400 В; BYV26C — 600 В; BYV26D — 800 В; BYV26E — 1000 В; BYV26F —

1200 В; BYV26G — 1400 В. Прямое падение напряжения при максимальном токе 1,3 В, ток утечки при максимальном обратном напряжении — 5 мкА. Диоды выпускаются в корпусе SOD57.

Диоды серии BYV27. Сверхбыстрые диоды (время восстановления 25 нс). Диоды рассчитаны на максимальный постоянный выпрямленный ток 2,0 А (в импульсе 15 А). Максимальное обратное напряжение: BYV27/50 — 50 В; BYV27/100 — 100 В; BYV27/150 — 150 В; BYV27/200 — 200 В.

Диоды выпускаются в корпусе SOD57.

Двойной диод BAS31. Максимальный выпрямленный ток 250 мА для одного диода и 150 мА на каждый диод при их одновременном включении, импульсный ток до 10 А при длительности импульса 1 мкс. Максимальное обратное напряжение 90 В (в импульсе до 110 В). Диоды выпускаются в корпусе TO-236.

Двойной диод BAV70. Максимальный выпрямленный ток 250 мА, импульсный ток до 2 А при длительности импульса 1 мкс. Максимальное обратное напряжение 70 В. Корпус TO-236.

Диод BAL99 (одинарный), BAV99 (двойной). Максимальный выпрямленный ток 250 мА, импульсный ток до 2 А при длительности импульса 1 мкс. Максимальное обратное напряжение 70 В. Диоды выпускаются в корпусе TO-236.

Двойной диод BAV199. Максимальный выпрямленный ток 160 мА, импульсный ток до 4 А при длительности импульса 1 мкс. Максимальное обратное напряжение 75 В (в импульсе до 85 В).

Корпус TO-236.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



BYV26 Datasheet

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



BYV27 Datasheet

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



BAS31 Datasheet

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



BAV70 Datasheet

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***BAV99 Datasheet***ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***BAV199 Datasheet***ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***Двойной диод BAS31*

Двойной диод В AW56. Максимальный выпрямленный ток 250 мА, импульсный ток до 2 А при длительности импульса 1 мкс. Максимальное обратное напряжение 70 В. Диоды выпускаются в корпусе TO-236.

Диоды серии BAV100-BAV103. Максимальный выпрямленный ток 250 мА, импульсный ток до 1 А. Максимальные обратные напряжения: BAV100 — 50 В; BAV101 — 100 В; BAV102 — 50 В; BAV103 — 100 В. Диоды выпускаются в корпусе SOD80C.

Диоды 1N5408 и UF5408. Максимальный выпрямленный ток 3 А, импульсный ток 200 А для 1N5408 и 150 А для UF5408. Максимальное обратное напряжение 1000 В. Диоды выпускаются в корпусе DO-201AD — 1N5408 и в корпусе DO-27 UF5408.

Диоды серии BAV19-BAV21. Максимальный выпрямленный ток 250 мА, импульсный ток до 1 А. Максимальное обратное напряжение: BAV19 — 100 В; BAV20 — 150 В; BAV21 — 200 В. Диоды выпускаются в корпусе DO-204.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***BAV103 Datasheet***ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***BAV19 Datasheet***ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ***UF5408 Datasheet*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Модули диодные
быстровосстанав-
ливающиеся (SFRD)

Модули быстровосстанавливающиеся диодные SFRD

Основные особенности:

- ♦ все силовые и управляющие выводы изолированы от металлического основания;
- ♦ напряжение изоляции не менее 2500 В;
- ♦ тепло от элементов отводится через керамический изолятор из нитрида алюминия и металлическое основание;
- ♦ низкое время обратного восстановления;
- ♦ прижимные внутренние контактные соединения, обеспечивающие высокую надежность при циклическом режиме работы.

Параметры модулей приведены в табл. 28.5.

Параметры отечественных быстровосстанавливающихся диодных модулей

Таблица 28.5

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	$I_{пр}$, А	I_{max} , А	R_{θ} , мОм	R_{temp} , °С / Вт
М2ДЧ-40	400–1400	30	40	1600	6	0,68
М2ДЧ-63	400–1400	30	63	1800	5	0,46
М2ДЧ-80	400–1400	30	80	2000	4,4	0,39
МДЧДЧ-160	300–1400	20	160	4500	1,6	0,2
М1ДЧ-250	900–2400	–	250	12000	0,5	0,076
М1ДЧ-320	1300–1800	–	320	14000	0,4	0,076
М1ДЧ-400	400–1800	–	400	10000	0,4	0,06
МДЧ-400	200–1200	–	400	10000	0,4	0,06
МДЧ1-400	800–2500	–	400	10000	0,7	0,06
М2ДЧ-250	1900–2400	–	250	12000	0,5	0,076
М2ДЧ-320	1300–1800	–	320	14000	0,4	0,076
М2ДЧ-400	200–1200	–	400	16000	0,3	0,076

Силовые полупроводниковые модули

Полупроводниковые модули — это силовые полупроводниковые устройства (совокупность двух или более полупроводниковых структур соединенных между собой по определенной схеме в единую конструкцию).

Применяются для построения элементов электротехнических систем различного назначения: выпрямители, инверторы, преобразователи напряжения или преобразователи частоты.

Модули могут включать в себя следующие силовые элементы: диоды, тиристоры, МОП-транзисторы, IGBT-транзисторы.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Полупроводниковые
модули

Цена силового полупроводникового модуля зависит от его функционала, коммутируемого тока и напряжения. Функционально модули делятся на: тиристорно-диодные, транзисторно-диодные, полумосты, трехфазные мосты, мощные сборки транзисторов. Купить полупроводниковые модули можно на коммутируемый ток от десятков до сотен ампер и напряжения от сотен до тысяч вольт.

Наиболее известными брендами в области производства силовых полупроводниковых модулей являются следующие компании: Fuji Electric Semiconductors, Mitsubishi Electric, Semikron, IXYS, Crydom.

Параметры силовых полупроводниковых модулей приведены в табл. 28.6. Обозначения в таблице: $U_{обр}$ — максимально допустимое обратное напряжение; $I_{обр}$ — ток в запертом состоянии; $I_{пр}$ — максимальный средний прямой ток; $I_{пик}$ — пиковое значение среднего тока; r_T — сопротивление во включенном состоянии; $U_{упр}$ — управляющее напряжение; $I_{упр}$ — ток управления; $t_{вкл}$ — время включения; $t_{выкл}$ — время выключения; R_T — тепловое сопротивление.

Параметры модулей быстросовстнавливающих диодов

Таблица 28.6

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, МА	$I_{пр}$, А	$I_{пик}$, А	r_T , МОМ	$U_{упр}$, В	$I_{упр}$, МА	$t_{вкл}$, МКС	$t_{выкл}$, МКС	R_T , °С/Вт
МД2-10	400-1200	5	10	16	—	—	—	—	—	1,8
МД2-16	400-1200	5	16	25	—	—	—	—	—	1,2
МД2-25	400-1200	5	25	40	—	—	—	—	—	0,7
МД4-25	200-1600	10	25	40	—	—	—	—	—	1,2
МТТ-40	400-1600	15	40	63	2,4	3,5	200	—	160	0,68
МТТ-63	400-1600	7	63	100	2,4	3,5	200	—	160	0,46
МТТ-80	400-1200	7	80	125	2,4	3,5	200	—	160	0,39
МДЧДЧ-160	300-1400	20	160	250	1,6	—	—	—	—	0,22
МТБДЧ-100	500-1000	25	100	160	1,8	3,5	250	4	40	0,22
МТБТБ-100	500-1000	25	100	160	1,8	3,5	250	4	40	0,22
МТТ-100	400-1600	25	100	160	2,4	3,5	200	—	160	0,22
МТД-100	400-1600	25	100	160	2,4	3,5	200	—	160	0,22
МДТ-100	400-1600	25	100	160	2,4	3,5	200	—	160	0,22
МТТ-125	400-1600	25	125	195	1,8	3,5	200	—	160	0,19
МТД-125	400-1600	25	125	195	1,8	3,5	200	—	160	0,19
МДТ-125	400-1600	25	125	195	1,8	3,5	200	—	160	0,19
МТТ-160	400-1600	25	160	250	1,05	3,5	200	—	250	0,18
МТД-160	400-1600	25	160	250	1,05	3,5	200	—	250	0,18
МДТ-160	400-1600	25	160	250	1,05	3,5	200	—	250	0,18
МТТ2-160	400-1600	40	170	267	1	3,5	200	—	160	0,15
МТТ-200	400-1600	40	200	314	0,95	3,5	200	—	160	0,13

Таблица 28.6 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, МА$	$I_{пр}, А$	$I_{пик}, А$	$r_{\theta}, \frac{МОМ}{^{\circ}C}$	$U_{упр}, В$	$I_{упр}, МА$	$t_{выкл}, МКС$	$t_{выкл}, МКС$	$R_{\theta}, \frac{^{\circ}C}{Вт}$
МТД-200	400–1600	30	200	314	0,95	3,5	200	–	160	0,13
МДТ-200	400–1600	30	200	314	0,95	3,5	200	–	160	0,13
МТТ-250	400–1600	40	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МТД-250	400–1600	30	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МДТ-250	400–1600	30	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МДД-125	400–1600	40	125	195	0,65	–	–	–	–	0,19
МДД-160	400–1600	40	160	250	0,55	–	–	–	–	0,18
МДД-200	400–1600	50	200	314	0,6	–	–	–	–	0,13
МДД-250	400–1600	50	250	390	0,56	–	–	–	–	0,12
МД2-10	400–1200	5	10	16	–	–	–	–	–	1,8
МД2-16	400–1200	5	16	25	–	–	–	–	–	1,2
МД2-25	400–1200	5	25	40	–	–	–	–	–	0,7
МДД4-25	200–1600	10	25	40	–	–	–	–	–	1,2
МТТ-40	400–1600	15	40	63	2,4	3,5	200	–	160	0,68
МТТ-63	400–1600	7	63	100	2,4	3,5	200	–	160	0,46
МТТ-80	400–1200	7	80	125	2,4	3,5	200	–	160	0,39
МДЧДЧ-160	300–1400	20	160	250	1,6	–	–	–	–	0,22
МТБДЧ-100	500–1000	25	100	160	1,8	3,5	250	4	40	0,22
МТБТБ-100	500–1000	25	100	160	1,8	3,5	250	4	40	0,22
МТТ-100	400–1600	25	100	160	2,4	3,5	200	–	160	0,22
МТД-100	400–1600	25	100	160	2,4	3,5	200	–	160	0,22
МДТ-100	400–1600	25	100	160	2,4	3,5	200	–	160	0,22
МТТ-125	400–1600	25	125	195	1,8	3,5	200	–	160	0,19
МТД-125	400–1600	25	125	195	1,8	3,5	200	–	160	0,19
МДТ-125	400–1600	25	125	195	1,8	3,5	200	–	160	0,19
МТТ-160	400–1600	25	160	250	1,05	3,5	200	–	250	0,18
МТД-160	400–1600	25	160	250	1,05	3,5	200	–	250	0,18
МДТ-160	400–1600	25	160	250	1,05	3,5	200	–	250	0,18
МТТ2-160	400–1600	40	170	267	1	3,5	200	–	160	0,15
МТТ-200	400–1600	40	200	314	0,95	3,5	200	–	160	0,13
МТД-200	400–1600	30	200	314	0,95	3,5	200	–	160	0,13
МДТ-200	400–1600	30	200	314	0,95	3,5	200	–	160	0,13
МТТ-250	400–1600	40	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МТД-250	400–1600	30	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МДТ-250	400–1600	30	250	390	0,53	3,5	200	–	250	0,12
МДД-125	400–1600	40	125	195	0,65	–	–	–	–	0,19
МДД-160	400–1600	40	160	250	0,55	–	–	–	–	0,18
МДД-200	400–1600	50	200	314	0,6	–	–	–	–	0,13
МДД-250	400–1600	50	250	390	0,56	–	–	–	–	0,12

ТЕРМИСТОРЫ

|| Термисторы || для температурных измерений

Терморезисторы (термисторы) — это резисторы, сопротивление которых сильно изменяется в зависимости от температуры. Термисторы изготавливаются на основе полупроводникового материала и имеют нелинейную вольтамперную характеристику.

Термисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления называются позисторами. Благодаря чувствительности к температуре термисторы используются для измерения температуры и построения систем управления температурой в технологическом и лабораторном оборудовании.

ПРИМЕЧАНИЕ

Важным преимуществом термисторов является их большое сопротивление. Это устраняет проблему, связанную с падением напряжения на подводящих проводах, как при использовании RTD или проблему, связанную с необходимостью большого усиления сигнала (до 2000) для термопар.

Терморезисторы изготавливаются на основе полупроводникового оксида металлов, спрессованного для получения заданной формы. Механическая прочность и защита от воздействий окружающей среды обеспечивается с помощью металлического корпуса или защитного изолирующего слоя. Термисторы имеют нелинейную вольтамперную характеристику и очень высокую температурную чувствительность по сравнению с другими типами датчиков температуры.

ПРИМЕЧАНИЕ

Типовое значение ТКС для термисторов составляет – 5% на градус, в то время как для платинового термопреобразователя он составляет 0,4% на градус. Типовой диапазон температур термисторов достаточно узок (–60...+150 °С), для некоторых образцов он расширен до (–60...+300 °С).

Параметры NTC-термисторов для температурных измерений приведены в табл. 29.1, где T_a – диапазон температур, R – номинальное сопротивление, T – при указанной температуре, B – температурный коэффициент 25/100.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Применение
термисторов
для измерения
температуры

Параметры NTC-термисторов

Таблица 29.1

Тип	T_a , °С	R, Ом (кОм)	T, °С	B 25/100	Корпус
B572	–55...+125	100–47000	25	3550–4500	SMD 0402
B573	–55...+125	100–47000	25	3550–4500	SMD 0603
B574	–55...+125	100–47000	25	3550–4500	SMD 0603
B57619	–55...+125	10000–47000	25	3530–3920	SMD 0603
B57620	–55...+125	220–220000	25	3100–4300	SMD 0805
B57621	–55...+125	2200–470000	25	3060–4250	SMD 1206
B57150	–55...+155	144	100	4170	Безвыводный диск
B57220	–55...+250	2500	20	3560	Безвыводный диск
B57350	–55...+125	70	100	3930	Безвыводный диск
B57820	–55...+155	39,0–92	100	3550–3930	Безвыводный диск
B57164	–55...+125	15–470000	25	2900–5000	Дисковый с выводами
B57871	–55...+155	2100–30000	25	3460–3980	Дисковый с выводами
B57881	–55...+155	2100–30000	25	3460–3980	Дисковый с выводами
B57885	–55...+155	2100–30000	25	3460–3980	Дисковый с выводами
B57891	–55...+155	1000–470000	25	3930–5000	Дисковый с выводами
B578915	–55...+155	2200–100000	25	3560–4450	Дисковый с выводами
B57861	–55...+155	2000–100000	25	3560–4540	Дисковый с выводами
B578615	–40...+100	2000–100000	25	3560–4540	Дисковый с выводами
B57862	–55...+155	3000–30000	25	3988	Дисковый с выводами
B57863	–55...+155	3000–30000	25	3988	Дисковый с выводами
B57867	–55...+155	2000–100000	25	3560–4540	Дисковый с выводами
B57869	–55...+155	3000–30000	25	3964–3988	Дисковый с выводами
B57540	–55...+250	5 к – 1400 к	25	3450–4036	Стеклянный
B57550	–55...+300	2 к – 1400 к	25	3390–4036	Стеклянный
B57560	–55...+300	2 к – 1400к	25	3390–4036	Стеклянный
B57660	–55...+300	2,2 к – 1388 к	25	3390–3970	Стеклянный
B57750	–55...+500	8 к	200	5300	Стеклянный
B57703	–55...+125	5 к – 30 к	25	3964–3988	Пробник

Таблица 29.1 (продолжение)

Тип	$T_a, ^\circ\text{C}$	$R, \text{Ом (кОм)}$	$T, ^\circ\text{C}$	$B_{25/100}$	Корпус
B57227	-55...+155	1,8 к	100	4300	Пробник
B57500	-30...+100	10 к	25	3988	Пробник
B57501	-30...+100	6,8 к	25	3988	Пробник
B57020	-40...+80	8,7 к – 16,3 к	0	3980	Пробник
B57045	-55...+125	1 к – 150 к	25	3730–4600	Пробник
B57276	-10...+100	1704	80	3760	Пробник

Термисторы для ограничения тока

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Термистор — это полупроводниковый резистор, сопротивление которого резко изменяется при нагреве.

Для ограничения тока нужны термисторы с отрицательным температурным коэффициентом — NTC термисторы. При протекании тока через NTC термистор он нагревается и его сопротивление падает.

В источниках питания часто стоит задача ограничить стартовый бросок тока при включении. В интернете можно найти достаточно много схем ограничителей бросков тока. Но для конкретной задачи они могут иметь ряд недостатков:

- ♦ необходимость пересчета элементов схемы для нужного тока;
- ♦ для мощных потребителей нужен подбор силовых элементов, обеспечивающих необходимые параметры для расчетной выделяемой мощности;
- ♦ нужно обеспечить минимальный стартовый ток для подключаемого устройства, из-за чего сложность такой схемы возрастает.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для решения этой задачи есть простое и надежное решение — применение термисторов.

Параметры NTC-термисторов для ограничения тока приведены в табл. 29.2, где T_a — диапазон температур, R — номинальное сопротивление, P — номинальная мощность, I_m — максимальный ток, B — температурный коэффициент 25/100. Термисторы выпускаются в дисковых корпусах.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Использование
термисторов
для ограничения
бросков тока
в источниках
питания

Параметры NTC-термисторов для ограничения тока

Таблица 29.2

Тип	$T_p, ^\circ\text{C}$	$R, \text{Ом}$	$P, \text{Вт}$	$I_m, \text{А}$	B25/100
B57153	-55...+170	-	1,4	1,3-3	2800-3000
B57235	-55...+170	5-10	1,8	3-4,2	2800-2900
B57236	-55...+170	2,5-80	2,1	1,6-5,5	2700-3300
B57236S	-55...+170	2,5-8	2,4	3,7-5,5	2700-2900
B57237	-55...+170	1-33	3,1	2-9	2700-3300
B57238	-55...+170	2-25	3,9	3,4-8,4	2800-3265
B57238S	-55...+170	2-5	3,9	6,4-8,4	2800-2965
B57364	-55...+170	1-10	5,1	7,5-16	2800-3300
B57464	-55...+170	1	6,7	20	2800

PTC-термисторы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Термистор — полупроводниковый резистор, изменяющие свое сопротивление в зависимости от температуры, которые делятся на два класса:

- ♦ PTC-типа — полупроводниковые резисторы с положительным температурным коэффициентом сопротивления;
- ♦ NTC-типа — полупроводниковые резисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления.

Для защиты электродвигателей используются в основном PTC-термисторы (позисторы Positive Temperature Coefficient), обладающие свойством резко увеличивать свое сопротивление, когда достигнута некоторая характеристическая температура.

Применительно к двигателю это максимально допустимая температура нагрева обмоток статора для данного класса изоляции. Три (для двухобмоточных двигателей — шесть) PTC-термистора соединены последовательно и подключены к входу электронного блока защиты. Блок настроен таким образом, что при превышении суммарного сопротивления цепочки срабатывает контакт выходного реле, управляющий расцепителем автомата или катушкой магнитного пускателя.

ПРИМЕЧАНИЕ

Термисторная защита предпочтительней в тех случаях, когда по току невозможно определить с достаточной точностью температуру двига-

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



PTC термистор

теля. Это касается, прежде всего, двигателей с продолжительным периодом запуска, частыми операциями включения и отключения (повторно-кратковременным режимом) или двигателей с регулируемым числом оборотов (при помощи преобразователей частоты). Термисторная защита эффективна также при сильном загрязнении двигателей или выходе из строя системы принудительного охлаждения.

Параметры РТС-термисторов для защиты двигателей от перегрузок приведены в табл. 29.3, где U_m — максимальное напряжение, I_n — номинальный ток, R — номинальное сопротивление.

Термисторы для защиты двигателей от перегрузок

Таблица 29.3

Тип	U_m , В	I_n , мА	R , Ом	Корпус
C1165	20	800	1	Дисковый
C915-995	20	150-2900	0,2-13	Дисковый
C915-995	30	150-2500	0,2-13	Дисковый
C910-990	54	55-1150	0,9-55	Дисковый
C910-990	80	30-530	0,9-55	Дисковый
C910-990	80	50-1000	0,9-55	Дисковый
C910-990	80	86-1000	0,9-41	Дисковый
C810-890	160	35-800	2,6-150	Дисковый
C810-890	265	15-350	2,6-150	Дисковый
C810-890	265	55-650	3,5-160	Дисковый
C810-890	265	30-730	2,6-150	Дисковый
C810-890	265-550	12-650	2,6-1500	Дисковый
B404-406	500-550	2,5-4	3500-5500	Трубчатый
B1084-S1025	2445	55-250	10-70	Дисковый
A607-A707	80	45-65	55-125	SMD
РП15-Р1315	30-80	40-310	3,1-55	SMD
G1030-G1034	245	90-180	9-50	SMD
G1081-G1084	245	90-180	9-50	SMD

Параметры РТС-термисторов для размагничивания кинескопов приведены в табл. 29.4, где U_m — максимальное напряжение, I_n — номинальный ток, R — номинальное сопротивление.

Термисторы для размагничивания кинескопов

Таблица 29.4

Тип	U_m , В	I_n , А	R , Ом	Корпус
C1250-S1481	140	>25	5-8	Дисковый
J104-209	265	>25	10-18	Пластмассовый прямоугольный
T100-T251	265	>25	10-30	Пластмассовый прямоугольный
T109-T205	265	>32	4,5-9	Пластмассовый прямоугольный

Параметры РТС-термисторов для переключения приведены в табл. 29.5, где U_m — максимальное напряжение, I_n — номинальный ток, R — номинальное сопротивление.

Переключающие термисторы

Таблица 29.5

Тип	U_m , В	I_n , мА	R , Ом	Корпус
C1118–C1119	265	15–55	70–150	Дисковый
J280–J290	80–265	24–35	32–1500	Пластмассовый прямоугольный
J150–J320	265	8–77	150–320	Пластмассовый прямоугольный
J29	265	7–14	5000	Пластмассовый прямоугольный

Параметры РТС-термисторов для запуска двигателей приведены в табл. 29.6, где U_m — максимальное напряжение, I_n — номинальный ток, R — номинальное сопротивление.

Термисторы для запуска моторов

Таблица 29.6

Тип	U_m , В	I_n , мА	R , Ом	Корпус
A192–A544	180	4–10	4,7–47	Дисковый
J501, J502	350	4–10	4,7–47	Пластмассовый прямоугольный

Параметры РТС-термисторов для защиты машин приведены в табл. 29.7, где U_m — максимальное напряжение, T — диапазон рабочих температур, R — номинальное сопротивление.

Термисторы для защиты машин

Таблица 29.7

Тип	U_m , В	T , °C	R , Ом	Корпус
M1100	30	60–190	<100	Капсулированная гранула
M135	30	60–180	<250	Капсулированная гранула
M155	30	60–180	<100	Капсулированная гранула
M1300	30	60–190	<300	Капсулированная гранула
M335	30	60–180	<750	Капсулированная гранула
M355	30	60–180	<300	Капсулированная гранула

Параметры РТС-термисторов-датчиков уровня приведены в табл. 29.8, где U_m — максимальное напряжение, I_n — номинальный ток в масле, R — номинальное сопротивление.

Термисторы — датчики уровня

Таблица 29.8

Тип	U_m , В	I_n , мА	R , Ом	Корпус
E11	24	>45	140	Стекланный
E1020	24	>42	135	Стекланный
D1010	24	>45	100–200	Металлический

Параметры РТС-термисторов как нагревательных элементов и термостатов приведены в табл. 29.9, где U_m — максимальное напряжение, T — диапазон рабочих температур, R — номинальное сопротивление.

Термисторы как нагревательные элементы и термостаты

Таблица 29.9

Тип	$U_m, В$	$T, ^\circ C$	$R, Ом$	Корпус
A60	12	0–280	>320	Дисковый
A53	230	50–270	4200–6000	Дисковый
A66	230	50–270	1200, 1700	Дисковый
R42	12	40–280	3,2–12,8	Прямоугольный
R102	230	50–290	700–1300	Прямоугольный

Параметры РТС-термисторов для измерения и контроля приведены в табл. 29.10, где U_m — максимальное напряжение, T — диапазон рабочих температур, R — номинальное сопротивление.

Термисторы для измерения и контроля

Таблица 29.10

Тип	$U_m, В$	$T, ^\circ C$	$R, Ом$	Корпус
C8	30	60–180	<250	Дисковый
C100	30	–20–180	<100	Дисковый
D901	30	60–140	<100	Металлический с клеммой
D801	30	60–160	<100	Металлический под винт
D401	20	40–120	80–130	Металлический под винт
A701	25	70–130	<1000	SMD

МОЩНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Мощные отечественные полевые транзисторы

Полевой транзистор — полупроводниковый радиокомпонент, используемый для усиления электрического сигнала. В цифровых устройствах схемы на основе полевых транзисторов исполняют функции ключей, управляющих переключениями логических элементов. В последнем случае использование полевых транзисторов оказывается крайне выгодным с точки зрения миниатюризации аппаратуры. Это обусловлено тем, что для цепей управления этими радиокомпонентами требуются небольшие мощности, вследствие чего на одном кристалле полупроводниковой микросхемы можно размещать десятки тысяч транзисторов.

Полупроводниковым сырьем для изготовления полевых транзисторов являются следующие материалы:

- ♦ карбид кремния;
- ♦ арсенид галлия;
- ♦ нитрид галлия;
- ♦ фосфид индия.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Справочник
по отечественным
полевым транзисторам*



*Мощные полевые
транзисторы*



*Полевые транзисторы
отечественные*

В приведенной ниже табл. 30.1 приняты следующие обозначения: $U_{\text{си}}$ — максимальное напряжение «сток-исток»; I_c — максимальный ток при температуре +25 °С (значение тока, указанное в скобках, — ток в импульсе); R — сопротивление в открытом состоянии; P — мощность рассеяния при температуре +25 °С.

Мощные отечественные полевые транзисторы

Таблица 30.1

Тип	Зарубежный аналог	$U_{\text{си}}, \text{В}$	$I_c, \text{А}$	$R, \text{Ом}$	$P, \text{Вт}$	Корпус
КП150	IRF150	100	38	0,055	150	ТО-204
КП240	IRF240	200	18	0,18	125	ТО-204
КП250	IRF250	200	30	0,085	150	ТО-204
КП340	1RF340	400	10	0,55	125	ТО-204
КП350	IRF350	400	14	0,3	150	ТО-204
КП440	IRF440	500	12	0,4	150	ТО-204
КП450	IRF450	500	12	0,4	150	ТО-204
КП510	IRF510	100	5,6	0,54	30	ТО-220
КП520	IRF520	100	9,2	0,27	60	ТО-220AB
КП530	IRF530	100	14	0,16	88	ТО-220AB
КП540	IRF540	100	28	0,077	150	ТО-220AB
КП610	IRF610	200	3,3	1,5	30	ТО-220AB
КП620	IRF620	200	5,2	0,8	50	ТО-220AB
КП630	IRF630	200	9,0	0,4	74	ТО-220AB
КП640	IRF640	200	18	0,18	125	ТО-220AB
2П707	-	600	(10)	1,0	60	КТ-56
КП707А1	-	400	115)	1,0	60	ТО-220AB
КП707Б1	BUZ90	600	(10)	2,0	60	ТО-220AB
КП707В1	-	800	(7)	3,0	55	ТО-220AB
КП707Г1	-	700	(8)	2,5	55	ТО-220AB
КП707Д1	-	500	(12)	1,5	55	ТО-220AB
КП707Е1	-	750	(8)	5,0	50	ТО-220AB
КП710	IRF710	400	2,0	3,6	36	ТО-220AB
КП717Б	IRF350	400	14	0,3	150	ТО-204
КП718А	BUZ45	500	10	0,5	125	ТО-204
КП718Е1	IRF453	500	12	0,4	150	ТО-204
КП720	IRF720	400	3,3	1,8	50	ТО-220AB
КП722А	BUZ36	200	22	12	125	ТО-204
КП723А	IRFZ44	60	55	0,016	125	ТО-220AB
КП723Б	IRFZ40	60	55	0,02	125	ТО-220AB
КП723В	IRFZ45	55	55	0,02	125	ТО-220AB
КП723Г	IRFZ44	60	55	0,016	125	ТО-220AB
КП724А	МТР6N60	600	6	1	125	ТО-220AB
КП724Б	IRF842	500	10	0,85	125	ТО-220AB
КП726А	BUZ90А	600	(10)	2,0	60	ТО-220AB
КП727А	BUZ71	50	18	0,1	80	ТО-220AB
КП727Б	IRFZ34	55	26	0,04	100	ТО-220AB
КП727В	IRFZ34	55	26	0,04	100	ТО-220AB

Таблица 30.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог	$U_{си}, В$	$I_c, А$	$R, Ом$	$P, Вт$	Корпус
КП728А	BUZ80А	800	3,8	2,5	100	ТО-220АВ
КП730	IRF730	400	5,5	1,0	74	ТО-220АВ
КП731А	IRF710	400	2,0	3,6	36	ТО-220АВ
КП731Б	IRF711	350	2,0	3,6	36	ТО-220АВ
КП731В	IRF712	300	2,0	3,6	36	ТО-220АВ
КП733А	IRF710	400	2,0	3,6	36	ТО-220АВ
КП733Б	IRF710	400	2,0	3,6	36	ТО-220АВ
КП733В1	—	550	0,5	10	10	ТО-92
КП737А	IRF630	200	9	0,4	74	ТО-220АВ
КП737Б	IRF634	250	8,1	0,45	74	ТО-220АВ
КП737В	IRF635	200	8,1	0,45	74	ТО-220АВ
КП739А	IRFZ14	60	10	0,2	50	ТО-220АВ
КП740	IRF740	400	10	0,55	125	ТО-220АВ
КП741А	IRFZ48	55	64	0,016	150	D2-Pak
КП741Б	IRFZ46	55	46	0,02	125	ТО-220АВ
КП742А	STH75N06	60	75	0,014	200	ТО-218
КП742Б	STH80N05	50	80	0,012	200	ТО-218
КП743А	IRF510	100	5,6	0,54	30	ТО-220АВ
КП743Б	IRF511	100	5,0	0,5	30	ТО-220АВ
КП743В	IRF512	100	5,0	0,55	30	ТО-220АВ
КП744А	IRF520	100	9,2	0,27	60	ТО-220АВ
КП744Б	IRF521	100	9,2	0,3	60	ТО-220АВ
КП744В	IRF522	100	10	0,3	60	ТО-220АВ
КП744Г	IRL520	100	10	0,18	60	ТО-220АВ
КП745А	IRF530	100	14	0,16	88	ТО-220АВ
КП745Б	IRF531	100	14	0,18	88	ТО-220АВ
КП745В	IRF532	100	14	0,12	88	ТО-220АВ
КП745Г	IRL530	100	17	0,1	88	ТО-220АВ
КП746А	IRF540	100	28	0,077	150	ТО-220АВ
КП746Б	IRF541	100	28	0,06	150	ТО-220АВ
КП746В	IRF542	100	28	0,05	150	ТО-220АВ
КП746Г	IRL540	100	33	0,044	150	ТО-220АВ
КП747А	IRFP150	100	39	0,036	150	ТО-247АС
КП748А	IRF610	200	3,3	1,5	25	D2-Pak
КП748Б	IRF611	200	3,3	1,2	25	D2-Pak
КП748В	IRF612	200	3,6	1,2	25	D2-Pak
КП749А	IRF620	200	5,2	0,8	50	ТО-220АВ
КП749Б	IRF621	175	5,2	0,7	50	ТО-220АВ
КП749В	IRF622	200	5,4	0,7	50	ТО-220АВ
КП750А	IRF640	200	18	0,18	125	ТО-220АВ
КП750Б	IRF641	200	18	0,16	125	ТО-220АВ
КП750В	IRF642	200	18	0,14	125	ТО-220АВ
КП750Г	IRL640	200	20	0,17	125	ТО-220АВ
КП751А	IRF720	400	3,3	1,8	50	ТО-220АВ
КП751Б	IRF721	350	3,3	1,6	50	ТО-220АВ

Таблица 30.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог	$U_{сш}, В$	$I_c, А$	$R, Ом$	$P, Вт$	Корпус
КП751В	IRF722	400	3,6	1,5	50	ТО-220АВ
КП752А	IRF730	400	5,5	1,0	74	ТО-220АВ
КП752Б	IRF731	350	5,5	1,0	74	ТО-220АВ
КП752В	IRF732	400	5,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП753А	IRF830	500	4,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП753Б	IRF831	450	4,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП753В	IRF832	500	4,5	2,5	74	ТО-220АВ
КП767А	IRF620	200	5,2	0,8	50	ТО-220АВ
КП767Б	IRF630	200	9	0,4	74	ТО-220АВ
КП767В	IRF640	200	18	0,18	125	ТО-220АВ
КП767Г	IRF624	250	2,8	1,1	50	ТО-220АВ
КП767Д	IRF634	250	8,1	0,45	74	ТО-220АВ
КП768А	IRF720	400	3,3	1,8	50	ТО-220АВ
КП768Б	IRF721	350	3,3	1,8	50	ТО-220АВ
КП768В	IRF722	400	3,3	2,5	50	ТО-220АВ
КП768Г	IRF723	350	3,3	2,5	50	ТО-220АВ
КП768Д	IRF730	400	5,5	1,0	74	ТО-220АВ
КП768Е	IRF731	350	5,5	1,0	74	ТО-220АВ
КП768Ж	IRF732	400	5,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП768И	IRF733	350	5,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП768К	IRF740	400	10	0,55	125	ТО-220АВ
КП768Л	IRF741	350	10	0,55	125	ТО-220АВ
КП768М	IRF742	400	10	0,8	125	ТО-220АВ
КП768Н	IRF743	350	10	0,8	125	ТО-220АВ
КП769А	IRF520	100	9,2	0,27	60	ТО-220АВ
КП769Б	IRF530	100	14	0,16	88	ТО-220АВ
КП769В	IRF540	100	28	0,077	150	ТО-220АВ
КП770А	IRF820	500	2,5	3,0	50	ТО-220АВ
КП770А1	IRF820	500	2,5	3,0	42	SOT-82
КП770Б	IRF821	450	2,5	3,0	50	ТО-220АВ
КП770В	IRF822	500	2,5	4,0	50	ТО-220АВ
КП770Г	IRF823	450	2,5	4,0	50	ТО-220АВ
КП770Д	IRF830	500	4,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП770Е	IRF831	450	4,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП770Ж	IRF832	500	4,5	2,5	74	ТО-220АВ
КП770И	IRF833	450	4,5	2,5	74	ТО-220АВ
КП771А	STP40N10	100	40	0,04	150	ТО-220АВ
КП782В	IRFZ20	50	17	0,1	60	ТО-220АВ
КП782Г	IRFZ24	60	17	0,1	60	ТО-220АВ
КП782Е	IRFZ34	60	30	0,05	88	ТО-220АВ
КП782Д	IRFZ30	50	30	0,05	88	ТО-220АВ
КП790А	IRFP150	100	41	0,055	230	ТО-218
КП809А1	-	400	(25)	0,3	50	ТО-218
КП809Б1	-	500	(20)	0,6	50	ТО-218
КП809В1	-	600	(15)	1,2	50	ТО-218

Таблица 30.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог	$U_{си}$, В	I_c , А	R, Ом	P, Вт	Корпус
КП809Г1	–	700	(15)	1,5	50	ТО-218
КП809Д1	–	800	(10)	1,8	50	ТО-218
КП809Е1	–	750		2,5	50	ТО-218
КП809Б	–	400	(25)	0,3	100	ТО-204
КП809Б	–	500	(20)	0,6	100	ТО-204
КП809В	–	600	(15)	1,2	100	ТО-204
КП809Г	–	700	(15)	1,5	100	ТО-204
КП809Д	–	800	(10)	1,8	100	ТО-204
КП809Е	–	750	(8)	2,5	100	ТО-204
КП812А1	–	60	50	0,028	125	ТО-220АВ
КП812Б1	–	60	40	0,035	80	ТО-220АВ
КП812В1	–	60	35	0,05	70	ТО-220АВ
КП813А	–	200	22	0,12	125	ТО-204
КП813Б	–	200	22	0,18	125	ТО-204
КП813А1	–	200	22	0,12	125	ТО-218
КП813Б1	–	200	22	0,18	125	ТО-218
КП820	IRF820	500	2,5	3,0	50	ТО-220АВ
КП830	IRF830	500	4,5	1,5	74	ТО-220АВ
КП840	IRF840	500	8	0,85	125	ТО-220АВ

Мощные импортные полевые транзисторы

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Полевые транзисторы
импортные



Мощные импортные
полевые транзисторы



Транзисторы
полевые импортные

В табл. 30.2 приняты следующие обозначения: $U_{си}$ — максимальное напряжение «сток-исток»; R — сопротивление в открытом состоянии; I_c — максимальный ток при температуре +25 °С (значение тока, указанное в скобках, — ток в импульсе); P_c — мощность рассеяния при температуре +25 °С.

Мощные импортные полевые транзисторы

Таблица 30.2

Тип	$U_{сш}, В$	$R, Ом$	$I_c, А$	$P_c, Вт$	Корпус
BUZ10	50	0,08	20,0	70	TO-220
BUZ11A	50	0,06	25,0	75	TO-220
BUZ11FI	50	0,04	20,0	35	ISOWATT220
BUZ11S2	60	0,04	30,0	75	TO-220
BUZ11S2FI	60	0,04	20,0	35	ISOWATT220
BUZ14	50	0,04	39,0	125	TO-3
BUZ15	50	0,03	45,0	125	TO-3
BUZ17	50	0,04	30,0	75	TO-220
BUZ20	100	0,20	12,0	75	TO-220
BUZ24	100	0,6	32,0	125	TO-3
BUZ32	200	0,40	9,5	75	TO-220
BUZ34	200	0,20	19,0	150	TO-3
BUZ353	500	0,60	9,5	125	TO-218
BUZ354	500	0,80	8,0	125	TO-218
BUZ41A	500	1,50	4,5	75	TO-220
BUZ42	500	2,00	4,0	75	TO-220
BUZ45	500	0,60	9,6	125	TO-3
BUZ45A	500	0,80	8,3	125	TO-3
BUZ60	400	1,00	5,5	75	TO-220
BUZ60B	400	1,50	4,5	75	TO-220
BUZ71	50	6,10	14,0	40	TO-220
BUZ71A	50	0,12	13,0	40	TO-220
BUZ71AFI	50	0,12	11,0	30	ISOWATT220
BUZ71FI	50	0,10	12,0	30	ISOWATT220
BUZ72A	100	0,25	9,0	40	TO-220
BUZ74	500	3,00	2,4	40	TO-220
BUZ74A	500	4,00	2,0	40	TO-220
BUZ76	400	1,80	3,0	40	TO-220
BUZ76A	400	2,50	2,6	40	TO-220
BUZ80	800	4,00	2,6	75	TO-220
BUZ80A	800	3,00	3,8	100	TO-220
BUZ80AF1	800	3,00	2,4	40	ISOWATT220
BUZ80F1	800	4,00	2,0	35	ISOWATT220
BUZ10A	50	0,12	17,0	75	TO-220
IRF140	100	0,077	28,0	125	TO-3
IRF141	80	0,077	28,0	125	TO-3
IRF143	80	0,10	25,0	125	TO-3
IRF151	60	0,055	40,0	150	TO-3
IRF152	100	0,08	40,0	150	TO-3
IRF150	100	0,055	40,0	150	TO-3
IRF20F1	50	0,10	12,5	30	ISOWATT220
IRF322F1	500	4,00	1,5	30	ISOWATT220
IRF350	400	0,30	15,0	150	TO-3
IRF450	500	0,40	13,0	150	TO-3
IRF451	450	0,40	13,0	150	TO-3

Таблица 30.2 (продолжение)

Тип	$U_{CE}, В$	$R, Ом$	$I_C, А$	$P_C, Вт$	Корпус
IRF452	500	0,50	11,0	150	TO-3
IRF453	450	0,50	11,0	150	TO-3
IRF510	100	0,36	5,6	43	TO-220
IRF511	80	0,54	5,6	43	TO-220
IRF512	100	0,74	4,9	43	TO-220
IRF513	80	0,74	4,9	43	TO-220
IRF520	100	0,27	9,2	60	TO-220
IRF520F1	100	0,27	7,0	30	ISOWATT220
IRF521	80	0,27	9,2	60	TO-220
IRF521F1	80	0,27	7,0	30	ISOWATT220
IRF522	100	-	8,0	60	TO-220
IRF522F1	100	0,36	6,0	30	ISOWATT220
IRF523	80	0,36	8,0	60	TO-220
IRF523F1	80	36	6,0	30	ISOWATT220
IRF530	100	0,16	14,0	79	TO-220
IRF530F1	100	0,16	9,0	35	ISOWATT220
IRF531	80	0,16	14,0	79	TO-220
IRF531F1	80	0,16	9,0	35	SOWATT220
IRF532	100	0,23	12,0	79	TO-220
IRF532F1	100	0,23	8,0	35	ISOWATT220
IRF533	80	0,23	12,0	79	TO-220
IRF533F1	80	0,23	8,0	35	ISOWATT220
IRF540	100	0,077	28,0	125	TO-220
IRF540F1	100	0,077	15,0	40	ISOWATT220
IRF541	80	0,077	15,0	40	ISOWATT220
IRF541	80	0,077	28,0	125	TO-220
IRF542	100	0,10	25,0	125	TO-220
IRF542F1	100	0,10	14,0	40	ISOWATT220
IRF543	80	0,10	25,0	125	O-220
IRF543F1	80	0,10	14,0	40	SOWATT220
IRF620	200	0,80	5,0	40	TO220
IRF620F1	200	0,80	4,0	30	ISOWATT220
IRF621	150	0,80	5,0	40	TO-220
IRF621F1	160	0,80	4,0	30	ISOWATT220
IRF622	200	1,20	4,0	40	TO-220
IRF622F1	200	1,20	3,5	30	ISOWATT220
IRF623	150	1,20	4,0	40	TO-220
IRF623F1	150	1,20	3,5	30	ISOWATT220
IRF720	400	1,80	3,3	50	TO-220
IRF720F1	400	1,80	2,5	30	ISOWATT220
IRF721F1	350	1,80	2,5	30	ISOWATT220
IRF722	400	2,50	2,8	50	TO-220
IRF722F1	400	2,50	2,0	30	ISOWATT220
IRF723	350	2,50	2,8	50	TO-220
IRF723F1	350	2,50	2,0	30	ISOWATT220

Таблица 30.2 (продолжение)

Тип	$U_{сш}, В$	$R, Ом$	$I_c, А$	$P_c, Вт$	Корпус
IRF730	400	1,00	5,5	75	ТО-220
IRF730F1	400	1,00	3,5	35	ISOWATT220
IRF731	350	1,00	5,5	75	ТО-220
IRF731F1	350	1,00	3,5	35	ISOWATT220
IRF732	400	1,50	4,5	75	ТО-220
IRF732F1	400	1,50	3,0	35	ISOWATT220
IRF733	350	1,50	4,5	75	ТО-220
IRF733F1	350	1,50	3,0	35	ISOWATT220
IRF740	400	0,55	10,0	125	ТО-220
IRF740F1	400	0,55	5,5	40	ISOWATT220
IRF741	350	0,55	10,0	125	ТО-220
IRF741F1	350	0,55	5,5	40	ISOWATT220
IRF742	400	0,80	8,3	125	ТО-220
IRF742F1	400	0,80	4,5	40	ISOWATT220
IRF743	350	0,80	8,3	125	ТО-220
IRF820	500	3,00	2,5	50	ТО-220
IRF820F1	500	3,00	2,0	30	ISOWATT220
IRF821	450	3,00	2,5	50	ТО-220
IRF821F1	450	3,00	2,0	30	ISOWATT220
IRF822	500	4,00	2,2	50	ТО-220
IRF823	450	4,00	2,2	50	ТО-220
IRF823F1	450	4,00	1,5	30	ISOWATT220
IRF830	500	1,50	4,5	75	ТО-220
IRF830F1	500	1,50	3,0	35	ISOWATT220
IRF832	500	2,00	4,0	75	ТО-220
IRF832F1	500	2,00	2,5	35	ISOWATT220
IRF833	450	2,00	4,0	75	ТО-220
IRF833F1	450	2,00	2,5	35	ISOWATT220
IRF840	500	0,85	8,0	125	ТО-220
IRF840F1	500	0,85	4,5	40	ISOWATT220
IRF841	450	0,85	8,0	125	ТО-220
IRF841F1	450	0,85	4,5	40	ISOWATT220
IRF842	500	1,10	7,0	125	ТО-220
IRF842F1	500	1,10	4,0	40	ISOWATT220
IRF843F1	450	1,10	4,0	40	ISOWATT220
IRFI53	60	0,08	33,0	150	ТО-3
IRFP150	100	0,055	40,0	150	ТО-218
IRFP151	60	0,055	40,0	150	ТО-218
IRFP151F1	60	0,055	26,0	65	ISOWATT218
IRFP152	100	0,08	34,0	150	ТО-218
IRFP152F1	100	0,08	21,0	65	ISOWATT218
IRFP153	60	0,08	34,0	150	ТО-218
IRFP153F1	60	0,08	21,0	65	ISOWATT218
IRFP150F1	100	0,055	26,0	65	ISOWATT218
IRFP350	400	0,30	16,0	180	ТО-218

Таблица 30.2 (продолжение)

Тип	$U_{сш}, В$	$R, Ом$	$I_c, А$	$P_c, Вт$	Корпус
IRFP350F1	400	0,30	10,0	70	ISOWATT218
IRFP440F1	500	0,85	5,5	60	ISOWATT218
IRFP441F1	450	0,85	5,5	60	ISOWATT218
IRFP450	500	0,40	14,0	180	TO-218
IRFP450F1	500	0,40	9,0	70	ISOWATT218
IRFP451	450	0,40	14,0	180	TO-218
IRFP451F1	450	0,40	9,0	70	ISOWATT218
IRFP452F1	500	0,50	8,0	70	ISOWATT218
IRFP453	450	0,50	12,0	180	TO-218
IRFP453F1	450	0,50	8,0	70	ISOWATT218
IRFP452	500	0,50	12,0	180	TO-218
IRFZ20	50	0,10	15,0	40	TO-220
IRFZ22	50	0,12	14,0	40	TO-220
IRFZ22F1	50	0,12	12,0	30	ISOWATT220
IRFZ40	50	0,028	35,0	125	TO-220
IRFZ42	50	0,035	35,0	125	TO-220
IRFZ42F1	50	0,035	24,0	40	ISOWATT220
MTH40N06	60	0,028	40,0	150	TO-218
MTH40N06F1	60	0,028	26,0	65	ISOWATT218
MTH6N60F1	600	1,20	3,5	40	ISOWATT218
MTP3055EF1	60	0,15	10,0	30	ISOWATT220
MTP3055E	60	0,15	12,0	40	TO-220
MTP3N60	600	2,50	3,0	75	TO-220
MTP3N60F1	600	2,50	2,5	35	ISOWATT220
MTP6N60F1	600	1,20	6,0	125	ISOWATT220
SGS100MA010D1	100	0,014	50	120	TO-240
SGS150MA010D1	100	0,009	75	150	TO-240
SGS30MA050D1	500	0,20	15	30	TO-240
SGS35MA050D1	500	0,16	17,5	35	TO-240
SGSP301	100	1,40	2,5	18	TO-220
SGSP311	100	0,30	11,0	75	TO-220
SGSP317	200	0,75	6,0	75	TO-220
SGSP319	500	3,80	2,8	75	TO-220
SGSP321	60	0,13	16,0	75	TO-220
SGSP322	50	0,13	16,0	75	TO-220
SGSP330	450	3,00	3,0	75	TO-220
SGSP341	400	20,0	0,6	18	TO-220
SGSP358	50	0,30	7,0	50	TO-220
SGSP361	100	0,15	18,0	100	TO-220
SGSP362	80	0,10	22,0	100	TO-220
SGSP364	450	1,50	5,0	100	TO-220
SGSP367	200	0,33	12,0	100	TO-220
SGSP368	550	2,50	5,0	100	TO-220
SGSP369	500	1,50	5,0	100	TO-220
SGSP382	50	0,06	28,0	100	TO-220

Таблица 30.2 (продолжение)

Тип	$U_{\text{см}}, \text{В}$	$R, \text{Ом}$	$I_c, \text{А}$	$P_c, \text{Вт}$	Корпус
SGSP381	60	0,06	28,0	100	ТО-220
SGSP461	100	0,15	20,0	125	ТО-218
SGSP462	80	0,10	25,0	125	ТО-218
SGSP471	100	0,075	30,0	150	ТО-218
SGSP472	80	0,05	35,0	150	ТО-218
SGSP474	450	0,70	9,0	150	ТО-218
SGSP475	400	0,55	10,0	150	ТО-218
SGSP477	200	0,17	20,0	150	ТО-218
SGSP479	500	0,70	9,0	150	ТО-218
SGSP481	60	0,06	30,0	125	ТО-218
SGSP482	60	0,06	40,0	125	ТО-218
SGSP491	60	0,033	40,0	150	ТО-218
SGSP492	50	0,033	40,0	150	ТО-218
SGSP577	200	0,17	20,0	150	ТО-3
SGSP579	500	0,70	9,0	150	ТО-3
SGSP591	60	0,033	40,0	150	ТО-3
SGSP592	50	0,033	40,0	150	ТО-3
STH33N20F1	200	0,085	20,0	70	ISOWATT220
STH60N05	50	0,023	60,0	150	ТО-218
STH60N05F1	50	0,023	40,0	65	ISOWATT218
STH6N100	1000	2,00	6,0	180	ТО-218
STH6N100F1	1000	2,00	3,7	70	ISOWATT218
STH8N80	800	1,20	8,0	180	ТО-218
STH8N80F1	800	1,20	5,0	70	ISOWATT218
STH9N80	800	1,00	9,0	180	ТО-218
STH9N80F1	800	1,00	5,6	70	ISOWATT218
STHV102	1000	3,50	4,2	125	ТО-218
STHV102F1	1000	3,50	3,0	65	ISOWATT218
STHV82	800	2,00	5,5	125	ТО-218
STHV82F1	800	2,00	3,5	65	ISOWATT218
STVHD90	50	0,023	52,0	125	ТО-220
STVHD90F1	50	0,023	30,0	40	ISOWATT220
TSD200N05V	50	0,006	200	600	Isotop
TSD22N80V	800	0,4	22	77	Isotop
TSD2M450V	500	0,2	26	100	Isotop
TSD4M150V	100	0,014	70	135	Isotop
TSD4M250V	200	0,021	60	100	Isotop
TSD4M350V	400	0,075	30	50	Isotop
TSD4M351V	350	0,075	30	50	Isotop
TSD4M450V	500	0,1	28	45	Isotop
TSD4M451V	450	0,1	28	45	Isotop
TSD5MG40V	1000	0,7	9	17	Isotop

Отечественные транзисторы Дарлингтона

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Транзисторы Дарлингтона – составные транзисторы, у которых в одном трехвыводном корпусе находятся два транзистора, включенных по т. н. схеме Дарлингтона. Коллекторы этих транзисторов объединены, а эмиттер первого транзистора соединен с базой второго. Благодаря этому получается прибор с коэффициентом усиления по току, равным произведению $b_1 \cdot b_2$.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Составной транзистор.
Транзисторная сборка
Дарлингтона*



*Транзисторы
Дарлингтона*



*Составной
транзистор
Дарлингтона*

Параметры отечественных транзисторов Дарлингтона приведены в табл. 30.3, где b – коэффициент усиления по току (приведены либо минимальная и максимальная величины, либо только минимальная); $U_{кб}$ – максимально допустимое напряжение «коллектор-база»; $U_{кэ}$ – максимально допустимое напряжение «коллектор-эмиттер»; $U_{эб}$ – максимально допустимое напряжение «эмиттер-база»; I_k – максимально допустимый ток коллектора (в скобках – в импульсе); P – максимально допустимая мощность рассеяния (в скобках – с радиатором).

Параметры отечественных транзисторов

Таблица 30.3

Тип	Полярность	β	$U_{кб}, В$	$U_{кэ}, В$	$U_{эб}, В$	$I_k, А$	$P, Вт$
КТ712А КТ712Б	р-п-р	500–10000	200 160	200 160	5	10 (15)	1,5 (50)
КТ825А КТ825Б КТ825В КТ825Г КТ825Д КТ825Е	р-п-р	500–18000 750–18000 750–18000 750–18000 750–18000 750–18000	100 80 60 90 60 30	– – – – – –	5	20 (40)	3 (125)
КТ827А КТ827Б КТ827В	п-р-п	850–18000	100 80 60	100 80 60	5	20 (40)	(125)

Таблица 30.3 (продолжение)

Тип	Полярность	β	$U_{обр}, В$	$U_{пр}, В$	$U_{обр}, В$	$I_{пр}, А$	$P, Вт$
КТ829А КТ829Б КТ829В КТ829Г	n-p-n	750	100 80 60 45	100 80 60 45	5	8 (12)	(60)
КТ834А КТ834Б КТ834В	n-p-n	3000	500 450 400	- - -	8	15 (20)	(100)
КТ892А КТ892Б КТ892В	n-p-n	300-6000 300-6000 300	-	350 400 300	5	15 (30)	(100)
КТ896А КТ896Б	n-p-n	750-18000	-	90 60	5	20 (30)	2 (125)
КТ897А КТ897Б	n-p-n	400	350 200	350 200	5	20	3 (150)
КТ898А КТ898Б	n-p-n	400	350 200	-	-	20	1,5 (125)
КТ8104А	n-p-n	10000	-	350	-	10	-
КТ8106А КТ8106Б	n-p-n	750-18000	90 60	-	5	20 (30)	2 (125)
КТ8111А9 КТ8111Б9 КТ8111В9	n-p-n	750-18000	100 80 60	100 80 60	5	20 (40)	(125)
КТ8115А КТ8115Б КТ8115В	p-n-p	1000	100 80 60	100 80 60	5	5	(65)
КТ8116А КТ8116Б КТ8116В	n-p-n	1000	100 80 60	100 80 60	5	5	(65)
КТ8156А КТ8156Б	n-p-n	1000	330	150 200	6	8	(60)
КТ8158А КТ8158Б КТ8158В	n-p-n	1000	60 80 100	60 80 100	5	12	(125)
КТ8159А КТ8159Б КТ8159В	p-n-p	1000	60 80 100	60 80 100	5	12	(125)
КТ8214А КТ8214Б КТ8214В	n-p-n	500	60 80 100	60 80 100	5	2	(50)
КТ8215А КТ8215Б КТ8215В	p-n-p	500	60 80 100	60 80 100	5	2	(50)
КТД8252А КТД8252Б КТД8252В	n-p-n	800-2000 350-2000 1600	350 330 350	350 330 350	5	15 (30)	(150)
КТД8257А КТД8257Б КТД8257В	n-p-n	850	60 80 150	60 80 100	5	15 (20)	(50)
КТ972А КТ972Б КТ972В КТ972Г	n-p-n	750 750 750-5000 750-5000	60 45 60 60	60 45 60 60	5	2	(8)
КТ973А КТ973Б КТ973В КТ973Г	p-n-p	750 750 750-5000 750-5000	60 45 60 60	60 45 60 60	5	2	(8)

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Одиночные
биполярные
транзисторы
Philips
Semiconductors

Транзисторы Дарлингтона
фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Параметры транзисторов Дарлингтона фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR приведены в табл. 30.4 где β — коэффициент усиления по току (приведены либо минимальная и максимальная величины, либо только минимальная); $U_{кб}$ — максимально допустимое напряжение «коллектор-база»; $U_{кэ}$ — максимально допустимое напряжение «коллектор-эмиттер»; $U_{эб}$ — максимально допустимое напряжение «эмиттер-база»; I_k — макси-

мально допустимый ток коллектора (в скобках — в импульсе); P — максимально допустимая мощность рассеяния (в скобках — с радиатором).

Транзисторы Дарлингтона фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 30.4

Тип	Полярность	β	$U_{кб}, В$	$I_k, А$	$P, Вт$
BC516	р-п-п	30000	30	0,5	0,5
BC517	п-р-п	30000	30	0,5	0,5
BC518	п-р-п	2000	55	0,5 (0,8)	0,5
BC875	п-р-п	1000	80	1,0	0,83
BC879	п-р-п	1000	80	1,0	0,83
BCV26	р-п-п	20000	30	0,5	0,25
BCV27	п-р-п	20000	30	0,5	0,25
BCV28	р-п-п	20000	30	0,5	1,3
BCV29	п-р-п	20000	30	0,5	1,3
BCV46	р-п-п	10000	60	0,5	0,25
BCV47	п-р-п	10000	60	0,5	0,25
BCV48	р-п-п	10000	60	0,5	1,3
BCV49	п-р-п	10000	60	0,5	1,3
BCP50	п-р-п	2000	45	1,0	1,25
BCP51	п-р-п	2000	60	1,0	1,25
BCP52	п-р-п	2000	80	1,0	1,25
BCP60	р-п-п	2000	45	1,0	1,25
BCP61	р-п-п	2000	60	1,0	1,25
BCP62	р-п-п	2000	80	1,0	1,25
BCR52	п-р-п	2000	80	1 (2)	0,83
BCR62	р-п-п	2000	80	1 (2)	0,83
BST50	п-р-п	2000	45	1,0	1,25
BST51	п-р-п	2000	60	1,0	1,25
BST52	п-р-п	2000	80	1,0	1,25
BST60	р-п-п	2000	45	1,0	1,25
BST61	р-п-п	2000	60	1,0	1,25

Таблица 30.4 (продолжение)

Тип	Полярность	β	$U_{ce}, В$	$I_c, А$	$P, Вт$
BST62	p-n-p	2000	80	1,0	1,25
MPSA14	n-p-n	10000	30	0,5	0,5
MPSA64	p-n-p	10000	30	0,5	0,5
PMBTA14	n-p-n	10000	30	0,5	0,25
PMBTA64	p-n-p	10000	30	0,5	0,25
PXTA14	n-p-n	20000	30	0,5	1,3
PZTA14	n-p-n	10000	30	0,5	1,25

Мощные транзисторы фирмы AIRCHILD SEMICONDUCTOR

В приведенных ниже таблицах используются следующие обозначения: I_k — максимально допустимый непрерывный коллекторный ток; U_k — максимально допустимое напряжение на коллекторе; P — пределы изменения коэффициента усиления; U_h — максимальное напряжение насыщения; F — верхняя рабочая частота; P — максимальная рассеиваемая мощность; * — транзисторы Дарлингтона.

Параметры транзисторов в корпусе TO-126 приведены в табл. 30.5.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Транзисторы
Fairchild
Semiconductor
(FAIR)

Мощные транзисторы фирмы «Fairchild Semiconductor» в корпусе TO-126

Таблица 30.5

$I_c, А$	$U_{ce}, В$	Тип		β	$U_h, В$	$F, МГц$	$P, Вт$
		n-p-n	p-n-p				
0,1	180	KSC2682	KSA1142	100–320	0,5	180	8
	200	KSC3502		40–320	0,6	150	5
			KSA1406	40–320	0,6	400	7
	250	KSC2258		40	1,2	100	4
	300	KSC2258A		40	1,2	400	4
		KSC3503	KSA1381	40–320	0,6	150	7
0,2	120	KSC3953		40–320	1,0	400	8
	300	KSC2688		40–250	1,5	500	10
0,5	250	BD157		30–240	2,5	–	20
	300	BD158		30–240	2,5	–	20
	300	KSE340	KSE350	30–240	–	–	20
	350	BD159		30–240	2,5	–	20
1,2	120	KSC2690	KSA1220	60–320	0,7	175	20
	160	KSC2690A	KSA1220A	60–320	0,7	11	20
1,5	45	BD135	BD136	40–250	0,5	–	13
	60	BD137	BD138	40–160	0,5	–	13

Таблица 30.5 (продолжение)

$I_{\text{к}}, \text{А}$	$U_{\text{к}}, \text{В}$	Тип		β	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$F, \text{МГц}$	$P, \text{Вт}$
		п-п-п	р-п-р				
1,5	60	KSD985*	KSB794*	2000-3000	1,5	-	10
	80	BD139	BD140	40-160	0,5	-	13
	80	KSD986*	KSB795*	2000-3000	1,5	-	10
	400	KSE13003		8-40	0,5	-	20
2	45	BD375	BD376	40-375	1,0	-	25
	45	BD233	BD234	25	0,6	-	25
	60	BD377	BD378	40-375	1,0	-	25
	60	BD235	BD236	25	0,6	-	25
	80	BD379	BD380	40-375	1,0	-	25
	80	BD237	BD238	25	0,6	-	25
3	30	KSD882	KSB772	60-400	0,5	80	10
	40	KSE180	KSE170	50-250	1,7	50	12,5
	45	KSD794	KSB744	60-320	2,0	45	10
	45	BD175	BD176	40	0,8	3	30
	60	KSD794A	KSB744A	60	2,0	45	10
3	45	KSE181	KSE171	50-250	1,7	50	12,5
	60	BD177	BD178	40	0,8	3	30
	80	KSE182	KSE172	50-250	1,7	50	12,5
	80	BD179	BD180	40	0,8	3	30
	100	KSD1692*	KSB1149*	2000-20000	1,2	-	15
4	22	BD433	BD434	85	0,5	3	36
	32	BD435	BD436	85	0,5	3	36
	45	BD437	BD438	85	0,6	3	36
	60	BD439	BD440	40	0,8	3	36
	60	KSE800*	KSE700*	750	2,5	-	40
	60	KSE801*	KSE701*	750	2,8	-	40
	80	BD441	BD442	40	0,8	3	36
	80	KSE802*	KSE702*	750	2,5	-	40
	80	KSE803*	KSE703*	750	2,8	-	40
5	25	KSE200	KSE210	45-180	0,75	65	15
	60	KSD1691	KSB1151	100-400	0,3	-	20

Параметры транзисторов в корпусе TO-3P приведены в табл. 30.6.

Мощные транзисторы фирмы FAIRCHILD SEMICONDUCTOR в корпусе TO-3P

Таблица 30.6

$I_{\text{к}}, \text{А}$	$U_{\text{к}}, \text{В}$	Тип		β	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$P, \text{Вт}$
		п-п-п	р-п-р			
10	60	TIP140F	TIP145F	1000	2	60
	60	TIP140	TIP145	1000	2	125
	80	TIP141F	TIP146F	1000	2	60
	80	TIP141	TIP146	1000	2	125
	100	TIP142F	TIP147F	1000	2	60
	100	TIP142	TIP147	1000	2	125

Параметры транзисторов в корпусе TO-220 приведены в табл. 30.7.

Мощные транзисторы фирмы FAIRCHILD SEMICONDUCTOR в корпусе TO-220

Таблица 30.7

I _к , А	U _к , В	Тип		β	U _к , В	F, МГц	Р, Вт
		п-р-п	р-п-р				
0,2	300	KSC1507		40-240	2	40	15
1	40	TIP29	TIP30	15-75	0,7	3	30
	60	TIP29A	TIP30A	15-75	0,7	3	30
	80	TIP29B	TIP30B	15-75	0,7	3	30
	100	TIP29C	TIP30C	15-75	0,7	3	30
	250	TIP47		30-150	0,1	10	40
	300	TIP48		30-150	0,1	10	40
1	350	TIP49		30-150	0,1	10	40
	400	TIP50		30-150	0,1	10	40
1,5	150	KSC2073	KSA940	40-140	1,5	4	25
2	45	BD239	BD240	15	0,7	3	30
	60	BD239A	BD240A	15	0,7	3	30
	60	TIP110	TIP115	500	2,5	-	50
	80	BD239B	BD240B	15	0,7	3	30
	80	TIP111	TIP116	500	2,5	-	50
	100	BD239C	BD240C	15	0,7	3	30
	100	TIP112	TIP117	500	2,5	-	50
	150	KSD401	KSB546	40-240		10	25
3	30	KSC1173	KSA473	70-240	0,8	100	10
	40	TIP31	TIP32	10-50	1,2	10	40
	45	BD241	BD242	10	1,2	10	40
	55	KSD288	KSA614	40-240	0,5	-	25
	60	TIP31A	TIP32A	10-50	1,2	3	40
	60	KSD880	KSB834	60-200	0,5	9	30
	60	KSC1983		500	1	15	30
	60	BD241A	BD242A	10	1,2	3	40
	80	TIP31B	TIP32B	10-50	1,2	3	40
	80	BD241B	BD242B	10	1,2	3	40
	100	TIP31C	TIP32C	10-50	1,2	3	40
	100	BD241C	BD242C	10	1,2	3	40
4	60	KSC2233		30-150	1	10	40
	80	KSD526	KSB596	40-240	1,7	3	30
5	60	KSD73		70-240	2	20	30
	80	TIP120	TIP125	1000	2	-	65
	70	KSD362		20-140	1	10	40
	80	TIP121	TIP126	1000	2	-	65
	100	KSC2517		40-200	0,6	-	30
	100	TIP122	TIP127	1000	2	-	65
	100	KSD560	KSB60T	1000	1,5	-	30
6	40	TIP41	TIP42	15-75	1,5	3	65
	45	BD243	BD244	15	1,5	3	65
	45	BDW23	BDW24	750-20000	2	-	50
	60	BD243A	BD244A	15	1,5	3	65
	60	TIP41A	TIP42A	15-75	1,5	3	65

Таблица 30.7 (продолжение)

I _к , А	U _к , В	Тип		β	U _к , В	F, МГц	Р, Вт
		п-р-п	р-п-р				
6	60	BDW23A	BDW24A	750-20000	2	-	50
	80	BD243B	BD244B	15	1,5	3	65
	80	TIP41B	TIP42B	15-75	1,5	3	65
	80	BDW23B	BDW24B	750-20000	2	-	50
	100	BD243C	BD244C	15	1,5	3	65
	100	TIP41C	TIP42C	15-75	1,5	3	65
	100	BDW23C	BDW24C	750-20000	2	-	50
	120	KSD363		40-240	1	10	40
7	60	KSD568	KSB707	40-200	0,5	-	40
	80	KSD569	KSB708	40-200	0,5	-	40
	100	KSC2334	KSA1010	40-200	0,6	-	40
	150	BU407			1	10	60
	150	BU407H			1	10	60
	200	BU406			1	10	60
	200	BU406H			1	10	60
	200	BU408			1	10	60
8	45	BD533	BD534	30-100	0,8	3	50
	45	BDX53	BDX54	750	2,5	-	60
	60	BD535	BD536	30-100	0,8	3	50
	60	BDX53A	BDX54A	750	2,5	-	60
	60	TIP100	TIP105	1000-20000	2	-	80
	80	BD537	BD538	30-100	0,8	3	50
	80	BDX53B	BDX54B	750	2,5	-	60
	80	TIP10Г	TIP106	1000-20000	2	-	80
	100	BDX53C	BDX54C	750	2,5	-	60
	100	TIP102	TIP107	1000-20000	2	-	80
10	45	BDX33	BDX34	750	2,5	-	70
	60	KSE3055T	KSE2955T	20-100	1,1	2	75
	60	BDX33A	BDX34A	750	2,5	-	70
	80	KSE44H	KSE45H	20	1	40	50
	80	BDX33B	BDX34B	750	2,5	-	70
	80	TIP141T	TIP146T	1000	2	-	80
10	100	BDX33C	BDX34C	750	2,5	-	70
	100	TIP142T	TIP147T	1000	2	-	80
12	45	BDW93	BDW94	750-20000	2	-	80
12	60	BDW93A	BDW94A	750-20000	2	-	80
12	80	BDW93B	BDW94B	750-20000	2	-	80
12	100	BDW93C	BDW94C	750-20000	2	-	80

ТИРИСТОРЫ И СИМИСТОРЫ

|| Многовыводные полупроводниковые приборы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Тиристор – это полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, имеющий три или больше взаимодействующих выпрямляющих перехода.

По функциональности тиристоры можно соотнести к электронным ключам, но тиристор не может перейти в закрытое состояние в отличие от обычного ключа.

В зависимости от количества выводов можно вывести классификацию тиристоров:

- ♦ тиристор с двумя выводами называется динисторами (соответственно) имеет только анод и катод);
- ♦ тиристоры с тремя и четырьмя выводами называются триодными или тетродными;
- ♦ тиристоры и с большим количеством чередующихся полупроводниковых областей.

ПРИМЕЧАНИЕ

Одним из самых интересных является симметричный тиристор (симистор), который включается при любой полярности напряжения.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры
для чайников

Тиристор состоит он из четырех чередующихся типов электропроводимости областей полупроводника и имеет три вывода: анод, катод и управляющего электрод. Анод — это контакт с внешним р-слоем, катод — с внешним n-слоем.

Тиристоры низкочастотные

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ

 <p>Тиристоры низкочастотные</p>	 <p>Тиристоры низкочастотные</p>	 <p>Тиристоры низкочастотные отечественные</p>
---	---	---

Характеристики тиристоров низкочастотных приведены в табл. 31.1. Обозначения в табл. 31.1: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; I_n — максимальный прямой постоянный ток; $I_{ампл}$ — амплитудное значение тока; $R_{пр}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $I_{упр}$ — ток управления; $R_{тепл}$ — тепловое сопротивление ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$); t — время закрывания.

Характеристики тиристоров низкочастотных

Таблица 31.1

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	I_n при T° , А	$I_{ампл}$, А	$I_{упр}$, мА	$R_{тепл}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	t , мкс
T212-10	100–1200	3	10 (85)	15,7	40	1,8	63
T212-16	100–1200	3	16 (85)	25,2	40	1,5	63
T222-20	100–1200	3,5	20 (85)	31,4	60	0,9	63
T222-25	100–1200	3,5	25 (85)	39,2	60	0,8	63
T232-20	1200–1600	9	20 (85)	31,4	100	1	160
T232-25	1200–1600	9	25 (85)	39,2	100	0,8	160
T232-40	100–1200	5	40 (85)	62,8	100	0,62	63
T232-50	100–1200	5	50 (85)	78,5	100	0,5	63
T142-32	1300–2000	9	32 (85)	47,2	120	0,5	100
T142-40	1300–2000	15	40 (85)	62,8	120	0,4	100
T142-50	1300–2000	15	50 (85)	78,5	120	0,4	100
T142-63	1300–2000	6	63 (85)	98,9	120	0,3	100
T142-80	1300–2000	6	80 (85)	125,6	120	0,3	100
T242-40	1200–1600	15	40 (85)	62,8	120	0,5	160

Таблица 31.1 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, МА$	I_n при $T^\circ, А$	$I_{нелп}, А$	$I_{упр}, МА$	$R_{тепл}, ^\circ C/Вт$	$t, мкс$
T242-50,	1200-1600	15	50 (85)	78,5	120	0,4	160
T242-63	100-1200	7	63 (85)	98,9	150	0,4	63
T242-80	100-1200	7	80 (85)	125,6	150	0,3	63
T151-63	1300-2000	20	63	1100	250	-	100
T151-80	1300-2000	20	80	1200	250	-	100
T151-100	300-1800	15	100 (90)	160	200	0,3	160
T161-125	300-1800	15	125 (90)	200	200	0,15	160
T161-160	300-1800	15	160 (87)	260	200	0,15	160
T261-160	300-1600	20	160 (85)	260	200	0,13	100
T161-200	300-1600	15	200 (87)	315	200	0,13	250
T171-200	300-1800	30	200 (90)	300	200	0,1	160
T171-250	300-1800	30	250 (85)	393	200	0,1	160
T171-320	300-1800	30	320 (87)	500	200	0,085	160
T271-250	100-800	50	250 (115)	393	150	0,09	250
T271-320	100-800	50	320 (117)	550	150	0,09	160
T123-200	400-1600	15	200 (95)	500	200	0,08	250
T123-250	400-1600	15	250 (92)	550	200	0,08	250
T123-320	400-1600	15	320 (90)	640	200	0,075	250
T123-500	400-800	50	500 (100)	785	150	0,07	100
T133-320	900-2400	30	320 (98)	740	300	0,04	250
T133-400	400-1600	30	400 (93)	628	200	0,045	160
T133-500	100-800	50	500 (120)	1250	150	0,035	160
T133-630	100-800	50	630 (120)	1250	200	0,035	160
T233-500	900-1600	30	500 (93)	1035	200	0,04	250
T333-320	1600-2400	70	320	800	-	0,04	125
T143-400	1800-2400	50	400 (96)	628	300	0,034	160
T143-500	400-1600	30	500 (94)	1030	250	0,034	250
T143-630	400-1600	30	630 (93)	1350	250	0,03	160
T143-800	900-1600	30	800 (85)	1450	250	0,03	160
T143-1000	100-800	70	1000 (100)	2080	200	0,028	160
T143-1250	100-800	70	1250 (95)	2420	200	0,028	160
T243-400	2600-3600	50	430 (85)	790	250	0,034	320
T243-500	1800-2800	50	500 (91)	1030	300	0,034	320
T343-500	1600-2400	100	500	1030	100	0,035	125
T343-630	1600-2400	100	630	1300	100	0,035	125
T153-630	2000-2400	50	630 (93)	1610	300	0,024	320
T153-800	1000-1800	50	800 (90)	1940	300	0,024	250
T153-1600	100-800	100	1600 (100)	3500	200	0,016	250
T153-2000	100-800	100	2000 (95)	3830	200	0,016	250
T253-500	5200-6000	150	530 (80)	1030	350	0,026	500
T253-800	2000-2400	70	800 (91)	1940	300	0,02	250
T253-1000	1000-1800	70	1000 (88)	2000	300	0,02	250
T253-1250	400-1800	70	1250 (92)	2530	300	0,018	250
T453-630	2400-3200	100	630 (85)	1610	400	0,02	160
T453-800	2400-3000	100	800 (85)	1250	400	0,02	160

Таблица 31.1 (продолжение)

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	I_n при T^* , А	$I_{анод}$, А	$I_{упр}$, мА	$R_{тепл}$, °С/Вт	t , мкс
T453-1000	1000–1800	70	1000 (94)	1570	300	0,018	160
T353-800	2400–3400	70	800 (88)	1670	300	0,02	400
T353-1000	2000–2800	70	1060 (85)	1950	300	0,018	320
T553-500	3600–4200	100	500 (85)	1000	400	0,022	320; 500
T553-630	3600–4200	100	630 (85)	1200	400	0,022	500
T553-800	2400–3000	100	800 (85)	1250	400	0,022	160
T553-800	3600–4200	100	800 (85)	1250	400	0,018	160;320
T173-1250	2800–3400	200	1250 (97)	2460	400	0,011	400
T173-1600	2400–3400	200	1640 (85)	3010	400	0,011	400
T173-2000	1200–2000	200	2000 (90)	4100	350	0,011	320
T173-3200	200–1000	200	3360 (95)	5024	300	0,01	160
T173-5000	100–800	200	5000 (80)	7470	300	0,01	160
T273-1250	3600–4400	200	1290 (85)	2460	400	0,011	450
T273-1600	2000–2600	200	1600 (88)	32000	400	0,011	100
T273-2000	1800–2500	200	2000 (85)	40000	300	0,011	400
T373-1600	1400–2200	200	1600 (88)	32000	400	0,011	100
T373-2000	1400–2200	200	2000 (85)	40000	300	0,011	400
T193-2000	5400–6000	300	2300 (80)	4200	400	0,0065	600
T193-2500	2600–3400	300	2900 (85)	5270	400	0,0065	500
T193-3200	1600–2400	300	3700 (85)	6730	400	0,0065	500
T25	100–1400	10	25 (80)	800	100	–	150
T50	100–1400	18	50 (80)	1500	150	–	250
T100	100–1400	20	100 (85)	3000	120	–	250
T160	100–1400	30	160 (85)	3300	120	0,17	250
T2-12	50–1200	2	12 (85)	250	100	–	70
T2-25	50–1200	2	25 (85)	500	100	–	70
T2-160	400–1000	20	160 (85)	3300	250	0,16	160
T9-250	400–1600	15	250 (85)	5500	200	–	250
T2-320	100–1400	20	320 (85)	8500	400	0,05	150
T3-320	1600–2400	40	320 (85)	6800	400	0,05	250
T500	100–1600	20	500 (85)	1260	400	0,038	150
T4-500	1000–1400	50	500 (85)	12000	400	–	250
T630	1000–2400	50	630 (85)	1350	400	0,026	250
T800	1000–1800	50	800 (85)	14000	400	–	250
T2-800	1800–2400	70	800 (85)	16000	400	–	250
T1000	1000–1800	70	1000 (85)	18000	400	–	250
T10-10	100–1200	3	10	200	50	–	250
T10-12	100–1200	3	12	200	50	–	250
T10-16	100–1200	3	16	200	50	–	250
T10-20	100–1200	3	20	350	50	–	250
T10-25	100–1200	3	25	350	50	–	250
T10-40	100–1200	4	40	800	80	–	150
T10-50	100–1200	4	50	900	80	–	150
T10-63	100–1200	4	63	1000	80	–	150
T10-80	100–1200	4	80	1200	80	–	150

Таблица 31.1 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, МА$	I_n при $T^\circ, А$	$I_{защ}, А$	$I_{упр}, МА$	$R_{тепл}, ^\circ C/Вт$	$t, мкс$
T15-32	400-1800	10	32	800	50	-	150
T15-40	400-1600	10	40	1000	50	-	150
T15-80	1000-1800	15	80	1700	50	-	150
T15-100	100-1600	15	100	2100	50	-	150
T15-125	400-1800	20	125	2900	100	-	150
T15-160	400-1600	20	160	3400	100	-	150
T15-200	400-1800	25	200	4000	80	-	150
T15-250	400-1600	25	250	4500	80	-	150
T16-250	400-1800	30	250	5500	80	-	250
T16-320	400-1800	30	320	6000	80	-	250
T16-400	1000-2200	30	400	8000	100	-	250
T16-500	1000-2000	30	500	9000	100	-	250
T112-10	100-1200	2,5	10	150	50	1,8	160
T112-16	100-1200	2,5	16	200	50	1,5	160
T122-20	100-1200	3	20	300	50	0,9	160
T122-25	100-1200	3	25	350	50	0,8	160
T122-32	100-1200	3	32	450	50	0,75	160
T131-40	100-1200	5	40	750	60	-	100
T131-50	100-1200	6	50	800	60	-	100
T141-40	1300-2000	15	40	700	80	-	250
T141-50	1300-2000	15	50	750	80	-	250
T141-63	100-1200	6	63	1200	80	-	250
T141-80	100-1200	6	80	1350	80	-	250
T152-63	1300-2000	20	63	1300	80	0,35	200
T152-80	1300-2000	20	80	1500	80	0,28	200
T152-100	100-1200	8	100	2500	80	0,23	125
T152-125	100-1200	8	125	2500	80	0,2	125
T433-160	3800-4400	70	160	3000	50	0,18	400
T433-250	2400-3200	70	250	4000	50	0,18	160
T653-630	2000-2800	100	630 (85)	15000	100	0,018	200
T653-800	1400-2400	100	800 (85)	17000	100	0,018	200
T653-1000	1400-2400	100	1000 (85)	19000	100	0,018	200
T653-1250	400-1400	100	1250 (85)	25000	100	0,018	200

Тиристоры лавинные

ПРИМЕЧАНИЕ

Лавинные тиристоры отличаются от стандартных тем, что резкое нарастание обратного тока при превышении напряжением определенного уровня (VBR) у них обусловлено не пробоем по поверхности кремниевого кристалла, а лавинным эффектом всей области пространственного заряда p-n-перехода.

Обозначения в табл. 31.2: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; I_n — максимальный прямой постоянный ток; $I_{имп}$ — ток в импульсе; $I_{пр}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $R_{пр}$ — сопротивление в открытом состоянии; $U_{упр}$ — напряжение управления; $I_{упр}$ — ток управления; $R_{тепл}$ — тепловое сопротивление ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$); t — время закрывания.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры
лавинные

Характеристики лавинных тириستоров

Таблица 31.2

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	$I_{пр}$, А (T_c , $^{\circ}\text{C}$)	$I_{имп}$, кА	$R_{пр}$, М	$U_{упр}$, В	$I_{упр}$, мА	$R_{тепл}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	t , мкс
ТЛ271-250	600–1200	35	250 (100)	6	0,95	3,5	250	0,08	100
ТЛ271-320	600–1200	35	320 (100)	8,5	0,53	3,5	250	0,08	100
ТЛ371-250	600–1200	35	250 (100)	6	0,95	3,5	250	0,1	250
ТЛ371-320	600–1200	35	320 (100)	8,5	0,53	3,5	250	0,085	250

Тиристоры быстродействующие

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Быстродействующие тиристоры — это полупроводниковые приборы, предназначенные для коммутации больших токов с помощью незначительного тока, возникающего при приложении незначительного напряжения между управляющим электродом и анодом прибора.

Тиристоры заменяют собой обычные электромеханические реле и контакторы с той разницей, что имеют очень высокую скорость коммутации, компактные размеры, отсутствие шума и меньшее энергопотребление.

Мощные быстродействующие тиристоры серии ТБ имеют высокие показатели надежности, таблеточное исполнение и рассчитаны на работу с напряжениями порядка нескольких киловольт с возможностью мгновенно коммутировать токи величиной до двух тысяч ампер. Одними из самых востребованных тириستоров являются ТБ143, ТБ153, ТБ243, ТБ333, ТБ453.

ПРИМЕЧАНИЕ

Тиристоры, выпускаемые в рамках серий ТБ143 и ТБ153, имеют схожие характеристики, но различаются по мощности и размерам изделий.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры быстродействующие (ТБ) в таблеточном исполнении

В состав серии ТБ143 входят три быстродействующих тиристора с коммутируемым током 400, 500 и 630 ампер. А в состав серии ТБ153 — с коммутируемым током 630, 800 и 1000 ампер. Рабочее напряжение тиристоров обеих серий одинаковое — 2000 вольт.

В состав серии тиристоров ТБ243 входят три наименования изделий с рабочими токами 400, 500 и 630 ампер. Все они рассчитаны на рабочее напряжение 1000 вольт и имеют таблеточное исполнение. Тиристоры серий ТБ333 и ТБ453 можно отнести к среднему классу по мощ-

ности. Так, в состав серии ТБ333 входят изделия, рассчитанные на токи 250, 320 и 400 ампер. В состав серии ТБ453 — тиристоры с токами 200, 250 и 320 ампер. При этом есть разница в рабочем напряжении. Для серии ТБ333 оно составляет 2000 вольт, а для серии ТБ453 — 1000 вольт.

Время срабатывания тиристоров всех указанных выше серий лежит в пределах от 6,3 до 50 микросекунд. Диаметры и высота изделий так же различаются и колеблются в пределах от 60×20 мм до 83×26 мм.

ВНИМАНИЕ

Для корректной работы всех быстродействующих тиристоров необходимо использовать соответствующие охладители.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры быстродействующие ТБ243-400, ТБ243-500, ТБ243-630

Обозначения в табл. 31.3: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; I_n — максимальный прямой постоянный ток; $I_{имп}$ — ток в импульсе; $I_{пр}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $R_{пр}$ — сопротивление в открытом состоянии; $U_{упр}$ — напряжение управления; $I_{упр}$ — ток управления; $R_{тепл}$ — тепловое сопротивление ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$); t — время закрывания.

Характеристики быстродействующих тиристоров

Таблица 31.3

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, МА	$I_{пр}$, А (T_c , $^{\circ}\text{C}$)	$I_{имп}$, КА	$U_{упр}$, В	$I_{упр}$, МА	$R_{тепл}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
ТБ123-160	600–1300	–	160 (85)	2,5	3,5	–	–
ТБ123-200	600–1300	–	200 (85)	3,2	3,5	–	–
ТБ123-250	600–1300	–	250 (85)	4,0	3,5	–	–
ТБ123-320	600–1200	–	320 (85)	3,6	3,5	–	–

Таблица 31.3 (продолжение)

Тип	$U_{обp}$, В	$I_{обp}$, МА	I_{np} , А (T_C , °С)	$I_{ном}$, КА	$U_{упp}$, В	$I_{упp}$, МА	$R_{тотал}$, °С/Вт
ТБ123-400	600-1200	—	400 (85)	4,0	3,5	—	—
ТБ133-250	1000-2400	40	250	4,0	2,5	250	0,05
ТБ133-320	1000-2400	40	320	4,5	2,5	250	0,05
ТБ133-400	1000-2400	40	400	5,0	2,5	250	0,05
ТБ142-50	100-1200	—	50	1,2	—	—	0,35
ТБ142-63	100-1200	—	63	1,2	—	—	0,3
ТБ143-400	1000-2400	40	400	4,0	2,5	320	0,034
ТБ143-500	1000-2400	40	500	5,0	2,5	320	0,034
ТБ143-630	1000-2400	40	630	6,0	2,5	320	0,034
ТБ152-80	100-1200	—	80	2,3	—	—	0,23
ТБ152-100	100-1200	—	100	2,3	—	—	0,19
ТБ153-630	1000-2400	120	630	10	2,5	400	0,02
ТБ153-800	1000-2400	120	800	12	2,5	400	0,02
ТБ153-1000	1000-2400	120	1000	14	2,5	400	0,02
ТБ173-1600	1000-2400	150	1500	20	5,0	400	0,011
ТБ173-2000	1000-2400	150	2000	24	5,0	400	0,011
ТБ233-200	400-1500	40	200	3,5	2,5	250	0,05
ТБ233-250	400-1500	40	250	4,0	2,5	250	0,05
ТБ233-320	400-1500	40	320	4,5	2,5	250	0,05
ТБ243-400	1000-1600	40	400	4,0	2,5	320	0,034
ТБ243-500	1000-1600	40	500	5,0	2,5	320	0,034
ТБ243-630	1000-1600	40	630	6,0	2,5	320	0,034
ТБ261-125	600-1400	25	125	3,0	2,5	250	0,13
ТБ261-160	600-1400	25	160	3,5	2,5	250	0,13
ТБ271-200	600-1400	35	200	3,0	2,5	250	0,075
ТБ271-320	600-1400	35	320	4,0	2,5	250	0,075
ТБ351-80	500-1000	20	80 (90)	1,6	3,5	250	0,25
ТБ351-100	500-1000	20	100 (90)	2	3,5	250	0,25
ТБ361-125	500-1000	25	125 (88)	3,5	3,5	250	0,15
ТБ361-160	500-1000	25	160 (88)	4	3,5	250	0,15
ТБ371-200	300-1400	35	200 (90)	6	3,5	250	0,1
ТБ371-250	300-1400	35	250 (90)	7	3,5	250	0,1
ТБ333-400	300-1400	40	400 (90)	6,5	3,5	250	0,035
ТБ333-500	300-1400	40	500 (95)	7,5	3,5	300	0,035
ТБ343-500	500-1000	50	500 (90)	9	3,5	300	0,028
ТБ343-630	500-1000	50	630 (90)	10,5	3,5	300	0,028
ТБ373-1600	3600-5000	200	1600	20	5,0	400	0,013
ТБ433-200	600-1400	50	200 (85)	4,0	5,0	250	0,05
ТБ433-250	600-1400	50	250 (85)	5,4	5,0	250	0,05
ТБ433-320	600-1400	50	320 (85)	6,0	5,0	250	0,05
ТБ453-630	300-1300	100	630 (94)	13,5	3,5	400	0,021
ТБ453-800	300-1300	100	800 (87)	15	3,5	400	0,021
ТБ453-1000	300-1300	100	1000 (82)	16	3,5	400	0,021
ТБ953-630	2400-3600	150	630	10	2,5	400	0,02

Тиристоры частотно-импульсные быстродействующие

Особенности тириستоров частотно-импульсных быстродействующих ТБИ:

- ♦ герметичные металлокерамические корпуса штыревой и таблеточной конструкции;
- ♦ низкие времена выключения;
- ♦ низкие потери при переключении;
- ♦ разветвленный управляющий электрод с усилением сигнала управления для быстрого включения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Благодаря специальной топологии катодного эмиттера (отличие от серии ТБ) ТБИ имеют малое время полного включения и низкие потери энергии при работе с большими скоростями нарастания тока нагрузки.

В сочетании с малыми значениями времен задержки включения, нарастания тока и времени выключения, это позволяет эффективно использовать ТБИ на частотах до 10 кГц, а в некоторых случаях — до 20 кГц и выше (в многофазных последовательных резонансных инверторах напряжения на частотах до 50 кГц).

Области применения тиристоров частотно-импульсных быстродействующих ТБИ:

- ♦ мощные электропривода для промышленности и транспорта;
- ♦ индукционный нагрев;
- ♦ электросварка;
- ♦ источники бесперебойного питания.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры
быстродействующие
частотно-импульсные



Тиристоры
частотно-импульсные
быстродействующие



Силовые
быстродействующие
частотно-импульсные
тиристоры

Обозначения в табл. 31.4: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; I_n — максимальный

прямой постоянный ток; $I_{\text{имп}}$ — ток в импульсе; $R_{\text{пр}}$ — сопротивление в открытом состоянии; $I_{\text{пр}}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $U_{\text{упр}}$ — напряжение управления; $I_{\text{упр}}$ — ток управления; $R_{\text{тепл}}$ — тепловое сопротивление ($^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$); t — время закрывания.

Характеристики частотно-импульсных тиристоров

Таблица 31.4

Тип	$U_{\text{обр}}, \text{В}$	$I_{\text{обр}}, \text{мА}$	$I_{\text{пр}}, \text{А}$ ($T_c, ^{\circ}\text{C}$)	$I_{\text{имп}}, \text{кА}$	$U_{\text{упр}}, \text{В}$	$I_{\text{упр}}, \text{мА}$	$R_{\text{тепл}}, ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
ТБИ143-400	800–1500	70	400	7,5	300/2,5	0,21	8, 10, 12, 5
ТБИ143-500	800–1500	50	500	7,5	300/2,5	0,21	15, 5, 16, 20
ТБИ143-630	800–1500	50	630	9	300/2,5	0,21	16, 20, 25
ТБИ243-400	1200–2200	70	400	7,5	250/2,5	0,26	20, 25, 32
ТБИ243-500	1200–2200	70	500	7,5	250/2,5	0,26	25, 32
ТБИ243-630	1200–2200	70	630	9	250/2,5	0,26	25, 32, 40
ТБИ 361-100	600–1200	50	100 (85)	2,5	250/2,5	0,16	8, 10, 12, 16
ТБИ 371-160	600–1200	50	160 (85)	4	300/2,5	0,09	10, 12, 16
ТБИ 371-200	600–1200	40	200 (80)	6	250/2,5	0,09	20, 25, 32, 40
ТБИ 371-200	1200–1800	40	200 (80)	6	300/2,5	0,09	25, 32
ТБИ 323-250	600–1200	50	250 (80)	3	250/3,5	0,07	10, 12, 16, 20
ТБИ 333-320	1200–2000	60	320 (85)	6	250/2,5	0,045	32, 40, 50
ТБИ 333-400	600–1400	40	400 (80)	7	300/2,5	0,045	20, 25, 32, 40, 50
ТБИ 433-400	300–900	50	400 (90)	7	300/2,5	0,045	20, 25, 32, 40, 50
ТБИ 343-400	1200–2000	80	400 (95)	7,5	300/2,5	0,035	32, 40, 50, 63
ТБИ 343-500	1200–2000	60	500 (85)	7,5	250/2,5	0,035	32, 40, 50, 63
ТБИ 343-630	600–1400	50	630 (80)	9	300/2,5	0,035	20, 25, 32, 40, 50
ТБИ 443-630	600–1200	80	630 (80)	6,3	250/2,5	0,028	10, 12, 16
ТБИ253-800	1200–2200	120	800	8	300/2,5	0,02	20, 25, 32
ТБИ253-1000	1200–2200	120	1000	9	300/2,5	0,02	20, 25, 32
ТБИ 353-1000	1200–2000	150	1000 (85)	18	250/4,0	0,02	32, 40, 50, 63
ТБИ 453-1000	600–1200	150	1000 (85)	16	250/2,5	0,016	10, 12, 16
ТБИ 353-1250	600–1500	100	1250 (82)	21	250/2,5	0,02	25, 32, 40, 50, 63
ТБИ373-2000	1200–1600	200	2000 (80)	45	250/2,5	0,011	32, 40, 50
ТБИ163-1500	1200–1600	150	1500 (80)	35	250/2,5	0,015	32, 40
ТБИ263-1600	600–1000	150	1600 (80)	35	250/2,5	0,015	25, 32, 40
ТБИ173-2000	400–1400	200	2000	40	350/2,5	0,011	16, 20, 25

Симисторы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Симисторы — полупроводниковые приборы, используемые для коммутации больших токов в цепях переменного тока. Это своеобразный ключ, имеющий два устойчивых состояния: закрытое и открытое.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Симисторы

Особенностью симистора является то, что основные электроды, включаются в цепь последовательно с нагрузкой. В отличие от тиристора, имеющего катод и анод, основные выводы симистора называть так некорректно, так как в силу структуры симистора они являются и тем и другим.

Для включения симистора необходимо подать положительный импульсный сигнал к выводу управления. В открытом состоянии симистор проводит ток в обоих направлениях. Для выключения симистора нужно снять напряжение с силовых выводов.

Существуют симисторы на токи от сотен миллиампер до десятков килоампер, на напряжения от нескольких вольт до нескольких киловольт. Выпускаются в пластмассовых и металлических корпусах. Цена симистора зависит от его мощности.

Наиболее известными брендами в области производства симисторов являются: NXP, ON SEMICONDUCTOR, STMICROELECTRONICS, VISHAY, завод ЭЛЕКТРОВЫПРЯМИТЕЛЬ, завод ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС, Запорожский завод ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.

Характеристики симисторов представлены в табл. 31.5. Обозначения в табл. 31.5: $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{обр}$ — максимально допустимый обратный ток; I_n — максимальный прямой постоянный ток; $R_{пр}$ — прямое сопротивление в открытом состоянии; $U_{упр}$ — напряжение управления; $I_{упр}$ — ток управления.

Характеристики симисторов

Таблица 31.5

Тип	$U_{обр}$, В	$I_{обр}$, мА	I_n (Т), мА	$U_{упр}$, В	$I_{упр}$, мА
ТС112-10	100-1200	3	10 (85)	5	100
ТС112-16	100-1200	3	16 (85)	5	100
ТС212-10	100-1200	3	10 (85)	3	100
ТС212-16	100-1200	3	16 (85)	3	100
ТС122-20	100-1200	3,5	20 (85)	3,5	150
ТС122-25	100-1200	3,5	25 (85)	3,5	150
ТС222-20	100-1200	3,5	20 (85)	3,5	150
ТС222-25	100-1200	3,5	25 (85)	3,5	150
ТС132-40	100-1200	5	40 (85)	4	200
ТС132-50	100-1200	5	50 (85)	4	200
ТС232-40	100-1200	5	40 (85)	4	200
ТС232-50	100-1200	5	50 (85)	4	200
ТС142-63	100-1200	7	63 (85)	4,5	200
ТС142-80	100-1200	7	80 (85)	4,5	200
ТС242-63	100-1200	7	63 (85)	4,5	200

Таблица 31.5 (продолжение)

Тип	$U_{обр}, В$	$I_{обр}, мА$	$I_n (T), мА$	$U_{упр}, В$	$I_{упр}, мА$
ТС242-80	100–1200	7	80 (85)	4,5	200
ТС251-100	300–1400	10	100 (85)	3	300
ТС251-125	300–1400	10	125 (85)	3	300
ТС251-160	300–1300	10	160 (85)	3	300
ТС151-100	300–1300	10	100 (85)	3	300
ТС151-125	300–1300	10	125 (85)	3	300
ТС151-160	300–1300	10	160 (85)	3	300
ТС261-160	300–1400	15	160 (85)	4	300
ТС261-200	300–1400	15	200 (85)	4	300
ТС161-160	200–1300	15	160 (85)	4	300
ТС161-200	200–1300	15	200 (85)	4	300
ТС271-250	300–1400	25	250 (85)	4	300
ТС271-320	300–1400	25	320 (85)	4	300
ТС171-250	200–1300	25	250 (85)	4	300
ТС171-320	200–1300	25	320 (85)	4	300

СИМИСТОРЫ И ТИРИСТОРЫ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Стандартные симисторы фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Симистор представляет собой «двунаправленный тиристор» и имеет три электрода: один управляющий и два основных для пропускания рабочего тока. Особенностью симистора является способность проводить ток как от анода к катоду, так и в обратном направлении.

В отличие от тириستоров симистор может управляться как положительным, так и отрицательным током между затвором и Т1. Для управления режимом работы симистора используется низковольтный сигнал, подаваемый на управляющий электрод симистора. При подаче напряжения на управляющий электрод симистор переходит из закрытого состояния в открытое и пропускает через себя ток.

Характеристики симисторов фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR представлены в табл. 32.1, в которой использованы обозначения: I — максимальный рабочий ток; U — максимальное обратное напряжение; $I_{вкл}$ — максимальный ток включения симистора.

Характеристики симисторов фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 32.1

Тип	I , А	U , В	$I_{вкл}$, мА	Корпус
BT131W-600	1	600	3	SOT223
BT132-600D	4	600	5	SOT54
BT134-600D	4	600	5	SOT82
3T134-800E	4	800	10	SOT82

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Симисторы
(триаки) от PHILIPS
SEMICONDUCTORS

Таблица 32.1 (продолжение)

Тип	I, А	U, В	I_{max} , мА	Корпус
BT134W-600	18	600	35	SOT223
BT134W-600D	1	600	5	SOT223
BT134W-600E	1	600	10	SOT223
BT134W-800	1	800	35	SOT223
BT136-600D	4	600	5	SOT78J (TO220AB)
BT136-600E	4	600	10	SOT78 (TO220AB)
BT136-600F	4	600	25	SOT78 (TO220AB)
BT136-800E	4	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT136B-600D	4	600	5	SOT404 (D2PAK)
BT136B-600E	4	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800E	4	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT136S-600	4	600	35	SOT428 (DPAK)
BT136S-600D	4	600	5	SOT428 (DPAK)
BT136S-600E	4	600	10	SOT428 (DPAK)
BT136S-600F	4	600	25	SOT428 (DPAK)
BT136S-800	4	600	35	SOT428 (DPAK)
BT136S-800E	4	600	10	SOT428 (DPAK)
BT136S-800F	4	600	25	SOT428 (DPAK)
BT136X-600	4	600	35	SOT186AJ (TO220F)
BT136X-600D	4	600	5	SOT186AJ (TO220F)
3T136X-600E	4	600	10	SOT186A (TO220F)
BT136X-600F	4	600	25	SOT186A (TO220F)
BT136X-800	4	800	35	SOT186A (TO220F)
BT136X-800E	4	800	10	SOT186A (TO220F)
BT137-600D	8	600	5	SOT78 (TO220AB)
BT137-600E	8	600	10	SOT78 (TO220AB)
BT137-600F	8	600	25	SOT78 (TO220AB)
BT137-800E	8	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT136B-600	8	600	35	SOT404 (D2PAK)
BT136B-600D	8	600	5	SOT404 (D2PAK)
BT136B-600E	8	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT136B-600F	8	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800	8	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800E	8	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800F	8	800	25	SOT404 (D2PAK)
BT137S-600	8	600	35	SOT428 (DPAK)
BT137S-600D	8	600	5	SOT428 (DPAK)
BT137S-600E	8	600	10	SOT428 (DPAK)
BT137S-600F	8	600	25	SOT428 (DPAK)
BT137X-600	8	600	35	SOT186A (TO220F)
BT137X-600D	8	600	5	SOT186A (TO220F)
BT137X-600E	8	600	10	SOT186A (TO220F)
BT137X-600F	8	600	25	SOT186A (TO220F)
BT137X-800	8	800	35	SOT186A (TO220F)
BT137X-800E	8	800	10	SOT186A (TO220F)

Таблица 32.1 (продолжение)

Тип	I, А	U, В	I _{выкл} , МА	Корпус
BT138-600E	12	600	10	SOT78 (TO220AB)
BT138-600F	12	600	25	SOT78 (TO220AB)
BT138-800E	12	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT138-800F	12	800	25	SOT78 (TO220ABL)
BT138B-600	12	600	35	SOT404 (D2PAK)
BT138B-600D	12	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT138B-600E	12	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT138B-800E	12	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT138X-600	12	600	35	SOT186A (TO220F)
BT138X-600E	12	600	10	SOT186A (TO220F)
BT138X-600F	12	600	25	SOT186A (TO220F)
BT138X-800	12	800	35	SOT186AJ (TO220F)
BT138X-800E	12	800	10	SOT186A (TO220F)
BT138X-800F	12	800	25	SOT186A (TO220F)
BT139-600E	16	600	10	SOT78 (TO220AB)
BT139-600F	16	600	25	SOT78 (TO220AB)
BT139-800E	16	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT139-800F	16	800	25	SOT78 (TO220AB)
BT139B-600	16	600	35	SOT404 (D2PAK)
BT139B-600E	16	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT139B-600F	16	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT139B-800	16	800	35	SOT404 (D2PAK)
BT139B-800E	16	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT139B-800F	16	800	25	SOT404 (P2PAK)
BT139X-600	12	600	10	SOT186A (TO220F)
BT139X-600E	12	600	25	SOT186A (TO220F)
BT139X-600F	12	600	35	SOT186A (TO220F)
BT139X-800	12	800	10	SOT186A (TO220F)
BTA140-600	25	600	35	SOT78 (TO220AB)
BTA140-800	25	800	35	SOT78 (TO220AB)
MAC97A6	0,6	400	5	SOT54
MAC97A8	0,6	400	5	SOT54
Z0103MN	1	600	3	SOT223
Z0103NN	1	800	3	SOT223
Z0107MN	1	600	5	SOT223
Z0107NN	1	800	5	SOT223
Z0109MN	1	600	10	SOT223

|| Тиристоры фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Тиристоры — это разновидность полупроводниковых приборов. Они предназначены для регулирования и коммутации больших токов.

Тиристор позволяет коммутировать электрическую цепь при подаче на него управляющего сигнала. Это делает его похожим на транзистор.

Как правило, тиристор имеет три вывода, один из которых управляющий, а два других образуют путь для протекания тока. Он открывается полностью, скачкообразно. Тиристор не закрывается даже при отсутствии управляющего сигнала.

Характеристики тиристоров фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR представлены в табл. 32.2, в которой использованы следующие обозначения:

I — максимальный рабочий ток; U — максимальное обратное напряжение; $I_{\text{вкл}}$ — максимальный ток включения тиристора; $U_{\text{вкл}}$ — напряжение включения тиристора; di/dt — скорость изменения тока после включения; R_{θ} — термическое сопротивление.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Новая продукция
Philips
Semiconductors

Характеристики тиристоров фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 32.2

Тип	I , А	U , В	$I_{\text{вкл}}$, мА	$U_{\text{вкл}}$, В	di/dt , А/мкс	R_{θ} , °C/Вт	Корпус
BT145-800R	25	800	35	0,6	200	60	SOT78
BT148-400R	4	400	0,2	0,4	50	95	SOT82
BT148-600R	4	600	0,2	0,4	50	95	SOT82
BT148W-400R	1	400	0,2	0,4	50	95	SOT223
BT148W-600R	1	600	0,2	0,4	50	95	SOT223
BT149B	0,8	200	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT149D	0,8	400	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT149G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT150-500R	4	500	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT150S-500R	4	600	0,2	0,4	50	60	SOT428
BT151-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT78
BT151-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT78
BT151-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT78
BT151B-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT404
BT151B-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT404
BT151B-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT404
BT151S-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT428
BT151S-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT428
BT151S-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT428
BT151X-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT186A
BT151X-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT186A
BT151X-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT186A
BT152-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT78
BT152-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT78
BT152-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT78
BT152B-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT404
BT152B-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT404

Таблица 32.2 (продолжение)

Тип	I, A	U, B	I_{max}, mA	U_{max}, B	$di/dt, A/\mu s$	$R_{\theta}, ^\circ C/BT$	Корпус
BT152B-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT404
BT152X-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT186A
BT152X-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT186A
BT152X-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT186A
BT168E	0,8	500	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT168G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT168GW	0,8	500	0,2	0,5	50	150	SOT223
BT169B	0,8	200	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169D	0,8	400	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169E	0,8	500	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT258-500R	8	500	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258-600R	8	600	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258S-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT428
BT258U-600R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT533
BT258X-500R	8	500	0,2	0,4	50	60	SOT186A
BT258X-600R	8	600	0,2	0,4	50	60	SOT186 A
BT258X-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT186 A
BT300-600R	8	600	15	0,6	50	60	SOT78
BT300S-600R	8	600	15	0,6	50	60	SOT428
BTA151-650R	12	650	4	1,4	50	60	SOT82

Тиристоры фирмы ON SEMICONDUCTOR

Параметры тириستоров фирмы ON SEMICONDUCTOR приведены в табл. 32.3, где I_n — максимальный импульсный прямой ток, U_o — максимальное обратное напряжение, I_b — средний прямой ток, управляющее напряжение и др. характеристики, см. выше.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры
ON Semiconductor

Характеристики тиристоров фирмы ON SEMICONDUCTOR

Таблица 32.3

Тип	I_n, A	U_o, B	I_b, A	Корпус
2N5060	10	30	0,8	TO-92
2N5060L1	10	30	0,8	TO-92
2N5060LRA	10	30	0,8	TO-92
2N5060LRM	10	30	0,8	TO-92
2N5061	10	60	0,8	TO-92

Таблица 32.3 (продолжение)

Тип	I_n , А	U_n , В	I_n , А	Корпус
2N5061RLRA	10	60	0,8	ТО-92
2N5062	10	100	0,8	ТО-92
2N5062RLRA	10	100	0,8	ТО-92
2N5064	10	200	0,8	ТО-92
2N5064RLRA	10	200	0,8	ТО-92
2N5064RLRM	10	200	0,8	ТО-92
2N6240	25	400	2,6	ТО-225AA
2N6394	100	50	12	ТО-220AB
2N6395	100	100	12	ТО-220AB
2N6397	100	400	12	ТО-220AB
2N6397T	100	400	12	ТО-220AB
2N6399	100	800	12	ТО-220AB
2N6400	160	50	16	ТО-220AB
2N6401	160	100	16	ТО-220AB
2N6402	160	200	16	ТО-220AB
2N6403	160	400	16	ТО-220AB
2N6404	160	600	16	ТО-220AB
2N6405	160	800	16	ТО-220AB
2N6504	300	50	25	ТО-220AB
2N6505	300	100	25	ТО-220AB
2N6507	300	400	25	ТО-220AB
2N6507T	300	400	25	ТО-220AB
2N6508	300	600	25	ТО-220AB
2N6508T	300	600	25	ТО-220AB
2N6509	300	800	25	ТО-220AB
2N6509T	300	800	25	ТО-220AB
C106B	20	200	4	ТО-225AA
C106D	20	400	4	ТО-225AA
C106D1	20	400	4	ТО-225AA
C106M	20	600	4	ТО-225AA
C106M1	20	600	4	ТО-225AA
C106M1T	20	600	4	ТО-225AA
C122B1	90	200	8	ТО-220AB
C122F1	90	50	8	ТО-220AB
MCR08BT1	8	200	0,8	SOT-223
MCR08MT1	8	600	0,8	SOT-223
MCR100-003	10	100	0,8	ТО-92
MCR100-3RL	10	100	0,8	ТО-92
MCR100-004	10	200	0,8	ТО-92
MCR100-006	10	400	0,8	ТО-92
MCR100-6RL	10	400	0,8	ТО-92
MCR100-6RLRA	10	400	0,8	ТО-92
MCR100-6RLRM	10	400	0,8	ТО-92
MCR100-6ZL1	10	400	0,8	ТО-92
MCR100-008	10	800	0,8	ТО-92

Таблица 32.3 (продолжение)

Тип	I_n, A	U_n, B	I_n, A	Корпус
MCR100-8RL	10	800	0,8	ТО-92
MCR106-006	25	400	2,55	ТО-225AA
MCR106-008	25	600	2,55	ТО-225AA
MCR12DCMT4	100	600	12	D-PAK
MCR12DCN-001	100	800	12	D-PAK
MCR12DCNT4	100	800	12	D-PAK
MCR12DSMT4	100	600	12	D-PAK
MCR12DSN-001	100	800	12	D-PAK
MCR12DSNT4	100	800	12	D-PAK
MCR12D	100	400	12	ТО-220AB
MCR12LD	100	400	12	ТО-220AB
MCR12LM	100	600	12	ТО-220AB
MCR12LN	100	800	12	ТО-220AB
MCR12M	100	600	12	D-PAK
MCR12N	100	800	12	D-PAK
MCR16N	160	800	16	ТО-220AB
MCR218-10FP	100	800	8	ТО-220
MCR218-002	100	50	8	ТО-220AB
MCR218-004	100	200	8	ТО-220AB
MCR218-6FP	100	400	8	ТО-220
MCR218-6T	100	400	8	ТО-220
MCR218-006	100	400	8	ТО-220AB
MCR226-RLRA	15	400	15	ТО-92
MCR226-RLRP	15	400	1,5	ТО-92
MCR226-8RL1	15	600	1,5	ТО-92
MCR226-8ZL1	15	600	1,5	ТО-92
MCR225-10FP	300	800	25	ТО-220
MCR225-8FP	300	600	25	ТО-220
MCR25D	300	400	25	ТО-220
MCR25M	300	600	25	ТО-220
MCR25N	300	800	25	ТО-220AB
MCR264-004	400	200	40	ТО-220AB
MCR264-006	400	400	40	ТО-220AB
MCR264-008	400	600	40	ТО-220AB
MCR265-010	550	800	55	ТО-220AB
MCR265-004	550	200	55	ТО-220AB
MCR265-006	550	400	55	ТО-220AB
MCR265-008	550	600	55	ТО-220AB
MCR68-002	100	50	12	ТО-220AB
MCR69-002	300	50	25	ТО-220AB
MCR69-003	300	100	25	ТО-220AB
MCR703ARL	25	100	4	D-PAK
MCR703AT4	25	100	4	D-PAK
MCR704ARL	25	200	4	D-PAK
MCR704AT4	25	200	4	D-PAK

Таблица 32.3 (продолжение)

Тип	$I_{\text{н}}, \text{A}$	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$I_{\text{с}}, \text{A}$	Корпус
MCR706ARL	25	400	4	D-PAK
MCR706AT4	25	400	4	D-PAK
MCR708A	25	600	4	D-PAK
MCR708A1	25	600	4	D-PAK
MCR708AT4	25	600	4	D-PAK
MCR716T4	25	200	4	D-PAK
MCR718RL	25	600	4	D-PAK
MCR718T4	25	600	4	D-PAK
MCR72-003	100	100	8	TO-220AB
MCR72-006	100	400	8	TO-220AB
MCR72-6T	100	400	8	TO-220AB
MCR72-008	100	600	8	TO-220AB
MCR8DCMT4	80	600	8	D-PAK
MCR8DCNT4	80	800	8	D-PAK
MCR8DSMT4	90	800	8	D-PAK
MCR8DSNT4	90	800	8	D-PAK
MCR8M	8	600	0,8	SOT-223
MCR8N	80	800	8	TO-220AB
MCR8SD	80	400	8	TO-220AB
MCR8SM	80	600	8	TO-220AB
MCR8SN	80	800	8	TO-220AB

Тиристоры для сварки фирмы INTERNATIONAL RECTIFIER

INTERNATIONAL RECTIFIER — американский разработчик и производитель электронных компонентов. Специализируется на изделиях для систем электропитания: силовые транзисторы, импульсные стабилизаторы, микросхемы управления импульсными преобразователями, электродвигателями, люминесцентными лампами и др. Номенклатура изделий INTERNATIONAL RECTIFIER (с префиксами IR, IRF) стала де-факто стандартом силовой электроники и широко используется независимыми производителями. Собственные производства базируются в США, Великобритании, Мексике.

В приведенной ниже табл. 32.4 даны следующие обозначения параметров: $U_{\text{о}}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{\text{т}}$ — максимальный среднеквадратичный ток; $I_{\text{с}}$ — максимальный ток при синусоидальном напряжении; $U_{\text{пр}}$ — макси-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Тиристоры
SCR фирмы
INTERNATIONAL
RECTIFIER

мальное прямое падение напряжения; dU/dt — максимальная скорость изменения напряжения; R — термическое сопротивление.

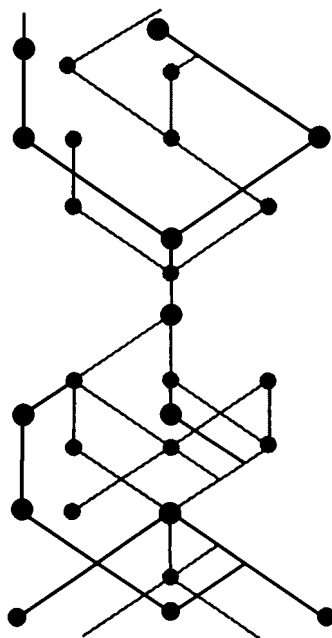
Характеристики тиристоров для сварки

Таблица 32.4

Тип	U_o , В	I_o , А	I_{cr} , А	U_{np} , В	dU/dt , В/мкс	R , Ом/Вт	Корпус
10TTS08	800	10	140	1	150	1,5	ТО-220
12TTS08	800	12	140	1	150	1,5	ТО-220
16TTS08	800	16	200	2	500	1,3	ТО-220
16TTS08FP	800	16	200	2	500	1,5	ТО-220 Full-Pak
16TTS08S	800	16	200	2	500	1,3	D2-Pak
16TTS12	1200	16	200	2	500	1,3	ТО-220
16TTS12FP	1200	16	200	2	500	1,5	ТО-220 Full-Pak
16TTS12S	1200	16	200	2	500	1,3	D2-Pak
25TTS08	800	25	350	2	500	1,1	ТО-220
25TTS08FP	800	25	350	2	500	1,5	ТО-220 Full-Pak
25TTS08S	800	25	210	2	500	1,1	D2-Pak
25TTS12	1200	25	350	2	500	1,1	ТО-220
25TTS12FP	1200	25	350	2	500	1,5	ТО-220 Full-Pak
25TTS12S	1200	25	210	2	500	1,1	D2-Pak
30TPS08	800	30	300	2	500	0,8	ТО-247AC
30TPS12	1200	30	300	2	500	0,8	ТО-247AC
30TPS16	1600	30	300	2	500	0,8	ТО-247AC
40TPS08	800	55	600	2,5	500	0,6	ТО-247AC
40TPS12	1200	55	600	2,5	500	0,6	ТО-247AC
40TPS16	1600	55	600	2,5	500	0,6	ТО-247AC

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

- Теория электродвигателей
- Асинхронные электродвигатели: устройство и принцип действия
- Асинхронные электродвигатели популярных серий
- Электродвигатели асинхронные взрывозащищенные
- Двигатели асинхронные трехфазные
- Двигатели асинхронные конденсаторные для бытовой техники
- Двигатели асинхронные особой конструкции
- Синхронные электродвигатели
- Синхронные генераторы
- Шаговые электродвигатели
- Электродвигатели постоянного тока
- Диагностика электродвигателей
- Ремонт электродвигателей
- Перемотка обмоток электродвигателя



ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

|| Неотъемлемые части || электродвигателя

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Электродвигатель – это электрическая машина, в которой энергия электромагнитного поля превращается во вращательное или поступательное движение.

Преобразование энергии в современных **электродвигателях** осуществляется посредством **магнитного поля**. Такие **электродвигатели** называются **индуктивными**. Для получения по возможности более сильных магнитных полей применяются ферромагнитные сердечники, которые являются неотъемлемой частью каждого **электродвигателя**.

При переменных магнитных полях сердечники с целью ослабления вихревых токов и уменьшения вызываемых ими потерь энергии изготавливаются из листовой электротехнической стали.

Другой неотъемлемой частью **электродвигателя** являются обмотки из проводниковых материалов, по которым протекают электрические токи. Для электрической изоляции обмоток применяются различные электроизоляционные материалы.

ПРИМЕЧАНИЕ

Как известно, электродвигатели обладают свойством обратимости: каждый электрический генератор может работать в качестве двигателя и наоборот, а в каждом трансформаторе и электромашинном преобразователе электрической энергии направление преобразования энергии может быть изменено на обратное.

Однако каждая выпускаемая электромашиностроительным заводом вращающаяся машина обычно предназначена для одного, определенного режима работы, например в качестве генератора или двигателя. Точно так же в трансформаторах одна из обмоток предусматривается для работы в качестве приемника электрической энергии (первичная обмотка), а другая (вторичная обмотка) — для отдачи энергии.

При этом оказывается возможным наилучшим образом приспособить **электродвигатель** для заданных условий работы и добиться наилучшего использования материалов, т. е. получить наибольшую мощность на единицу веса **электродвигателя**.

ONLINE ВИДЕО

Однофазные
электрические
машины

Потери в электродвигателях

Преобразование энергии в **электродвигателях** неизбежно связано с ее **потерями**, вызванными несколькими факторами:

- ♦ перемagnetиванием ферромагнитных сердечников;
- ♦ прохождением тока через проводники;
- ♦ трением в подшипниках и о воздух и т. д.

Поэтому потребляемая электродвигателем мощность всегда больше отдаваемой, или полезной, мощности, а коэффициент полезного действия (КПД) меньше 100 %. Тем не менее, электродвигатели по сравнению с тепловыми и некоторыми другими типами машин являются весьма совершенными преобразователями энергии с относительно высокими коэффициентами полезного действия.

Так, в самых мощных электродвигателях КПД равен 98–99,5 %, а в электродвигателях мощностью 10 Вт КПД составляет 20–40 %. Такие величины КПД при столь малых мощностях во многих других типах двигателей недостижимы.

Высокие энергетические показатели электродвигателей, удобство подвода и отвода энергии, возможность выполнения на самые разнообразные мощности, скорости вращения, а также удобство обслуживания и простота управления обусловили повсеместное их широкое распространение.

ONLINE ВИДЕО

КПД и потери
мощности в асин-
хронном двигателе

Номинальные напряжения электродвигателей

Наиболее употребительные **номинальные напряжения электродвигателей** следующие:

- ♦ для двигателей постоянного тока — 110, 220 и 440 В;
- ♦ для генераторов постоянного тока — 115, 230 и 460 В;
- ♦ для двигателей переменного тока и первичных обмоток трансформаторов 220, 380, 660 В и 3, 6, 10 кВ;
- ♦ для генераторов и вторичных обмоток трансформаторов 230, 400, 690 В и 3,15; 6,3; 10,5; 21 кВ (для вторичных обмоток трансформаторов также 3,3; 6,6; 11 и 22 кВ).

Из **более высоких напряжений** стандартными являются:

- ♦ для первичных обмоток трансформаторов — 35, 110, 150, 220, 330, 500 и 750 кВ;
- ♦ для вторичных обмоток трансформаторов — 38,5; 121; 165; 242; 347; 525 и 787 кВ.

ВЫВОД

*Двигатели изготавливаются на номинальные напряжения:
220 В (Δ) / 380 В (Y), 380 В (Δ) / 660 В (Y), 230 В (Δ) / 400 В (Y),
400 В (Δ) / 690 В (Y), 240 В (Δ) / 415 В (Y), 415 В (Δ), 440 В (Y),
500 В (Y) и 500 В (Δ) при частоте 50 Гц.*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Каково должно
быть номинальное
напряжение
электродвигателя?*

Электродвигатели переменного тока

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Электродвигатель переменного тока — электрическая машина, в которой во вращательное или поступательное движение преобразуется энергия вращающегося электромагнитного поля. В основе работы электродвигателей переменного тока лежит процесс электромагнитной индукции, которая возникает при движении проводящей среды в магнитном поле.

В качестве проводящей среды обычно используется обмотка, состоящая из достаточно большого количества проводников, соединенных между собой надлежащим способом. Магнитное поле в электродвига-

теле создается либо с помощью постоянных магнитов, либо возбуждающими обмотками, которые обтекаются токами. Электродвигатели обратимы, то есть могут работать по преобразованию электрической энергии в механическую, и наоборот, в режиме генератора.

Электродвигатели состоят из защитного корпуса, в котором находится неподвижный полый цилиндрический статор, набранный из отдельных, изолированных друг от друга пластин электротехнической (магнитной) стали. На внутренней стороне статора в пазах расположены витки обмотки возбуждения из медной проволоки. Внутри статора располагается подвижный, вращающийся на валу ротор, состоящий тоже из стальных пластин, также изолированных друг от друга термостойким лаком. В пазах ротора располагаются витки медной обмотки. Обмотка статора подсоединяется к источнику переменного тока.

Электродвигатели переменного тока делятся на **синхронные** и **асинхронные**, в зависимости от того, в каком отношении находится скорость вращения к частоте.

Электродвигатели переменного тока имеют номинальный режим работы, который соответствует продолжительному режиму, кратковременному, повторно-кратковременному или перемежающему режиму работы. Также электродвигатели имеют номинальные параметры.

При изготовлении и выборе электродвигателей большое значение имеют условия их эксплуатации и климатические условия, в зависимости от которых используются разные виды электродвигателей, имеющие конструкционные особенности, делающие их пригодными для эксплуатации в различных условиях.

При выборе электродвигателя необходимо учитывать коэффициент их полезного действия, а также нужно учитывать потери электрической энергии в проводниках, питающих электродвигатель.

Можно сказать, что электродвигатели переменного тока имеют огромное значение для большинства видов промышленности.

ONLINE ВИДЕО



*Асинхронные
и синхронные
двигатели
и генераторы*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Устройство,
принцип работы
и подключения
электродвигателей
переменного тока*

ONLINE ВИДЕО



*Подбор
электродвигателей*

АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

|| Физические основы работы асинхронных двигателей

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Асинхронные двигатели – электрические машины, имеющие, по крайней мере, две обмотки, в которых переменные напряжения сдвинуты по фазе относительно друг друга.

Асинхронные двигатели применяются в промышленности, например, для приводов крановых установок общепромышленного назначения, а также различных грузовых лебедок и других устройств, необходимых в производстве.

В асинхронных системах появляется возможность создать в механически неподвижном устройстве вращающееся магнитное поле. Катушка, подключенная к источнику переменного тока, образует пульсирующее магнитное поле, т. е. магнитное поле, изменяющееся по значению и направлению.

В цилиндре с внутренним диаметром D размещают на поверхности три катушки, пространственно смещенные относительно друг друга на 120° . Катушки подключены к источнику трехфазного напряжения (рис. 34.1). На рис. 34.2 показан график изменения мгновенных токов, образующих трехфазную систему.

Каждая из катушек создает пульсирующее магнитное поле. Магнитные поля катушек, взаимодействуя друг с другом, образуют

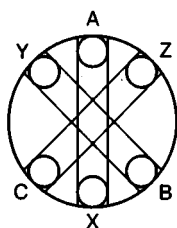


Рис. 34.1. Подключение катушек двигателя к источнику трехфазного напряжения

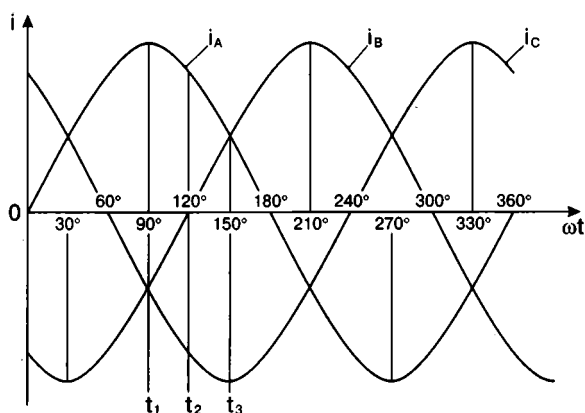


Рис. 34.2. График изменения токов трехфазной системы

результатирующее вращающееся магнитное поле, характеризующееся вектором результирующей магнитной индукции.

На рис. 34.3 изображены векторы магнитной индукции каждой фазы и результирующий вектор, построенные для трех моментов времени t_1 , t_2 , t_3 . Положительные направления осей катушек обозначены +1, +2, +3.

В момент $t = t_1$ ток и магнитная индукция в катушке А-Х положительны и максимальны, в катушках В-У и С-З — одинаковы и отрицательны. Вектор результирующей магнитной индукции равен геометрической сумме векторов магнитных индукций катушек и совпадает с осью катушки А-Х. В момент $t = t_2$ токи в катушках А-Х и С-З одинаковы по величине и противоположны по направлению. Ток в фазе В равен нулю. Результирующий вектор магнитной индукции повернулся по часовой стрелке на 30° . В момент $t = t_3$ токи в катушках А-Х и В-У одинаковы по величине и положительны, ток в фазе С-З максимален и отрицателен, вектор результирующего магнитного поля размещается в отрицательном направлении оси катушки С-З. За период переменного тока вектор результирующего магнитного поля повернется на 360° .

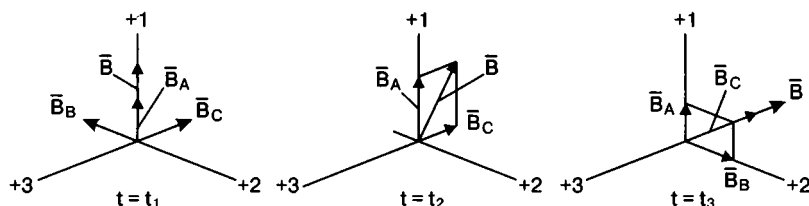


Рис. 34.3. Векторы магнитной индукции для трех моментов времени

Катушки, изображенные на **рис. 34.1**, создают **двухполюсное магнитное поле**, с числом полюсов $2P = 2$. Частота вращения поля равна 3000 об/мин.

Чтобы получить **четырёхполюсное магнитное поле**, необходимо внутри цилиндра диаметром D поместить шесть катушек, по две на каждую фазу. Тогда магнитное поле будет вращаться в два раза медленнее, с $n_1 = 1500$ об/мин. Чтобы получить вращающееся магнитное поле, необходимо выполнить два условия:

- ♦ условие 1 — иметь хотя бы две пространственно смещенные катушки.
- ♦ условие 2 — подключить к катушкам несовпадающие по фазе токи.

ONLINE ВИДЕО



Асинхронный трехфазный двигатель, принцип работы и строение, простыми словами

Принцип действия асинхронных электродвигателей

Принцип действия асинхронного двигателя рассмотрим на модели, изображенной на **рис. 34.4**. Вращающееся магнитное поле статора представим в виде постоянного магнита, вращающегося с синхронной частотой вращения n_1 . В проводниках замкнутой обмотки ротора индуцируются токи. Полюса магнита перемещаются по часовой стрелке. Наблюдателю, разместившемуся на вращающемся магните, кажется, что магнит неподвижен, а проводники роторной обмотки перемещаются против часовой стрелки. Направления роторных токов, определенные по **правилу правой руки**, указаны на **рис. 34.4**.

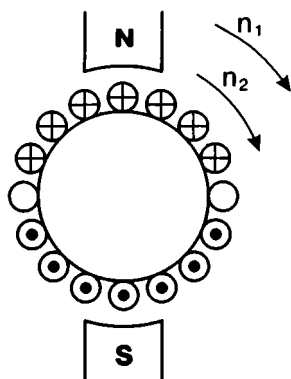


Рис. 34.4. Модель асинхронного двигателя

Пользуясь **правилом левой руки**, найдем направление электромагнитных сил, действующих на ротор и заставляющих его вращаться. Ротор двигателя будет вращаться с частотой вращения n_2 в направлении вращения поля статора. Ротор вращается асинхронно, т. е. частота его вращения n_2 меньше частоты вращения поля статора n_1 .

Скольжение не может быть равным нулю, так как при одинаковых скоростях поля и ротора прекратилось бы наведение токов в роторе и, следовательно, отсутствовал бы электромагнитный вращающий момент.

Вращающий электромагнитный момент уравнивается противодействующим тормозным моментом $M_{\text{эм}} = M_2$. С увеличением нагрузки на валу двигателя тормозной момент становится больше вращающего, и скольжение увеличивается. Вследствие этого возрастают индуцированные в роторной обмотке ЭДС и токи. Вращающий момент увеличивается и становится равным тормозному моменту. Вращающий момент может возрастать с увеличением скольжения до определенного максимального значения, после чего при дальнейшем увеличении тормозного момента вращающий момент резко уменьшается, и двигатель останавливается.

Если скольжение заторможенного двигателя равно единице, то говорят, что двигатель работает в **режиме короткого замыкания**. Частота вращения ненагруженного асинхронного двигателя n_2 приблизительно равна синхронной частоте n_1 .

Если скольжение ненагруженного двигателя $S = 0$, то говорят, что двигатель работает в **режиме холостого хода**.

Скольжение асинхронной машины, работающей в режиме двигателя, изменяется от нуля до единицы. Асинхронная машина может работать в режиме генератора. Для этого ее ротор необходимо вращать сторонним двигателем в направлении вращения магнитного поля статора с частотой $n_2 > n_1$. Скольжение асинхронного генератора $S < 0$.

Асинхронная машина может работать в **режиме электромашинного тормоза**. Для этого необходимо ее ротор вращать в направлении, противоположном направлению вращения магнитного поля статора. В этом режиме $S > 1$.

ПРИМЕЧАНИЕ

Как правило, асинхронные машины используются в режиме двигателя. Асинхронный двигатель является наиболее распространенным в промышленности типом двигателя. Частота вращения поля в асинхронном двигателе жестко связана с частотой сети f_1 и числом пар полюсов статора.

Чтобы получить более благоприятное распределение магнитной индукции в воздушном зазоре между статором и ротором, статорные и роторные обмотки не сосредотачивают в пределах одного полюса, а распределяют по окружностям статора и ротора. ЭДС распределенной обмотки меньше ЭДС сосредоточенной обмотки. Этот факт учитывается введением в формулы, определяющие величины электродвижущих сил обмоток, обмоточных коэффициентов.

Однофазный двигатель имеет одну обмотку, расположенную на статоре. Однофазная обмотка, питаемая переменным током, создаст

пульсирующее магнитное поле. Поместим в это поле ротор с короткозамкнутой обмоткой. Ротор вращаться не будет. Если раскрутить ротор сторонней механической силой в любую сторону, двигатель будет устойчиво работать. Объяснить это можно следующим образом.

Пульсирующее магнитное поле можно заменить двумя магнитными полями, вращающимися в противоположных направлениях с синхронной частотой n_1 и имеющими амплитуды магнитных потоков, равные половине амплитуды магнитного потока пульсирующего поля. Одно из магнитных полей называется прямовращающимся, другое — обратновращающимся. Каждое из магнитных полей индуцирует в роторной обмотке вихревые токи. При взаимодействии вихревых токов с магнитными полями образуются вращающие моменты, направленные встречно друг другу. На **рис. 34.5** изображены зависимости момента от прямого поля M' , момента от обратного поля M'' и результирующего момента M в функции скольжения $M = M' - M''$.

Оси скольжений направлены встречно друг другу. В пусковом режиме на ротор действуют вращающие моменты, одинаковые по величине и противоположные по направлению. Раскрутим ротор сторонней силой в направлении прямовращающегося магнитного поля. Появится избыточный (результатирующий) вращающий момент, разгоняющий ротор до скорости, близкой к синхронной.

Вывод

Однофазный двигатель не имеет пускового момента. Он будет вращаться в ту сторону, в которую раскручен внешней силой. Из-за тормозного действия обратновращающегося поля характеристики однофазного двигателя хуже, чем трехфазного.

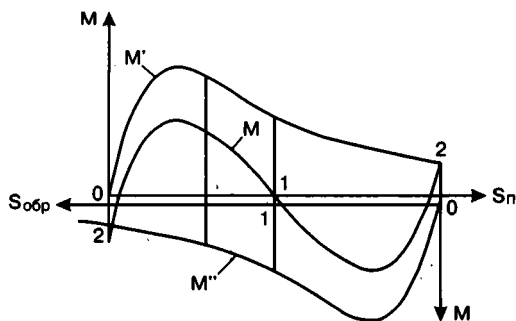


Рис. 34.5. Зависимость момента прямого поля, обратного поля и результирующего момента от скольжения

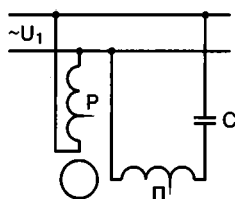


Рис. 34.6. Схема включения обмоток однофазного двигателя

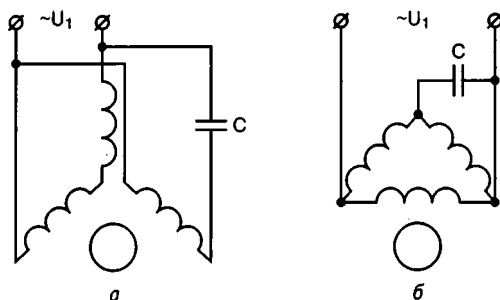


Рис. 34.7. Схемы включения обмоток трехфазного двигателя на одну фазу:
а – звездой; б – треугольником

Для создания пускового момента однофазные двигатели снабжают **пусковой обмоткой**, пространственно смещенной относительно основной, рабочей обмотки на 90° . Пусковая обмотка подключается к сети через фазосдвигающие элементы: конденсатор или активное сопротивление.

На **рис. 34.6** показана **схема включения обмоток двигателя**, где Р — рабочая обмотка, Π — пусковая обмотка. Емкость фазосдвигающего элемента С подбирают таким образом, чтобы токи в рабочей и пусковой обмотках различались по фазе на 90° . Трехфазный асинхронный двигатель может работать от однофазной сети, если подключить его обмотки по следующим схемам (**рис. 34.7**).

В схеме, изображенной на **рис. 34.7, а** статорные обмотки соединены звездой, а в схеме на **рис. 34.7, б** — треугольником. Величина емкости $C \approx 60 \text{ мкФ}$ на 1 кВт мощности.

ONLINE ВИДЕО



Принцип работы
асинхронного
электродвигателя



Принцип работы
однофазного
асинхронного
электродвигателя



Электропривод.
Принцип работы
асинхронного
электродвигателя

|| Конструкция асинхронных двигателей

Асинхронный двигатель имеет:

- ♦ неподвижную часть, именуемую статором;
- ♦ вращающуюся часть, называемую ротором.

В **статоре** размещена обмотка, создающая вращающееся магнитное поле. Различают асинхронные двигатели:

- ♦ с короткозамкнутым ротором;
- ♦ с фазным ротором.

В пазах **ротора с короткозамкнутой обмоткой** размещены алюминиевые или медные стержни. По торцам стержни замкнуты алюминиевыми или медными кольцами. Статор и ротор набирают из листов электротехнической стали, чтобы уменьшить потери на вихревые токи. Фазный ротор имеет трехфазную обмотку (для трехфазного двигателя). Концы фаз соединены в общий узел, а начала выведены к трем контактным кольцам, размещенным на валу. На кольца накладывают неподвижные контактные щетки. К щеткам подключают пусковой реостат. После пуска двигателя сопротивление пускового реостата плавно уменьшают до нуля.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Конструкция
асинхронных
двигателей*



*Устройство и принцип
действия асинхронного
двигателя*



*Асинхронный электро-
двигатель. Устройство
и принцип действия*

АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОПУЛЯРНЫХ СЕРИЙ

Асинхронные двигатели единой серии А2 и А02, АОП2 АОС2, АОЛС2 с КЗ ротором

Первую унифицированную единую серию асинхронных двигателей общего назначения А и АО выпускали с 1949 г., сейчас она снята с производства. Вторая единая серия асинхронных электродвигателей А2 и А02 освоена производством с 1961 г. Единая серия асинхронных двигателей 4А общего назначения по технико-экономическим показателям ориентирована на уровень мировой техники периода 1975—1980 гг. и охватывает диапазон мощностей от 0,12 до 400 кВт (при 1500 об/мин). С конца шестидесятых годов в нашей стране выпускают трехфазные асинхронные электродвигатели серии Д мощностью 0,25—4 кВт.

Назначение. Асинхронные электродвигатели основного исполнения с короткозамкнутым ротором серии А2 и А02 предназначены для привода механизмов, не предъявляющих специальных требований к пусковым характеристикам, скольжению, энергетическим показателям и к условиям окружающей среды.

Модификации. У основного исполнения есть несколько электрических модификаций:

- ♦ с повышенным пусковым моментом (АОП2);
- ♦ с повышенным скольжением (АОС2);
- ♦ многоскоростные на 2, 3 и 4 частоты вращения (А02);
- ♦ с фазным ротором (АК2, АОК2).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Параметры асинхронных электродвигателей единой серии А2 и А02

ПРИМЕЧАНИЕ

Эти модификации получают путем изменения числа и размеров пазов ротора, частичного или полного изменения обмотки статора.

Технические данные асинхронных двигателей единой серии А2 и АО2 (АОЛ2), АОП2 с КЗ ротором и с синхронной частотой вращения 1000, 1500, 3000 об/мин представлены в табл. 35.1, а с синхронной частотой вращения 750 и 600 об/мин — в табл. 35.2. Технические данные асинхронных двигателей единой серии АОС2 (АОЛС2) с КЗ ротором представлены в табл. 35.3.

Технические данные асинхронных двигателей единой серии А2 и АО2 (АОЛ2), АОП2 с КЗ ротором, с синхронной частотой вращения 1000, 1500, 3000 об/мин

Таблица 35.1

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин								
	3000			1500			1000		
	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln
Двигатели серии А2									
10	-	-	-	-	-	-	87	0,86	7
13	-	-	-	88,5	0,88	7	88	0,86	7
17	88	0,88	7	89,5	0,88	7	89	0,87	7
22	89	0,88	7	90	0,88	7	89,5	0,87	7
30	90	0,9	7	90,5	0,88	7	90	0,88	7
40	90,5	0,9	7	91	0,89	7	91	0,89	7
55	91	0,9	7	92	0,89	7	92	0,89	7
72	92	0,9	7	93	0,89	7	92,5	0,89	7
100	93	0,9	7	93,5	0,9	7	-	-	7
129	94	0,9	7	-	-	-	-	-	7
Двигатели серии АО2, АОЛ2									
0,4	-	-	-	-	-	-	68	0,65	6,5
0,6	-	-	-	72	0,76	7	70	0,68	6,5
0,8	78	0,86	7	74,5	0,78	7	73	0,71	6,5
1,1	79,5	0,87	7	78	0,8	7	76	0,73	6,5
1,5	80,5	0,88	7	80	0,81	7	79	0,75	6,5
2,2	83	0,89	7	82,5	0,83	7	81	0,77	6,5
3	84,5	0,89	7	83,5	0,84	7	83	0,78	6,5
4	85,5	0,89	7	86	0,85	7	84,5	0,79	6,5
5,5	87	0,9	7	88	0,86	7	85,5	0,81	6,5
7,5	88	0,91	7	88,5	0,87	7	87	0,82	6,5
10	88	0,89	7	89	0,88	7	88	0,89	7
13	88,5	0,9	7	88,5	0,89	7	88	0,89	7
17	87	0,9	7	89	0,89	7	90	0,9	7
22	88	0,9	7	90	0,9	7	90,5	0,9	7
30	89	0,9	7	91	0,91	7	91	0,91	7
40	89	0,91	7	91,5	0,91	7	91,5	0,91	7
55	90	0,92	7	92,5	0,92	7	92,5	0,92	7
15	90	0,92	7	92,5	0,92	7	92,5	0,92	7
100	91,5	0,92	7	93	0,92	7			
Двигатели серии АОП2									
3	-	-	-	-	-	-	79	0,65	7
4	-	-	-	85	0,81	7	81	0,68	7
5,5	-	-	-	87	0,82	7	85	0,80	7,5

Таблица 35.1 (продолжение)

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин								
	3000			1500			1000		
	КПД, %	cos φ	In/In	КПД, %	cos φ	In/In	КПД, %	cos φ	In/In
7,5	-	-	-	88	0,83	7,5	85,5	0,80	7,5
10	-	-	-	88	0,83	7,5	86	0,83	7,5
13	-	-	-	88	0,84	7,5	87	0,83	7,5
17	-	-	-	88	0,84	7,5	88	0,84	7,5
22	-	-	-	89,5	0,85	7,5	89	0,84	7,5
30	-	-	-	90	0,85	7,5	91	0,89	7,5
40	-	-	-	91	0,89	7,5	91,5	0,89	7,5
55	-	-	-	92	0,89	7,5	92	0,89	7,5
75	-	-	-	93	0,89	7,5	92	0,89	7,5
100	-	-	-	93	0,89	7,5	-	-	-

Примечание. In/In – отношение пускового тока к номинальному (см. также табл. 35.2 и табл. 35.3).

Технические данные асинхронных двигателей единой серии А2, АО2, АОП2
с КЗ ротором, с синхронной частотой вращения 750 и 600 об/мин

Таблица 35.2

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин					
	750			600		
	КПД, %	cos φ	In/In	КПД, %	cos φ	In/In
Двигатели серии А2						
7,5	85	0,78	6	-	-	-
10	87	0,81	7	-	-	-
13	87,5	0,82	7	-	-	-
17	88,5	0,82	7	-	-	-
22	89	0,82	7	-	-	-
30	90	0,84	7	-	-	-
40	91,5	0,84	7	-	-	-
55	92	0,87	7	-	-	-
Двигатели серии АО2						
2,2	81	0,69	6	-	-	-
3	81,5	0,7	6	-	-	-
4	84	0,71	6	-	-	-
5,5	85	0,72	6	-	-	-
7,5	86,5	0,81	6	-	-	-
10	87,5	0,83	7	-	-	-
13	89	0,84	7	-	-	-
17	89,5	0,85	7	88	0,79	6,5
22	90,5	0,85	7	89,5	0,79	6,5
30	91	0,88	7	90	0,82	6,5
40	91,5	0,88	7	90,5	0,82	6,5
55	92,5	0,9	7	-	-	-
Двигатели серии АОП2						
2,2	77	0,58	7	-	-	-
3	79,5	0,61	7	-	-	-
4	82	0,72	7,5	-	-	-
5,5	83	0,72	7,5	-	-	-

Таблица 35.2 (продолжение)

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин					
	750			600		
	КПД, %	cos φ	Ип/Ин	КПД, %	cos φ	Ип/Ин
7,5	84,5	0,76	7,5	—	—	—
10	85,5	0,77	7,5	—	—	—
13	87	0,77	7,5	—	—	—
17	87,5	0,77	7,5	88	0,7	7,5
22	90	0,83	7,5	89	0,7	7,5
30	91	0,83	7,5	89,5	0,71	7,5
40	91,5	0,84	7,5	90	0,71	7,5
55	92	0,85	7,5	—	—	—

Технические данные асинхронных двигателей
единой серии АОС2 (АОЛС2) с КЗ ротором

Таблица 35.3

Габарит	Наибольшая допустимая мощность, кВт, при ПВ, %					КПД, %	cos φ	In/In
	25	15	40	60	100			
Частота вращения 3000 об/мин								
11	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	72,5	0,88	8
12	1,3	1,6	1,3	1,3	1,1	74	0,88	8
21	1,8	2	1,6	1,5	1,5	75	0,88	8
22	2,3	2,5	2,1	2	2	77	0,88	8
31	3,5	4,6	3,4	3	2,8	79	0,88	7
32	4,8	6,5	4,7	4,3	3,8	81	0,89	7
41	6,8	8,6	6,3	5,7	5	82	0,9	7
42	9	11,3	8,3	7,2	6,5	83	0,91	7
51	10	12	8,6	7,7	7	83	0,91	8
52	13	15,4	11,1	10,1	9,1	83,5	0,91	8
Частота вращения 1500 об/мин								
11	0,6	0,8	0,6	0,6	0,5	66	0,76	8
12	0,8	1,1	0,9	0,9	0,7	70	0,77	8
21	1,1	2,4	1,2	1,2	1	70	0,8	8
22	1,6	2,2	1,7	1,15	1,4	75	0,82	8
31	3	4,1	3	2	2,1	76	0,82	6
32	4	5	3,6	3,2	2,6	78	0,83	6
41	5,2	6,2	4,8	4,3	3,7	79	0,89	6
42	7,5	8,5	6	5,5	4,8	89	0,9	6
51	8,7	10,4	7,1	6,4	5,8	81	0,89	8
52	11	13,8	9,5	8,1	7,3	81,5	0,89	8
61	14,5	17	12,5	10,5	9	81,5	0,79	6
62	18,5	23	16,5	14,5	13	83	0,89	6
71	21	25,6	20,9	17,9	16,1	84	0,89	8
72	28,5	31,6	25,7	23,2	21	86	0,89	8
81	39,9	47,3	34,2	30,8	27,8	87,5	0,9	8
82	47	55,9	40,3	36,4	34,6	87,5	0,9	8
91	58,1	68,9	52,4	47,3	44,9	88	0,95	8
92	76,8	92	69,3	62,5	62,5	88	0,95	8

Таблица 35.3 (продолжение)

Габарит	Наибольшая допустимая мощность, кВт, при ПВ, %					КПД, %	cos φ	I _n /I _н
	25	15	40	60	100			
Частота вращения 1000 об/мин								
11	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	65	0,66	8
12	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	65	0,67	8
21	0,8	1,1	0,85	0,75	0,65	66	0,69	8
22	1,3	1,5	1,2	1	0,9	66,5	0,7	8
31	2	2,6	2	1,7	1,4	71	0,72	5
32	2,7	3,5	2,5	2,2	1,6	74	0,74	5
41	4	4,8	3,4	2,9	2,1	73	0,77	5
42	4,7	5,9	4	3,4	2,7	75	0,78	5
51	6,4	7,6	5,2	4,5	3,8	78	0,79	8
52	8,3	9,9	6,8	6,1	5,5	79	0,79	8
61	12,5	15	11	9,5	8,5	80	0,89	6
62	15,5	18,5	14	12,5	10	80	0,89	6
71	18,7	19,8	16,1	19,6	12,5	83	0,89	8
72	21	25,6	17,9	15,3	15,3	84	0,89	8
81	33,2	39,5	28,5	25,7	23,2	87	0,91	8
82	39,9	47,3	34,2	30,8	29,3	87,5	0,92	8
91	45,5	58,8	42,5	38,3	36,4	87,5	0,92	8
92	67,7	80	58	52,3	49,7	88	0,93	8
Частота вращения 750 об/мин								
41	3	3,5	2,5	1,9	1,5	71	0,7	5
42	3,5	4,5	3,1	2,5	1,9	72	0,71	5
51	4,6	3,5	3,8	3,2	2,8	75	0,73	7
52	6,4	7,6	5,2	4,5	3,8	78	0,73	7
61	10,5	11,5	9	8	7	78	0,85	6
62	12,5	15	11	9,5	8	78,5	0,85	6
71	15,4	18	12,3	11,1	10	82	0,85	7
72	19	22,3	16,1	13,8	12,5	83	0,85	7
81	28,3	35,4	23,1	20,8	17,8	86	0,85	7
82	35	41,6	28,5	25,7	23,2	86	0,85	7
91	42	49,8	36	32,5	29,3	87	0,86	7
92	57	68,6	49,5	44,7	40,3	88	0,86	7
Частота вращения 600 об/мин								
81	19,8	24,7	15,3	12,5	9,7	83	0,7	7
82	24,3	28,9	19,8	17,9	15,3	83,5	0,75	7
91	31,6	37,5	25,7	22,1	19	85	0,75	7
92	37,9	45	30,8	27,9	23,9	85,5	0,78	7

Примечание. ПВ — продолжительность включения.

Электродвигатели серии 5АМ

Электродвигатели общего назначения 5АМ предназначены для работы в составе привода различных механизмов: вентиляторов, дымо-сосов, мельниц, дробилок, станков и других установок. Изготавливаются

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



5AM электродвигатели асинхронные низковольтные

для нужд различных отраслей промышленности и народного хозяйства, для поставки на экспорт в страны с умеренным и тропическим климатом.

Промышленные электродвигатели 5AM работают от сети переменного трехфазного тока напряжением 220/380, 380/660 В, частотой 50 (60) Гц (в зависимости от исполнения). Выпускаются в габаритах 200, 225, 250, 280, 315 и 355 мм. Также модификации различаются по конструктивному исполнению, способу монтажа, климатическому исполнению, мощности, частоте вращения и т.д.

Технические характеристики приведены в табл. 35.4.

Технические характеристики двигателей 5AM

Таблица 35.4

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Ток при 380 В, А	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	Масса, кг
5AM250S2	75	3000	92	133	1,8	475
5AM250M2	90	3000	91	157	1,7	505
5AM280S2	110	3000	94	193	2,1	720
5AM280M2	132	3000	93	230	2,3	770
5AM315S2	160	3000	92	279	1,8	970
5AM315M2	200	3000	94	339	1,8	1110
5AM250S4	75	1500	91	148	2,1	480
5AM250M4	90	1500	93	164	2,2	515
5AM280S4	110	1500	92	199	2,3	780
5AM280M4	132	1500	94	234	2,4	885
5AM315S4	160	1500	92	287	1,9	1110
5AM315M4	200	1500	91	351	1,8	1150
5AM250S6	45	1000	94	86,5	2	430
5AM250M6	55	1000	95	105	2	450
5AM280S6	75	1000	91	141	2,2	745
5AM280M6	90	1000	90	171	2,2	780
5AM315S6	110	1000	95	195	1,6	960
5AM315M6	132	1000	95	231	1,7	1010
5AM250S8	37	750	94	480	1,9	430
5AM250M8	45	750	92	584	1,9	460
5AM280S8	55	750	90	714	2,1	725
5AM280M8	75	750	92	974	2,1	790
5AM315S8	90	750	93	1161	1,5	965
5AM315M8	110	750	94	1419	1,5	1025
5AM280S10	37	600	93	77	1,5	710
5AM280M10	45	600	95	91	1,5	760
5AM315S10	55	600	91	109	1,6	925
5AM315M10	75	600	90	148	1,9	975

Таблица 35.4 (продолжение)

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Ток при 380 В, А	$M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$	Масса, кг
5AM315SL2	45	500	94	98	1,8	925
5AM315ML2	55	500	93	119	1,7	975
5AMH280M8	90	750	94	176	1,4	790
5AMH315S2	200	3000	96	341	1,8	965
5AMH315M2	250	3000	96	425	1,8	1105
5AMH315S4	200	1500	96	365	1,7	1050
5AMH315M4	250	1500	96	464	1,7	1145
5AMH315S6	132	1000	95	241	1,7	905
5AMH315M6	160	1000	95	290	1,7	1005
5AMH315S8	110	750	95	219	1,8	960
5AMH315M8	132	750	95	252	1,8	1020

Электродвигатели серии Д || основного исполнения

Электродвигатели постоянного тока краново-металлургические типа Д нашли свое применение в электроприводах крановых грузо-подъемных машин и металлургических агрегатов. Также используются в приводах, характеризующихся нерезким регулированием частоты вращения. Высота над уровнем моря — до 1000 м.

Разделяют следующие габариты двигателей: Д12, Д21, Д22, Д31, Д32, Д41, Д806, Д808, Д810, Д812, Д814, Д816, Д818.

По частоте вращения могут поставляться в двух исполнениях:

- ♦ тихоходное исполнение рекомендуется для приводов с числом включений до 2000 в час, при этом частота вращения относительно понижена;
- ♦ быстроходное исполнение – число включений до 300 в час.

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначение *K* в маркировке указывает на модернизацию крановых двигателей. Например, Электродвигатель Д21К.

Электродвигатели серии Д производятся в климатическом исполнении умеренном (У), холодном (УХЛ) и тропическом (Т) первой или второй категории размещения по ГОСТ 15150-69.

Технические данные электродвигателей серии Д основного исполнения приведены в табл. 35.5. Основные размеры электродвигателей приведены в табл. 35.6.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
краново-
металлургические
серии Д

Технические данные электродвигателей серии Д основного исполнения

Таблица 35.5

Тип электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока k _p	Максовый момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнением 101), кг
						начального пускового T _n	максимального T _ε			
Частоты вращения 3000 об/мин										
Д71А2, Да71А2	0,37	2830	74,5	0,82	0,93	1,8	2,6	6	0,002	9/7,5
Д71В2, Да71В2	0,55	2830	76,5	0,83	1,32	1,8	2,5	6	0,0025	9,5/8
Д80А2, Да80А2	0,75	2790	77,5	0,86	1,7	1,9	2,4	6	0,004	14,5/11,5
Д80В2, Да80В2	1,1	2790	79,5	0,87	2,4	1,9	2,4	6	0,005	15,5/12,5
Д90С2, Да90С2	1,5	2820	81	0,88	3,2	1,9	2,5	6	0,010	22,5/18,5
Д90Л2, Да90Л2	2,2	2820	82	0,89	4,6	1,9	2,5	6	0,012	26/21,5
Д100Л2, Да100Л2	3	2850	84	0,89	6,1	2	2,5	7	0,023	31,5/26
Д112М2, Да112М2	4	2895	85,5	0,91	7,8	1,9	2,5	7	0,039	42,5/33,5
Частоты вращения 1500 об/мин										
Д71А4, Да71А4	0,25	1410	68	0,72	0,75	1,8	2,5	4,5	0,0025	8,5/7
Д71В4, Да71В4	0,37	1410	71	0,73	1,1	1,8	2,5	4,5	0,0032	9/7,5
Д80А4, Да80А4	0,55	1380	72	0,76	1,5	1,9	2,4	5	0,005	14/11
Д80В4, Да80В4	0,75	1380	73	0,79	2	1,9	2,4	5	0,0058	15/12
Д90С4, Да90С4	1,1	1400	78,5	0,82	2,6	1,7	2,5	6	0,014	22/18
Д90Л4, Да90Л4	1,5	1400	80	0,83	3,4	1,7	2,5	6	0,017	25,5/21
Д100ЛА4, Да100ЛА4	2,2	1400	81,5	0,81	5,1	2	2,5	6	0,026	31,5/26
Д100ЛВ4, Да100ЛВ4	3	1400	82,5	0,83	6,6	2	2,5	6	0,031	35,5/30,5
Д112М4, Да112М4	4	1425	86	0,84	8,4	1,6	2,4	6	0,057	43/34
Частоты вращения 1000 об/мин										
Д80А6, Да80А6	0,37	910	67	0,65	1,3	1,9	2,3	4,0	0,0074	14,5/11,5
Д80В6, Да80В6	0,55	910	69	0,69	1,8	1,9	2,3	4,0	0,0088	15,5/12,5
Д90С6, Да90С6	0,75	920	72	0,69	2,3	1,8	2,3	4,2	0,015	22/18
Д90Л6, Да90Л6	1,1	920	74	0,74	3,05	1,8	2,3	4,2	0,016	26/21
Д100Л6, Да100Л6	1,5	930	78,5	0,75	3,9	1,8	2,5	6,5	0,035	32/26,5
Д112М6, Да112М6	2,2	950	83	0,77	5,2	1,4	2,4	6,5	0,063	42/33
Частоты вращения 750 об/мин										
Д100ЛА8, Да100ЛА8	0,75	695	69	0,64	2,6	1,1	1,8	4	0,03	30,5/25
Д100ЛВ8, Да100ЛВ8	1,1	695	71	0,65	3,6	1,1	1,8	4	0,035	35/29,5
Д112М8, Да112М8	1,5	710	76,5	0,64	4,65	1,1	1,8	5	0,07	41,5/32,5

ПРИМЕЧАНИЕ

В электродвигателях Д(Да)80, Д(Да)90, Д(Да)100, Д(Да)112 предусмотрено устройство для пополнения смазки подшипниковых узлов без разборки электродвигателя с помощью штокового шприца.

Основные размеры электродвигателей, мм

Таблица 35.6

Тип электродвигателя	Длина (корпуса)	Ширина	Высота оси вращения
Д71, Да71	205	142	71
Д80, Да80	235	171	80
Д90S, Да90S	252	196	90
Д90L, Да90L	277	196	90
Д100L, Да100L	313	217	100
Д112M, Да112M	322	245	112

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
с повышенным
скольжением
серии Д

Электродвигатели серии Д с повышенным скольжением

Электродвигатели с повышенным скольжением серии Д предназначены для привода:

- ♦ механизмов и машин, характеризующихся относительно большими маховыми массами и неравномерным графиком нагрузки;
- ♦ механизмов с большой частотой пусков или реверсов;
- ♦ механизмов, которые требуют форсированного времени разбега.

Ротор электродвигателей с повышенным скольжением заливают алюминиевым сплавом с повышенным удельным сопротивлением. Они имеют повышенный начальный пусковой момент.

Технические данные электродвигателей серии Д с повышенным скольжением приведены в табл. 35.7, а наибольшая допустимая мощность электродвигателей серии Д с повышенным скольжением при продолжительности включения, отличной от 25 % приведены в табл. 35.8.

Технические данные электродвигателей серии Д с повышенным скольжением

Таблица 35.7

Тип электродвигателя	Номинальная мощность на валу при ПВ = 25 %, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока k_i	Маховый момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнением 101), кг
						начального пускового, T_n	максималь- ного, T_m			
при нормальной нагрузке										
Частоты вращения 3000 об/мин										
ДС80А2, ДаС80А2	0,85	2600	2,2	70	0,83	2,3	2,3	4,5	0,004	14,5/11,5
ДС80В2, ДаС80В2	1,4	2600	3,7	70	0,83	2,3	2,3	4,5	0,005	15,5/12,5
ДС90S2, ДаС90S2	1,8	2600	4,3	72	0,88	2,3	2,2	5	0,01	22,5/18,5
ДС90L2, ДаС90L2	2,5	2600	5,7	75	0,89	2,3	2,2	5	0,12	26/21,5

Таблица 35.7 (продолжение)

Тип электродвигателя	Номинальная мощность на валу при ПВ = 25 %, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока k _п	Максималь момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнением 101), кг
						начального пускового, T _п	максималь- ного, T _м			
ДС1001.2, ДаС100Л2	4	2670	8,7	77	0,9	2,3	2,3	5	0,023	31,5/26
ДС112М2, ДаС112М2	5,3	2670	11	80	0,92	2	2,2	5	0,039	42,5/33,5
Частоты вращения 1500 об/мин										
ДС80А4, ДаС80А4	0,65	1300	1,8	69	0,79	1,8	2,2	4,5	0,005	14/11
ДС80В4, ДаС80В4	0,85	1300	2,3	70	0,8	1,8	2,2	4,5	0,0058	15/12
ДС90С4, ДаС90С4	1,4	1310	3,6	72	0,82	2	2,2	5	0,014	22/18
ДС90Л4, ДаС90Л4	2	1350	4,9	75	0,82	2	2	5	0,017	22,5/21
ДС100ЛА4, ДаС100ЛА4	3	1300	7,7	72	0,82	2	2,2	4,5	0,026	31,5/26
ДС100ЛВ4, ДаС100ЛВ4	4	1340	10,0	76	0,8	2,4	2,2	4,5	0,031	35,5/30,5
ДС112М4, ДаС112М4	5	1340	11,3	78	0,86	2	2,2	5	0,057	43/34
Частоты вращения 1000 об/мин										
ДС80А6, ДаС80А6	0,5	850	1,7	62,5	0,71	2	2,1	4	0,0074	14,5/11,5
ДС80В6, ДаС80В6	0,65	859	2,2	63	0,71	2	2,1	4	0,0088	15,5/12,5
ДС90С6, ДаС90С6	1	840	3,4	63	0,71	2	2,1	3,5	0,015	22/18
ДС90Л6, ДаС90Л6	1,3	840	4,2	66,5	0,7	2	2,1	3,5	0,016	26/21
ДС100Л6, ДаС100Л6	2	850	5,8	69	0,76	2,2	2,2	4	0,035	32/26,5
ДС112М6, ДаС112М6	3,2	850	8,3	72	0,81	1,8	2,1	4	0,063	42/33
Частоты вращения 750 об/мин										
ДС100ЛА8, ДаС100ЛА8	0,8	670	3,1	64,5	0,6	1,3	2	3,5	0,03	30,5/25
ДС100ЛВ8, ДаС100ЛВ8	1,1	670	4,1	67	0,61	1,3	2	3,5	0,035	35/29,5
ДС112М8, ДаС112М8	1,8	650	6,3	68	0,64	1,6	2	3,5	0,07	41,5/32,5

Наибольшая допустимая мощность электродвигателей серии Д с повышенным скольжением при продолжительности включения, отличной от 25 %

Таблица 35.8

Тип электродвигателя	Номинальная мощность на валу при ПВ = 25 %, кВт	Частота вращения, об/мин	Наибольшая допустимая мощность, кВт, при ПВ, %				
			15	25	40	60	100
Частоты вращения 3000 об/мин							
ДC80A2, ДaC80A2	0,85	2600	1,15	0,85	0,85	0,85	0,75
ДC80B2, ДaC80B2	1,4	2600	1,5	1,4	1,2	1,1	0,9
ДC90S2, ДaC90S2	1,8	2600	2,1	1,8	1,7	1,5	1,3
ДC90L2, ДaC90L2	2,5	2600	3,1	2,5	2,5	2,3	2
ДC100L2, ДaC100L2	4	2670	4,6	4	3,6	3,3	2,6
ДC112M2, ДaC112M2	5,3	2670	6,2	5,3	5,1	4,6	3,9
Частоты вращения 1500 об/мин							
ДC80A4, ДaC80A4	0,65	1300	0,8	0,65	0,65	0,65	0,55
ДC80B4, ДaC80B4	0,85	1300	1	0,85	0,85	0,8	0,7
ДC90S4, ДaC90S4	1,4	1310	1,7	1,4	1,4	1,2	1,1
ДC90L4, ДaC90L4	2	1350	2,3	2	1,8	1,7	1,4
ДC100LA4, ДaC100LA4	3	1300	3,4	3	2,6	2,3	1,8

Тип электродвигателя	Номинальная мощность на валу при ПВ = 25 %, кВт	Частота вращения, об/мин	Наибольшая допустимая мощность, кВт, при ПВ, %				
			15	25	40	60	100
ДС100ЛВ4, ДасС100ВЛ4	4	1340	4,6	4	3,6	3,1	2,6
ДС112М4, ДасС112М4	5	1340	5,9	5	4,6	4	3,4
Частоты вращения 1000 об/мин							
ДС80А6, ДасС80А6	0,5	850	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
ДС80S6, ДасС80S6	0,65	859	0,8	0,65	0,65	0,65	0,45
ДС90S6, ДасС90S6	1	840	1,1	1	0,9	0,8	0,6
ДС90L6, ДасС90L6	1,3	840	1,5	1,3	1,2	1,1	0,9
ДС100L6, ДасС100L6	2	850	2,3	2	1,7	1,4	1
ДС112М6, ДасС112М6	3,2	850	3,5	3,2	2,9	2,5	2,1
Частоты вращения 750 об/мин							
ДС100L8, ДасС100L8	0,8	670	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6
ДС100LВ8, ДасС100LВ8	1,1	670	1,3	1,1	1,1	0,9	0,6
ДС112М48, ДасС112М8	1,8	650	2,2	1,8	1,7	1,5	1,1

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Многоскоростные
электродвигатели
серии Д

Многоскоростные электродвигатели серии Д

Многоскоростные электродвигатели серии Д изготавливаются на две и три частоты вращения и номинальное напряжение 220, 380 и 415 В. Мощность определяется из условия максимального допустимого перегрева изоляции обмотки статора при включении на одну из номинальных частот вращения.

Технические данные многоскоростных электродвигателей серии Д приведены в табл. 35.9.

Технические данные многоскоростных электродвигателей серии Д

Таблица 35.9

Тип электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность начального пускового тока k _p	Максималь момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнение 101), кг	
		при нормальной нагрузке							
		Частоты вращения 1500/3000 об/мин							
Д71А4/2, Да71А4/2	0,2/0,3	1410/2720	52/60	0,69/0,89	0,85/0,85	3,3/4,2	0,0025	8,5/7	
Д71В4/2, Да71В4/2	0,3/0,45	1410/2760	57/64	0,69/0,89	1,16/1,2	4,0/5	0,0032	9/7,5	
Д80А4/2, Да80А4/2	0,45/0,6	1400/2700	66/66	0,78/0,92	1,32/1,5	4,5/5	0,005	14/11	
Д80В4/2, Да80В4/2	0,6/0,75	1400/2700	70/72	0,80/0,92	1,62/1,72	4,5/5	0,0058	15/12	
Д90S4/2, Да90S4/2	0,7/0,9	1420/2790	73/71	0,75/0,89	1,9/2,2	7	0,014	22/18	
Д90L4/2, Да90L4/2	1/1,4	1420/2790	75/74	0,75/0,89	2,7/3,2	7	0,017	25,5/21	
Д100L4/2, Да100L4/2	2/2,4	1400/2800	77/76	0,82/0,9	4,8/5,3	5	0,026	31,5/26	

Тип электродвигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность начального пускового тока k _j	Маховый момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнением 101), кг
		при нормальной нагрузке						
Д100LB4/2, Да100BL4/2	2,4/3	1410/2800	80/79	0,81/0,91	5,6/6,3	5	0,031	35,5/30,5
Д112М4/2, Да112М4/2	3,2/4	1450/2800	84,5/83	0,77/0,88	7,5/8,3	7	0,057	43/34
Частоты вращения 1000/1500 об/мин, Р=const								
Д100LA6/4, Да100LA6/4	1	930/1420	71/75	0,7/0,82	3/2,5	4/5	0,0026	31,5/26
Д100LB6/4, Да100BL6/4	1,3	940/1420	74/78	0,67/0,81	4/3,1	4/5	0,031	35,5/30,5
Д112М6/4, Да112М6/4	2	950/1460	79,5/82	0,7/0,8	5,5/4,6	5/7	0,057	43/34
Д1001А6/4, Да1001А6/4	1	930/1420	71/75	0,7/0,82	3/2,5	4/5	0,0026	31,5/26
Д100LB6/4, Да100LB6/4	1,3	940/1420	74/78	0,67/0,81	4/3,1	4/5	0,031	35,5/30,5
Д112М6/4, Да112М6/4	2	950/1460	79,5/82	0,7/0,8	5,5/4,6	5/7	0,057	43/34
Частоты вращения 1000/1500/3000 об/мин, Р=const								
Д1001А6/4/2, Да1001А6/4/2	0,9/1/1,2	940/1430/2860	69/73/72	0,72/0,8/0,91	2,8/2,6/2,8	4/5/6	0,026	31,5/26
Д100LB6/4/2, Да100LB6/4/2	1,2/1,4/1,7	940/1420/2860	74/74/75	0,71/0,82/0,91	3,5/3,5/3,8	4/5/6	0,031	35,5/30,5
Д112М6/4/2, Да112М6/4/2	1,8/2/2,4	940/1460/2900	78,5/77/75	0,75/0,83/0,92	4,7/4,7/5,3	4/5,2/6	0,057	43/34

Электродвигатели серии Да сельскохозяйственного исполнения

Электродвигатели сельскохозяйственного исполнения серии Да предназначены для привода сельскохозяйственных машин и механизмов. Электродвигатели выпускаются в химовлагоморозостойком исполнении для работы при температуре окружающей среды от -45 до $+40$ °С, относительной влажности до 95 ± 3 % при температуре $+35$ °С. Они рас-

считаны на возможное попадание воды и снега, длительное содержание химически активных примесей в воздухе (аммиак — $0,03$ г/см³, сероводород — $0,03$ г/см³, углекислый газ — $14,7$ г/см³).

Электродвигатели сельскохозяйственного исполнения имеют манжетное уплотнение на валу, предотвращающее проникновение внутрь воды и пыли; обеспечивают устойчивость против струи дезинфицирующего раствора из шланга диаметром до 10 мм под давлением до $1,5$ атм с расстояния не ближе 1 м в течение 2 мин; против воздействия аэрозолей продолжительностью до 24 ч (с последующим обмывом электродвига-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
серии Д сельскохозяй-
ственного испол-
нения

теля), при эксплуатации в окружающей среде, содержащей до 1,16 г/см³ летучей соломистой или хлопьевидной пыли.

Технические данные электродвигателей сельскохозяйственного исполнения Да приведены в табл. 35.10.

Технические данные электродвигателей серии Да
сельскохозяйственного исполнения

Таблица 35.10

Тип электродвигателя	Номинальная мощность на валу при P _В = 25 %, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при напряжении 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока k _п	Маховый момент, кг·см	Масса Д/Да (исполнением 101), кг
						начального пускового T _п	максимального T _м			
при нормальной нагрузке										
Частоты вращения 3000 об/мин										
Да71А2С	0,37	2830	72,5	0,82	0,95	1,8	2,8	6	0,002	7,5
Да71В2С	0,55	2830	74,5	0,83	1,4	1,8	2,5	6	0,0025	8
Да80А2С	0,75	2790	75,5	0,86	1,75	1,9	2,4	6	0,004	11,5
Да80В2С	1,1	2790	77,5	0,87	2,5	1,9	2,4	6	0,005	12,5
Да90С2С	1,5	2820	79	0,88	3,2	1,9	2,4	6	0,010	18,5
Да90L2С	2,2	2820	80	0,89	4,7	1,9	2,5	6	0,012	21,4
Да100L2С	3	2850	82	0,89	6,2	2,0	2,5	7	0,023	25,9
Да112М2С	4	2895	83,5	0,91	7,9	1,9	2,5	7	0,039	33,8
Частоты вращения 1500 об/мин										
Да71А4С	0,25	1410	68	0,72	0,8	1,8	2,5	4,5	0,0025	7
Да71В4С	0,37	1410	71	0,73	1,1	1,8	2,5	4,5	0,032	7,5
Да80А4С	0,55	1380	72	0,76	1,6	1,9	2,4	5	0,005	11
Да80В4С	0,75	1380	73	0,79	2,0	1,9	2,4	5	0,0058	12
Да90С4С	1,1	1400	78,5	0,82	2,7	1,7	2,5	6	0,014	18,2
Да90L4С	1,5	1400	80	0,83	3,4	1,7	2,5	6	0,017	20,9
Да100LА4С	2,2	1400	81,5	0,81	5,2	2,0	2,5	6	0,026	25,9
Да100LВ4С	3	1400	82,5	0,83	6,7	2,0	2,5	6	0,031	30,4
Да112М4С	4	1425	86	0,84	8,4	1,6	2,4	6	0,057	34,2
Частоты вращения 1000 об/мин										
Да80В6С	0,37	920	67	0,65	1,3	1,9	2,3	4	0,0074	11,5
Да90С6С	0,55	920	69	0,69	1,8	1,9	2,3	4	0,0088	12,5
Да90L6С	0,75	920	72	0,69	2,3	1,8	2,3	4,2	0,015	17,9
Да100LА6С	1,1	920	74	0,74	3,1	1,8	2,3	4,2	0,016	21,5
Да100LВ6С	1,5	930	78,5	0,75	3,9	1,8	2,5	6,5	0,035	26,4
Да112М6С	2,2	930	83	0,77	5,3	1,4	2,4	6,5	0,063	32,8
Частоты вращения 750 об/мин										
Да100LА8С	0,75	695	69	0,64	2,6	1,1	1,8	4	0,03	25
Да100LВ8С	1,1	695	71	0,65	3,7	1,1	1,8	4	0,035	29,2
Да112М8С	1,5	710	76,5	0,64	4,7	1,1	1,8	5	0,07	32,5

Асинхронные двигатели единой серии ВАО с КЗ ротором

Взрывозащищенные двигатели ВАО с КЗ ротором предназначены для работы в отделочных и других взрывоопасных цехах. При работе во взрывоопасных помещениях всех классов и наружных установках с возможным образованием взрывоопасной концентрации газов, пыли с воздухом, паров с воздухом, которые относятся к 1, 2, 3-й категориям и группам воспламеняемости Т1, Т2, Т3, Т4 исполнений В1Т4, В2Т4 и В3Т4 по ПИВРЭ (по ПИВЭ исполнения В1Г, В2Г, В3Г), применяют для привода машин и механизмов асинхронные двигатели трехфазного тока серии ВАО с короткозамкнутым ротором.

Форма исполнения двигателей ВАО по характеру монтажа М100, М200, М300 по ГОСТ 2479-65. Единая серия асинхронных обдуваемых взрывозащищенных двигателей разработана в десяти габаритах (по две длины в каждом) мощностью от 0,27 до 100 кВт.

Обозначение двигателей, например ВАО-52-6, расшифровывается следующим образом: В — взрывозащищенный, А — асинхронный, О — обдуваемый, 52 — пятого габарита второй длины и 6 — шестиполусный.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором состоит из двух основных элементов: статора (представляет собой неподвижную, внешнюю часть электродвигателя) и ротора (подвижная, расположенная внутри статора часть электрической машины). Каждый из этих элементов состоит, в свою очередь, из сердечника и обмотки. Обмотку статора, которую подключают к сети, можно считать первичной, а обмотку ротора — вторичной.

Характеристики асинхронных взрывозащищенных двигателей единой серии ВАО с КЗ ротором представлены в табл. 35.11.

*Характеристики асинхронных взрывозащищенных двигателей
единой серии ВАО с КЗ ротором*

Таблица 35.11

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин														
	3000			1500			1000			750			600		
	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln	КПД, %	cos φ	ln/ln
0,27	—	—	—	64	0,69	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	69	0,84	5	66	0,69	4,5	63	0,65	4,5	—	—	—	—	—	—
0,6	72	0,84	5	69	0,69	4,5	64	0,66	4,5	—	—	—	—	—	—
0,8	76	0,84	6	72	0,70	4,5	71,5	0,74	4	—	—	—	—	—	—
1,1	78	0,84	6	76,5	0,77	4,5	73,5	0,75	7	—	—	—	—	—	—

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Асинхронные
электродвигатели
с короткозамкну-
тым ротором

Таблица 35.11 (продолжение)

Мощность Р, кВт	Частота вращения, об/мин														
	3000			1500			1000			750			600		
	КПД, %	cos φ	Ip/In	КПД, %	cos φ	Ip/In	КПД, %	cos φ	Ip/In	КПД, %	cos φ	Ip/In	КПД, %	cos φ	Ip/In
1,5	78,5	0,86	6	79,5	0,79	5	78	0,75	5	–	–	–	–	–	–
2,2	82	0,87	6	80,5	0,83	5	80	0,77	5	78,5	0,7	4	–	–	–
3	82,5	0,87	6,5	82	0,86	5	82	0,77	5,5	80	0,7	4,5	–	–	–
4	83,5	0,89	7	84,5	0,87	5,5	83,5	0,77	6	81,5	0,7	4,5	–	–	–
5,5	84,5	0,89	7,5	87	0,88	6,5	85	0,77	5,5	83,5	0,7	4,5	–	–	–
7,5	86,5	0,90	7,5	88	0,89	6,5	86,5	0,89	5,5	84,5	0,77	4,5	–	–	–
10	87	0,90	7,5	88,5	0,89	6,5	86,5	0,84	6	85	0,79	4,5	–	–	–
13	87	0,90	7,5	88,5	0,86	6	87,5	0,84	6	87,5	0,79	5	–	–	–
17	87,5	0,91	6,5	89,5	0,86	6	89	0,84	7	88,5	0,79	6	87	0,72	5
22	88	0,91	6,5	90	0,86	6,5	90	0,85	7	88,5	0,80	5,5	88	0,73	5
30	89	0,92	6,5	90,5	0,87	6,5	90	0,85	7	90	0,80	6	88,5	0,74	4,5
40	89	0,88	6,5	90	0,86	7,5	91	0,85	7	89	0,80	6	89,5	0,74	4,5
55	90	0,88	6,5	92	0,87	7,5	90	0,85	6,5	90	0,81	5,5	–	–	–
75	90	0,88	5,5	91	0,86	6	91	0,86	7	–	–	–	–	–	–
100	91	0,90	5,5	91,5	0,86	6	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Асинхронные двигатели единой серии АО2, АОП2 сельскохозяйственного исполнения

Электродвигатели с повышенным пусковым моментом (АОП2) предназначены для привода механизмов, отличающихся сравнительно большой статической и инерционной нагрузкой в период пуска и стабильной нагрузкой при номинальной частоте вращения. Получение повышенной моментной характеристики связано с некоторым снижением энергетических показателей, в особенности коэффициента мощности.

Модификация электродвигателей с повышенным пусковым моментом принята для габаритов 4—9. У двигателей габаритов до 3 включительно моментные характеристики имеют достаточно высокие значения и в основном исполнении. Электродвигатели АОП2 на частоту вращения 3000 об/мин (синх.) не изготавливают.

Технические данные асинхронных двигателей серии АО2, АОП2 сельскохозяйственного исполнения представлены в табл. 35.12.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Асинхронные
двигатели единой
серии АО2, АОП2

Технические данные асинхронных двигателей серии АО2, АОП2
сельскохозяйственного исполнения

Таблица 35.12

Тип двигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота враще- ния, об/мин	КПД, %	cos φ	In/In
АО2-31-2СХ	3	2880	80	0,89	7
АО2-32-2СХ	4	2880	83	0,89	7
АО2-31-4СХ	2,2	1430	79	0,81	6
АО2-32-4СХ	3	1430	80	0,81	6
АО2-31-6СХ	1,5	930	74	0,75	5,5
АО2-32-6СХ	2,2	930	77	0,77	5,5
АО2-41-2СХ	5,5	2910	83	0,89	7
АО2-42-2СХ	7,5	2910	85	0,89	7
АО2-41-4СХ	4	1450	83	0,81	7
АО2-42-4СХ	5,5	1450	85	0,84	7
АО2-41-6СХ	3	950	79	0,78	6,5
АО2-42-6СХ	4	950	81	0,79	6,5
АО2-51-2СХ	10	2940	87	0,89	7
АО2-52-2СХ	13	2940	87	0,89	7
АОП2-51-4СХ	7,5	1460	87	0,82	7,5

Тип двигателя	Номинальная мощность, кВт	Частота враще- ния, об/мин	КПД, %	cos φ	In/In
АОП2-52-4СХ	10	1460	87	0,83	7,5
АОП2-51-6СХ	5,5	955	83,5	0,75	6
АОП2-52-6СХ	7,5	960	83,5	0,76	6
АО2-62-2СХ	17	2915	87	0,90	7,5
АОП2-61-4СХ	13	1435	87	0,84	7,5
АОП2-62-4СХ	17	1440	87	0,84	7,5
АОП2-61-6СХ	10	985	85,5	0,83	7
АОП2-62-6СХ	13	985	86	0,83	7
АО2-71-2СХ	22	2920	87,5	0,90	7
АО2-72-2СХ	30	2940	88,5	0,90	7,5
АОП2-71-4СХ	22	1450	89,5	0,85	7
АОП2-72-4СХ	30	1440	89	0,85	7
АОП2-71-6СХ	17	970	88	0,84	7
АОП2-72-6СХ	22	980	88,5	0,83	7

Асинхронные двигатели малой мощности серии ДА

Электродвигатели серии ДА. Асинхронные электрические двигатели переменного тока общепромышленного назначения. Преобразуют механическую энергию в электрическую. Используются в приводах компрессоров, насосов, деревообрабатывающих станков, аспирационных установок, вентиляторов, транспортеров. При выборе электродвигателя следует учитывать характеристики двигателя: мощность двигателя, частоту вращения, допустимую частоту пуска, уровень шума, способ монтажа.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
асинхронные
ДА, ДАТ, ДАО

Электродвигатели ДАТ. Асинхронные электродвигатели серии ДАТ (ДАО) предназначены для применения в промышленных приводах, приводах сельскохозяйственной и бытовой техники и средств малой механизации. Работают от сети переменного трехфазного тока частотой 50 или 60 Гц, напряжением 380 и 220/380 В и переменного однофазного тока частотой 50 или 60 Гц, напряжением 220 В.

Микродвигатели ДАО. Микродвигатели мощностью 18 Вт, 2600 об/мин, однофазные, двухпо-

люсные, на подшипниках скольжения с установленным на кронштейне конденсатором. Применяются для привода вентиляторов холодильного оборудования (витрин, шкафов), медицинского оборудования, тепловентиляторов и других машин с рабочей температурой от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Условия эксплуатации двигателей серии ДА:

- ♦ вибрационные нагрузки в диапазоне частот 1–2000 Гц с ускорением, м/с, не более 100;
- ♦ ударные нагрузки, м/с, не более 400;
- ♦ пониженная температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ -60 ;
- ♦ относительная влажность воздуха при температуре $+35^{\circ}\text{C}$, % .. 98;
- ♦ гарантийная наработка двигателей, ч 10000.

Повышенная температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$, не более:

ДАТ42271, ДАТ51271, ДАТ53271	100;
ДАТ31271, ДАТ32271, ДАТ53172, ДАТ53182	85;
ДАТ53172-2, ДАТ53182-2	40.

Трехфазные (ДАТ) и однофазные (ДАО) двигатели серии ДА отличаются высокой степенью использования объема, наличием встроенных камер-аккумуляторов для подпитки подшипников жидкой фазой высококачественной смазки, повышенной точностью изготовления и высоким качеством электромагнитных, конструкционных и изоляционных материалов. Двигатели на частоту напряжения питания 50 Гц являются универсальными по способу включения в сеть. На **рис. 35.1, а** приведена схема включения двигателя в однофазную сеть при соединении обмоток в звезду, на **рис. 35.1, б** — по схеме «с оторванной фазой», на **рис. 35.1, в** — при соединении обмоток в треугольник.

На **рис. 35.2, а** показано включение двигателей в трехфазную цепь при соединении обмоток в звезду, на **рис. 35.2, б** — при соединении обмоток в треугольник.

В **табл. 35.13** приведены технические данные трехфазных двигателей серии ДА на частоту напряжения питания 50 Гц. В **табл. 35.14** приведены параметры фазосдвигающих конденсаторов.

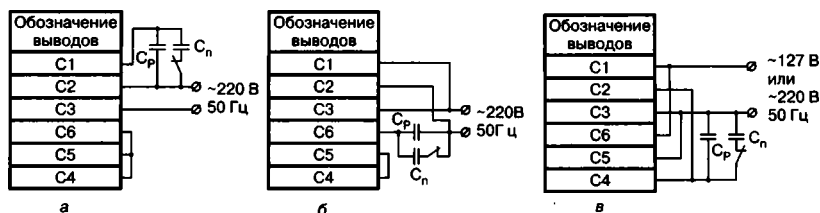


Рис. 35.2. Схемы включения двигателей ДАТ:

а — в однофазную сеть при соединении обмоток в звезду;
б — по схеме «с оторванной фазой»; в — при соединении обмоток в треугольник

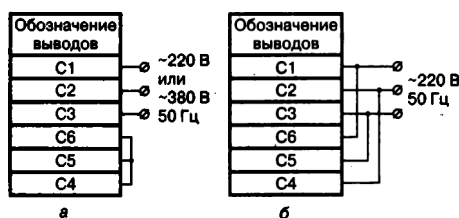


Рис. 35.2. Схемы включения двигателей ДАТ:
 а – в трехфазную цепь при соединении обмоток в звезду;
 б – при соединении обмоток в треугольник

Технические данные трехфазных двигателей серии ДА

Таблица 35.13

Тип	Рис.	U, В	P, Вт	n, об/мин	M, Н·м·10 ⁻⁴	I, А	КПД, %
ДАТ31271	35.2, а	220±22	6	2600	236	0,16	25
	35.1, а		4		147		20
ДАТ32271	35.2, а	220±22	10	2600	372	0,18	39
	35.1, а		6		225		30
ДАТ42271	35.2, а	220±22	25	2700	980	0,2	58
	35.1, а		16	2750	588		52
	35.1, б						50
ДАТ51271	35.2, а	220±22	40	2700	1470	0,3	63
	35.1, б		25	2750	930		58
	35.1, в						57
ДАТ53271	35.2, а	220±22	90	2700	3240	0,6	68
	35.1, а		60	2750	2150		66
	35.1, б						63
ДАТ53172	35.2, а	220±22	60	1280	4600	0,55	58
	35.1, а		40	1320	3040	0,95	52
	35.1, в	127±13					
ДАТ53172-2	35.2, а	220±11	60	1280	4600	0,55	58
	35.1, а		40	1320	3400	0,95	52
	35.1, в	127±6,4					
ДАТ53182	35.2, а	380±38	60	1280	4600	0,9	58
	35.2, б	220±11				1,55	
	35.1, в	220±22				1,7	
ДАТ53182-2	35.2, а	380±19	60	1280	4600	0,9	58
	35.2, б	220±11				1,55	
	35.1, в					1,7	

Примечание. Обозначения в табл. 35.13: Рис. – номер рисунка схемы включения; U – напряжение питания; P – номинальная мощность; n – номинальное число оборотов в минуту; M – номинальный момент на валу; I – номинальный ток; КПД – коэффициент полезного действия.

Параметры фазосдвигающих конденсаторов

Таблица 35.14

Тип	Рис.	C_p , мкФ	C_n , мкФ	U_{cp} , В	U_{cn} , В
ДАТ31271 ДАТ32271	35.1, а	$1,2 \pm 0,12$	$1,8 \pm 0,18$ $3,3 \pm 0,33$	250	250
ДАТ42271	35.1, а 35.1, б	$2,2 \pm 0,22$ $1,5 \pm 0,15$	10 ± 1	300 350	350
ДАТ51271	35.1, а 35.1, б	$3,3 \pm 0,33$ $2,2 \pm 0,22$	$15 \pm 1,5$	300 350	350
ДАТ53271	35.1, а 35.1, б	$4,7 \pm 0,47$ $3,3 \pm 0,33$	$25 \pm 2,5$	300 350	350
ДАТ53172	35.1, а 35.1, б	$6,8 \pm 0,68$ 20 ± 2	$15 \pm 1,5$ $45 \pm 4,5$	320 190	350 200
ДАТ53172-2	35.1, а 35.1, б	$5,6 \pm 0,56$ $16,8 \pm 0,17$	$15 \pm 1,5$ $45 \pm 4,5$	320 190	350 200
ДАТ53182 ДАТ53182-2	35.1, б 35.1, б	$6,8 \pm 0,68$ $5,6 \pm 0,56$	$15 \pm 1,5$ $15 \pm 1,5$	320 320	350 350

Примечание. C_p , C_n — рабочий и пусковой конденсаторы.

Электродвигатели общего назначения серии 4А

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором серии 4А общего назначения основного исполнения предназначены для нормальных условий работы в различных отраслях промышленности.

Электродвигатели серии 4А выпускались в диапазоне мощностей от 0,06 до 400 кВт и выполнены в 17 габаритах — от 50 до 355 мм (это же относится к последующим сериям 4АМ и АИР).

Габаритные, установочные и присоединительные размеры электродвигателей 4А определялись ГОСТ 18709-73.

ВНИМАНИЕ

В настоящее время электродвигатели серии 4А не выпускаются. В конце семидесятых годов были заменены на серию двигателей 4АМ, которая впоследствии также была заменена на АИР.

По номинальным значениям параметров, конструктивным исполнениям, способу монтажа, условиям эксплуатации, транспортирования, хранения, климатическим факторам, номинальному режиму работы, классу вибрации, показателям надежности электродвигатели 4А и 4АМ аналогичны.

Это трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором и рассчитанные на частоту 50 Гц, имеющие степень защиты IP44 или IP23.

Модификации и специальные исполнения электродвигателей 4А построены на базе их основного исполнения, т. е. имеют те же кон-

структивные решения основных элементов и высоты оси вращения. Они выпускались на определенные высоты оси вращения и мощности и предназначались для применения в механизмах предъявляющих специфические требования к приводу, или работающих в условиях эксплуатации отличных от нормальных, регламентируемых ГОСТ 183-74.

В конструкции двигателей 4АМ в отличие от 4А является:

- ♦ станина с продольными горизонтально-вертикальными ребрами для электродвигателей 132, 160 и частично 100 габарита;
- ♦ промежуточные станины с укороченной длиной для 6 и 8 полюсных электродвигателей 200, 225 и 250 габарита;
- ♦ применение закрытых подшипников с двусторонним уплотнением и заложенной на весь срок службы смазкой для двигателей 160 и 180 габарита;
- ♦ упрощение конструкции подшипниковых узлов с пополнением смазки;
- ♦ увеличение числа лопастей вентиляторов 4, 6 и 8 полюсных машин 160—250 габарита до девяти и уменьшение у них диаметра кожуха вентилятора.

Серия включает все двигатели общего назначения мощностью до 400 кВт напряжением до 1000 В. В серии повышена мощность двигателей при тех же высотах оси вращения на 2–3 ступени по сравнению с двигателями серии АО2 за счет применения новых материалов и рациональной конструкции. Впервые в мировой практике в серии были стандартизированы показатели надежности. Серия имеет модификации и специализированные исполнения. По степени защиты предусмотрены исполнения IP44 и IP23.

ПРИМЕР

*Обозначения типа двигателя: **4АН200М4У3**: 4 – номер серии; А – асинхронный; Н – степень защиты IP23, для закрытых двигателей обозначение не дается; далее может быть буква А, означающая алюминиевые станину и щиты; Х – алюминиевая станина и чугунные щиты, если станина и щиты чугунные, никакого обозначения не дается; 200 – высота оси вращения, мм; М или S, L – условная длина станины.*

*Далее возможны буквы **А** или **В**, обозначающие длину сердечника статора, отсутствие букв означает одну длину в установочном размере, **4** – число полюсов, **У** – для умеренного климата, **3** – категория размещения.*

Специализированные исполнения двигателей по условиям окружающей среды:

- ♦ тропического исполнения Т, буква ставится после числа полюсов, например 4А132S2Т2, категории размещения 2 и 5;
- ♦ для районов с холодным климатом исполнения ХЛ, например 4А132S2Х/12, категории размещения 2 и 5;

- ♦ химически стойкого исполнения Х, например 2А9012ХУ5, категории размещения 3 и 5;
- ♦ сельскохозяйственного исполнения СХ, например 4А160М4СХУ2, категории размещения 1–5.

Модификации двигателей:

- ♦ двигатели с повышенным пусковым моментом;
- ♦ с повышенным скольжением;
- ♦ многоскоростные, с фазовым ротором, двигатели с встроенным электромагнитным тормозом.

Серия 4А охватывает диапазон номинальных мощностей от 0,06 до 400 кВт (при 1500 об/мин). Серия имеет 17 высот оси вращения от 50 до 355 мм.

Двигатели могут применяться при отклонениях напряжения сети от номинального значения в пределах $-5...+10\%$ и отклонениях частоты на $\pm 2,5\%$ номинального значения.

В серии предусмотрены **три исполнения по степени защиты**:

- ♦ IP44 — для двигателей с высотами оси вращения 50–355 мм (закрытое исполнение);
- ♦ IP23 — для двигателей с высотами оси вращения 160–355 мм (защищенное исполнение);
- ♦ IP54 — для двигателей специализированных исполнений (пылезащищенное исполнение).

Одной из основных характеристик серии является увязка номинальных мощностей с установочными размерами в зависимости от степени защиты и числа полюсов (табл. 35.15 и табл. 35.16). Двигатели предназначены для работы от сети переменного тока частотой 50 Гц и изготавливаются на номинальные напряжения (основное исполнение), приведенные в табл. 35.17.

Увязка мощностей с установочными размерами для двигателей серии 4А основного исполнения (степень защиты IP44)

Таблица 35.15

Высота оси вращения, мм	Условная длина станины	Мощность, кВт, при числе полюсов					
		2	4	6	8	10	12
50	–	0,09; 0,12	0,06; 0,09	–	–	–	–
56	–	0,18; 0,25	0,12; 0,18	–	–	–	–
63	–	0,37; 0,55	0,25; 0,37	0,18; 0,25	–	–	–
71	–	0,75; 1,1	0,55; 0,75	0,37; 0,55	0,25	–	–
80	–	1,5; 2,2	1,1; 1,5	0,75; 1,1	0,37; 0,55	–	–
90	L	3	2,2	1,5	0,75; 1,1	–	–
	S	4	3	–	–	–	–
100	S	4	3	–	–	–	–

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
4А, 4АМ

Таблица 35.15 (продолжение)

Высота оси вращения, мм	Условная длина станины	Мощность, кВт, при числе полюсов					
		2	4	6	8	10	12
112	M	7,5	5,5	3; 4	2,2; 3	-	-
	S	-	7,5	5,5	4	-	-
132	M	11	11	7,5	5,5	-	-
	S	15	15	11	7,5	-	-
160	M	18,5	18,5	15	11	-	-
	S	22	22	-	-	-	-
180	M	30	30	18,5	15	-	-
	M	37	37	22	18,5	-	-
200	L	45	45	30	22	-	-
225	M	55	55	37	30	-	-
	S	75	75	45	37	30	-
250	M	90	90	55	45	-	-
	S	110	110	75	55	37	-
280	M	132	132	90	75	45	-
	S	160	160	110	90	55	45
315	M	200	200	132	110	75	55
	S	250	250	160	132	90	75
355	M	315	315	200	160	100	90

Увязка мощностей с установочными размерами для двигателей серии 4А основного исполнения (степень защиты IP23)

Таблица 35.16

Высота оси вращения, мм	Условная длина станины	Мощность, кВт, при числе полюсов					
		2	4	6	8	10	12
160	S	22	18,5	-	-	-	-
	M	30	22	-	-	-	-
180	S	37	30	18,5	15	-	-
	M	45	37	22	18,5	-	-
200	M	55	45	30	22	-	-
	L	75	55	37	30	-	-
225	M	90	75	45	37	-	-
250	S	110	90	55	45	-	-
	M	132	110	75	55	-	-
280	S	160	132	90	75	45	-
	M	200	160	110	90	55	-
315	S	-	200	132	110	75	55
	M	250	250	160	132	90	75
335	S	315	315	200	160	110	90
	M	400	400	250	200	132	110

Номинальные напряжения электродвигателей серии А4

Таблица 35.17

Номинальное напряжение, В	220; 380	220; 380; 660	220/380; 380/660	380/660
Мощность, кВт	0,06-0,37	0,55-11	15-110	132-400

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Двигатели универ-
сальные однофазные
асинхронные серии
УАД*

Двигатели универсальные однофазные асинхронные серии УАД

Универсальные асинхронные электродвигатели УАД предназначены для привода различных механизмов, в том числе для вентиляторов общего применения. Представляют собой электродвигатели малой мощности с питанием от сети однофазного и трехфазного переменного тока, напряжением 220 В, 50 Гц.

По способу монтажа различают электродвигатели УАД с фланцем на корпусе или с креплением хомутом. Изготавливаются модели с одним или двумя выходными концами вала.

Особенности асинхронных электродвигателей УАД:

- ♦ режим работы продолжительный (S1);
- ♦ минимальная наработка – 3000 ч;
- ♦ двигатели повышенной надежности.

Расчитаны для работы в сухом или влажном тропическом климате. Имеют защиту от росы, грибков, плесени, бактерий. Простая, но прочная конструкция обеспечивает надежную работу двигателей в тяжелых условиях, выдерживая вибрацию с ускорением до 5g и удары с ускорением до 30g. Двигатели не требуют особого ухода.

Технические характеристики однофазных асинхронных двигателей УАД приведены в табл. 35.18.

Технические характеристики однофазных асинхронных двигателей УАД

Таблица 35.18

Марка электродвигателя	Напряжение, В	Частота вращения, мин ⁻¹	Мощность, Вт	Масса, кг
УАД-12	220	2700/2750	1,5/1,0	0,28
УАД-32	220	2700/2750	7,0/5,0	0,56
УАД-34	220	1280	2,5/2,0	0,53
УАД-52	220	2700/2750	20/18	1,12
УАД-54	220	1280/2750	9,0/8,0	1,02
УАД-62	220	2700/2750	40/30	1,59
УАД-7 2	220	2700/2750	70/50	2,12
УАД-74	220	1280/1300	70/25	2,02
УАД-34ФС (малощумный 40 дБ (А))	220	1280	2,5	0,53

Двигатели однофазные серии АИР

Однофазные двигатели серии АИР предназначены для комплектации электроприводов бытового и промышленного назначения, различных механизмов (деревообрабатывающих станков, насосов и др.). Питание электродвигателей осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В.

Однофазные двигатели выпускаются в тех же конструктивных исполнениях, что и трехфазные двигатели серии АИР, и соответствуют им по своим размерам. Двигатели работают с конденсаторами, поставка и пристраивание которых производится по желанию заказчика.

Электрические параметры приведены в табл. 35.19.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
однофазные
серии АИР

Электрические параметры двигателей АИР

Таблица 35.19

Тип	Мощность, кВт	Частота, об/мин	кпд, %	cos φ	Емкость/ напряжение
АИРЕ71А2	0,55	2850	75	0,90	16/450
АИРЕ71В2	0,76	2790	71	0,90	26/450
АИРЕ71С2	1,10	2790	76	0,90	36/450
АИРЕ71А4	0,37	1360	64	0,90	14/450
АИРЕ71В4	0,55	1340	69	0,90	16/450
АИРЕ71С4	0,76	1340	64	0,90	25/450
АИРЕ80А2	1,10	2790	74	0,95	25/450
АИРЕ80В2	1,50	1790	76	0,95	40/450
АИРЕ80С2	2,20	1790	76	0,95	50/450
АИРЕ80А4	0,76	1400	71	0,92	26/460
АИРЕ80В4	1,10	1350	71	0,95	30/450
АИРЕ80С4	1,50	1350	71	0,95	40/450
АИРЕ100С4	2,20	1400	76	0,95	60/450

Двигатели асинхронные однофазные серии 5АЕ

Асинхронные однофазные двигатели 5АЕ80 удовлетворяют требованиям стандартов, за исключением требований к пусковым характеристикам (значения кратностей пускового тока и пускового момента).

Двигатели 5АЕ80 могут изготавливаться в климатических исполнениях У2, УЗ, УХЛ4, Т2 и ТЗ по ГОСТ 15150.

В части воздействия факторов внешней среды (температуры, высоты над уровнем моря, вибрации от внешних источников, запыленности воздуха) двигатели 5AE80 полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к базовым двигателям 5A80.

Двигатели 5AE80 предназначены для работы от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. Двигатели могут длительно эксплуатироваться при отклонениях напряжения $\pm 5\%$ или отклонениях частоты -2% , при одновременных отклонениях напряжения и частоты, ограниченных зоной «А» ГОСТ 28173 (МЭК 34-1). Двигатели допускают работу при отклонении напряжения $\pm 10\%$ в течение 1,2 ч.

Двигатели серии 5AE предназначены для работы в длительном режиме S1 по ГОСТ 28173 и допускают возможность работы в режимах S2—S7.

ПРИМЕЧАНИЕ

Величина пускового момента при необходимости может быть увеличена с помощью пускового конденсатора, дополнительно подключаемого параллельно с рабочим только на время пуска двигателя, продолжительность включения которого не должна превышать 3 с. В качестве пусковых конденсаторов могут использоваться конденсаторы на напряжение не ниже 320 В.

Шумовые характеристики однофазных двигателей 5AE80 (средний уровень звукового давления) приведены ниже:

- ♦ 5AE80MA2 — 65 дБ (А);
- ♦ 5AE80MB2 — 65 дБ (А);
- ♦ 5AE80MA4 — 60 дБ (А);
- ♦ 5AE80MB4 — 65 дБ (А).

Допуск на уровень звукового давления составляет $+3$ дБ (А). Среднеквадратическое значение вибрационной скорости двигателей не превышает 2,8 мм/с.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Двигатели
асинхронные
однофазные
серии 5AE*

Габаритные и установочные размеры двигателей 5AE80 соответствуют размерам двигателей основного исполнения 5A80.

Технические данные однофазных двигателей 5AE80 (частота сети — 50 Гц, степень защиты — IP54, класс нагревостойкости изоляции — F) приведены в табл. 35.20.

Технические данные однофазных двигателей 5AE80

Таблица 35.20

Тип	Мощность, кВт	Частота, об/мин	КПД, %	cos φ	Ток, А	Масса, кг
Частоты вращения 3000 об/мин; 2р = 2						
5AE80MA2	1,1	2820	69	0,91	8,0	14
5AE80MB2	1,5	2840	74	0,97	9,5	15,5
Частоты вращения 1500 об/мин; 2р = 4						
5AE80MA4	0,75	1420	69	0,96	5,1	13
5AE80MB4	1,1	1410	72	0,98	7,1	14,7

|| Однофазные электродвигатели серии 6А

Асинхронные электродвигатели переменного тока серии 6А с короткозамкнутым ротором, предназначены для работы от сети частотой 50 Гц, напряжением 220 В. Двигатели имеют высокие энергетические, пусковые и виброакустические характеристики, современный дизайн и надежность. Электродвигатели серии 6А выполнены с привязкой мощностей к установочно-присоединительным размерам в соответствии с международными стандартами. **Монтажное исполнение** IM1081 (на лапах), IM2081 (на лапах, фланцевое), IM3081 (фланцевое). Степень защиты IP54.

Однофазные электродвигатели серии 6А применяются в приводе компрессоров, вентиляторов, металлорежущего и другого промышленного оборудования. Рассчитаны на работу от сети напряжением 220/380, 380/660 В частотой 50 и 60 Гц.

Структура условного обозначения 6A315 XX XX:

- ♦ 6 — порядковый номер серии;
- ♦ А — асинхронный;
- ♦ 315 — габарит, мм;
- ♦ Х — установочный размер по длине станины (S, M);
- ♦ Х — число полюсов (2; 4; 6; 8);
- ♦ XX — климатическое исполнение (У, У2, У3, Т, Т2, Т3) и категория размещения (2; 3) по ГОСТ 15150-69.

Условия эксплуатации электродвигателя 6 А 315 М-2:

- ♦ на высоте не более 1000 м над уровнем моря;
- ♦ при температуре окружающей среды от минус 40°C до 50°C (для исполнения У2; У3); от минус 10 до 50°C (для исполнения Т3);
- ♦ при относительной влажности 80% при температуре 15°C (для исполнения У3), и 70% при температуре 27°C (для исполнения Т3);
- ♦ степень защиты (закрытое исполнение IP44 или IP54 по ГОСТ 17494-87);

- ♦ при запыленности воздуха не более 10 мг/м^2 (для исполнения по IP44) и не более 100 мг/м^3 (для исполнения по IP54);
- ♦ в условиях окружающей среды, не содержащей огневзрывоопасных, токопроводящих смесей, а также химически активных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию;
- ♦ способ охлаждения 1С0141;
- ♦ группа механического исполнения М1.

Основные технические данные приведены в

табл. 35.21.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Однофазные
электродвигатели
серии 6А

Основные технические данные

Таблица 35.21

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Масса, кг	Емкость конденсатора, мкФ
6AE80A2	0,75	3000	10,5	40
6AE80B2	1,1	3000	11,5	40
6AE80A2	0,55	1500	10,0	40
6AE80B4	0,75	1500	11,0	40

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ АСИНХРОННЫЕ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫЕ

|| Двигатели асинхронные взрывозащищенные, обдуваемые, с короткозамкнутым ротором серии ВАО

Асинхронные взрывозащищенные, обдуваемые, с короткозамкнутым ротором серии ВАО предназначены для привода стационарных агрегатов — насосов, компрессоров, вентиляторов и т.д.

Двигатели эксплуатируются в среде, содержащей взрывоопасные легковоспламеняющиеся газовоздушные смеси I—III категории, соответствующие группам воспламеняемости А, Б и Г. Подходят для работы в шахтах с содержанием горючих газов (метана) и угольной пыли.

Условия эксплуатации:

- ♦ для макроклиматического района с умеренным климатом — У;
- ♦ категория размещения — 2.

Единая серия ВАО — асинхронные, обдуваемые, с короткозамкнутым ротором, на напряжение 380/660 В. Двигатели поставляются на напряжение 380 или 660 В (по указанию заказчика). В случае перехода с одного напряжения на другое (например, с 380 на 660 В) переключение фаз обмотки статора со звезды на треугольник или наоборот выполняют за коробкой выводов, куда выведены шесть концов — начала и концы фаз.

В обозначении двигателей:

- ♦ первая цифра условно обозначает порядковый номер наружного диаметра статора (габарит);
- ♦ вторая цифра — номер длины пакета статора; цифра после дефиса — число полюсов.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатель
ВАО-81-2

ПРИМЕР

BAO31-2 обозначает: двигатель взрывонепроницаемый, асинхронный, обдуваемый, 3-го габарита, первой длины, двухполюсный.

Электродвигатели ВАО разработаны на базе электродвигателей **общепромышленной серии АО2**, поэтому у них полностью совпадают наружные диаметры (габариты), длина пакета статора и установочные размеры. Все короткозамкнутые электродвигатели ВАО допускают прямой пуск от полного напряжения сети.

Двигатели ВАО имеют основное исполнение и ряд модификаций — специальные для сред 4-й категории, химически стойкие, крановые, многоскоростные и др.

Основное исполнение — для работы в помещениях и наружных установках, в которых могут образоваться взрывоопасные смеси категорий и групп до ЗТЗ (ЗГ).

Установочные размеры многоскоростных двигателей ВАО одинаковы с размерами основного исполнения тех же габаритов и длин. Для ввода питающих проводов применены вводные коробки с двумя, тремя и четырьмя вводами; для присоединения цепей управления и защиты в коробках предусмотрены три дополнительных зажима. Для привода трубопроводной арматуры (задвижек, вентилей и т. п.) применяются двигатели ВАОА в исполнении до ЗТЗ (ЗГ).

Технические характеристики двигателей взрывозащищенных серии ВАО приведены в **табл. 36.1**. Технические данные многоскоростных электродвигателей ВАО приведены в **табл. 36.2**, а электродвигателей ВАОА — в **табл. 36.3**.

Технические характеристики двигателей ВАО

Таблица 36.1

Тип двигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	I_n/I_n
BAO2-280S2	32	380/660	3000	93,4	0,90	6,5
BAO2-280M2	160	380/660	3000	93,8	0,91	7,0
BAO2-280L2	200	380/660	3000	94,0	0,91	7,0
BAO2-315S10	90	660	1500	94,2	0,91	7,0
BAO2-315M2	250	660	3000	94,2	0,91	7,0
BAO2-315L2	315	660	3000	94,7	0,91	7,0
BAO2-355M6	250	660	1000	95,0	0,88	6,0
BAO2-355L6	315	600	1000	95,4	0,88	6,0
BAO2-450LA-2	315	6000	3000	94,4	0,91	6,5
BAO2-450LB-2	400	6000	3000	94,9	0,91	6,5
BAO2-450S-4	200	6000	1500	93,7	0,88	6,0
BAO2-450M-4	250	6000	1500	94,3	0,88	6,0
BAO2-450LA-4	315	6000	1500	95,0	0,89	6,0

Таблица 36.1 (продолжение)

Тип двигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	I_n/I_n
BAO2-450LB-4	400	6000	1500	95,2	0,89	6,0
BAO2-450M-6	200	6000	1000	93,7	0,83	5,5
BAO2-450LA-6	250	6000	1000	94,2	0,84	5,5
BAO2-450LB-6	315	6000	1000	94,7	0,84	5,5
BAO2-450LA-8	200	6000	750	93,4	0,79	5,5
BAO2-450LB-8	250	6000	750	94,0	0,79	5,5

Технические данные многоскоростных электродвигателей BAO

Таблица 36.2

Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт
BAO21	2800/1430	1,1/0,8	BAO81	1470/740	30/17
BAO22	2800/1435	1,5/1,1	BAO82	1475/740	40/22
BAO61	1460/485	4/1,5	BAO91	1475/740	48/30
BAO62	1455/485	5,5/2,2	BAO92	1475/735	60/40
BAO71	1455/965	15/22	BAO72	1440/960/715	13/8/8
BAO72	1455/730	16/9	BAO91	1470/980/735	26/18/18
BAO72	1455/730	21/11	BAO92	1465/980/730	35/25/25
BAO71	1430/465	7,5/2,5	BAO91	1465/975/735/485	25/16/13/9
BAO72	1450/460	10/3,5	BAO92	1470/970/735/485	23/20/18/13

Технические данные двигателей BAOA

Таблица 36.3

Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	ПВ, %	Тип электродвигателя	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	ПВ, %
BAOA071	3000	0,6	10	BAOA072	1500	0,6	10
BAOA072	3000	0,8	10	BAOA11	1500	0,8	10
BAOA11	3000	1,1	10	BAOA12	1500	1,1	15
BAOA12	3000	1,5	10	BAOA21	1500	1,5	15
BAOA21	3000	2,2	10	BAOA22	1500	2,2	15
BAOA22	3000	3	15	BAOA31	1500	3	15
BAOA31	3000	4	15	BAOA32	1500	4	15
BAOA32	3000	5,5	15	BAOA41	1500	5,5	15
BAOA41	3000	7,5	15	BAOA42	1500	7,5	15
BAOM2	3000	10	15	BAOA51	1500	10	15
BAOA51	3000	13	15	BAOA52	1500	13	15
BAOA52	3000	17	15	BAOA61	1500	17	15
BAOA071	1500	0,4	10				

Примечание. ПВ – продолжительность включения.

Двигатели асинхронные взрывозащищенные типа BAO8

Двигатели асинхронные взрывозащищенные типа BAO8 предназначены для продолжительного режима работы S1 от сети переменного тока частотой 50 Гц номинальным напряжением до 660 В в поме-

щениях и наружных установках, в которых возможно образование взрывоопасных газопаров

Исполнение по взрывозащите ВЗГ, которая в соответствии с приложением к «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) может быть отнесена к маркировке IexdIIBT4. Климатическое исполнение У2 и Т2.

Монтажное исполнение: 1М100(ЦВЗ) на лапах; 1М200(ЦВЗ/В5) фланцевое на лапах; 1М3001, 1М301(ЦВ5).

Степень защиты оболочки — IP54. **Класс нагревостойкости изоляции** — не ниже F.

Технические данные приведены в табл. 36.4.

Технические данные асинхронных взрывозащищенных электродвигателей ВАО8

Таблица 36.4

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	Коэффициент мощности
ВАО81-2	40	3000	2,5	89,0	0,90
ВАО82-2	55	3000	2,5	90,0	0,90
ВАО81-4	40	1500	2,5	90,5	0,88
ВАО82-4	55	1500	2,5	91,0	0,895

Двигатели асинхронные взрывозащищенные серий АИМ, АИМР, АИУ, АИУР

Двигатели асинхронные взрывозащищенные серий АИМ, АИМР, АИУ, АИУР предназначены для работы в качестве привода стационарных машин и механизмов во взрывоопасных производствах химической, газовой, нефтеперерабатывающей, угольной и других отраслей промышленности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Двигатели АИМ, АИУ изготавливаются только для нужд народного хозяйства страны, АИМР, АИУР — для поставки на экспорт.

Двигатели АИМ, АИМР предназначены для работы во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок в соответствии с маркировкой взрывозащиты и требованиями главы УП-З «Правил устройства электроустановок (ПУЭ-85)».

Двигатели АИУ, АИУР предназначены для работы в подземных выработках угольных и сланцевых шахт, опасных по газу (метану) и угольной пыли.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Двигатели
асинхронные
взрывозащищенные
типа ВАО8*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
асинхронные
взрывозащищенные
серии АИМ

Виды климатических исполнений двигателей, изготавливаемых для нужд народного хозяйства — У2,5; УХЛ2,5; ТМ2,5 для поставки на экспорт в страны с умеренным климатом — У2,5, для поставки на экспорт в страны с влажным и сухим тропическим климатом — Т2,5 по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70.

Технические характеристики двигателей асинхронных взрывозащищенных серий АИМ приведены в табл. 36.5.

Технические характеристики двигателей АИМ

Таблица 36.5

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Коэффициент мощности	I_s/I_n
АИМ63А2	0,37	3000	73,2	0,84	5,0
АИМ63В2	0,55	3000	76,2	0,85	5,9
АИМ71А2	0,75	3000	78,2	0,86	5,9
АИМ71В2	1,10	3000	80,2	0,87	5,3
АИМ80А2	1,50	3000	81,0	0,90	6,0
АИМ80В2	2,20	3000	83,0	0,91	6,0
АИМ90Л2	3,00	3000	83,0	0,90	6,0
АИМ100S2	4,00	3000	85,5	0,87	6,7
АИМ100Л2	5,50	3000	86,0	0,89	6,7
АИМ112М2	7,50	3000	88,0	0,90	7,0
АИМ132S2	7,50	1500	89,3	0,85	7,0
АИМ132М2	11,0	3000	88,5	0,87	7,0

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
асинхронные
взрывозащищенные
серий АИМ, АИМР,
АИУ, АИУР

Двигатели асинхронные взрывозащищенные АИМР160, АИМР180 предназначены для взрывоопасных видов производств химической, газовой, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности. Исполнение по взрывозащите — IExdI-IBT4. Напряжение — до 660 В.

Степень защиты — IP54. Режим работы продолжительный — S1. **Класс агрессивостойкости изоляции** — не ниже F. **Климатическое исполнение** — У2,5; УХЛ2,5; Т2,5. **Монтажное исполнение:** 1М1081(В3) на лапах, 1М3081(В5) фланцевое, 1М2081(В3/В5) фланцевое на лапах.

Технические данные асинхронных взрывозащищенных двигателей АИМР160 и АИМР180 приведены в табл. 36.6.

Технические данные асинхронных взрывозащищенных электродвигателей АИМР160 и АИМР180

Таблица 36.6

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	Коэффициент мощности	Момент инерции, кг·м
АИМР160S2	15,0	3000	89,5	88	2,6	0,044
АИМР160M2	18,5	3000	90,5	86	2,6	0,051
АИМР180S2	22,0	3000	91,0	89	2,5	0,075
АИМР180M2	30,0	3000	91,5	90	2,5	0,090
АИМР160S4	15,0	1500	90,0	85	2,5	0,087
АИМР160M4	18,5	1500	90,5	84	2,6	0,114
АИМР180S4	22,0	1500	91,2	85	2,0	0,173
АИМР180M4	30,0	1500	91,5	86	2,0	0,213
АИМР160S6	11,0	1000	88,0	83	3,0	0,140
АИМР160M6	15,0	1000	88,0	83	3,0	0,187
АИМР180M6	18,5	1000	89,5	83	2,5	0,320
АИМР160S8	7,5	750	85,0	70	3,3	0,140
АИМР160M8	11,0	750	86,0	72	3,3	0,187
АИМР180M8	15,0	750	87,0	72	3,3	0,320

Двигатели взрывозащищенные трехфазные, с короткозамкнутым ротором типа АВ

Двигатели взрывозащищенные типа АВ250, АВ280 — трехфазные, с короткозамкнутым ротором. Предназначены для продолжительного режима работы от сети переменного тока частотой 50 Гц номинального напряжения 660/380 В для внутренних и наружных установок взрывоопасных видов производств химической, газовой, нефтеперерабатывающей и смежных отраслей промышленности, где могут образоваться взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом, отнесенные к категориям ПА, ПВ, ПС и группам Т1, Т2, Т3, Т4.

Исполнение по взрывозащите — IExdIIBT4/2ExdIICT4. **Степень защиты оболочки** — IP54. **Климатическое исполнение** — У2. **Монтажное исполнение** — IM 1001 (B3) на лапах; IM 4001 (B5) фланцевое; M9701 (B3/B5) фланцевое на лапах.

По заказу потребителя двигатели могут изготавливаться с коробкой выводов, имеющей два силовых и один контрольный вводы.

Технические данные взрывозащищенных электродвигателей АВ250 и АВ280 приведены в табл. 36.7.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
взрывозащищенные
АВ

Технические данные взрывозащищенных электродвигателей АВ250 и АВ280

Таблица 36.7

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	Коэффициент мощности
AB250S2	75	3000	1,6	92,0	0,89
AB250M2	90	3000	1,6	92,5	0,91
AB250S4	75	1500	1,6	92,0	0,87
AB250M4	90	1500	1,6	92,5	0,87
AB250S6	45	1000	1,6	91,6	0,87
AB250M6	55	1000	1,6	92,0	0,87
AB250S8	37	750	2,0	90,5	0,80
AB250M8	45	750	2,0	91,0	0,80
AB280S2	110	3000	1,2	93,0	0,88
AB280M2	132	3000	1,2	93,0	0,88
AB280L2	160	3000	1,2	93,0	0,88
AB280S4	110	1500	2,0	93,8	0,88
AB280M4	132	1500	2,0	94,0	0,88
AB280L4	160	1500	2,0	93,5	0,86
AB280S6	75	1000	1,06	93,2	0,85
AB280M6	90	1000	1,0	93,4	0,85
AB280L6	110	1000	1,2	93,0	0,85
AB280S8	55	750	1,4	92,0	0,75
AB280M8	75	750	1,4	92,0	0,75
AB280L8	90	750	1,4	92,5	0,75

Защищенные общепромышленные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели со степенями защиты IP23 и IP44

Защищенные общепромышленные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели со степенью защиты IP23 отличаются от обычных и более распространенных двигателей с IP54 или IP55 тем, что при одинаковых мощности и частоте вращения вала обладают меньшими размерами.

ПРИМЕЧАНИЕ

Электродвигатели со степенью защиты IP23 могут иметь разную маркировку, в зависимости от завода-изготовителя: АМН, 4АМНУ, 5АМН, 4АМН, 5АН, 7АМН, 5АИН. Все эти двигатели являются аналогами, незначительно отличаясь конструктивно, но не по присоединительным размерам. Кроме того, защищенные двигатели серий АМН, 4АМНУ, 5АМН, 4АМН, 5АН, 7АМН, 5АИН могут иметь разное расположение клеммных коробок: у одних заводов — она сверху, а у других — сбоку.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатель
АМН, 4АМНУ, 5АМН,
4АМН, 5АН, 7АМН,
5АИН со степенью
защиты IP23

Все электродвигатели с классом защиты IP23 изготавливаются: охлаждение — IC01; класс изоляции — F; на лапах; с одним или двумя концами вала (стандартно — с одним); режим работы S1; частота сети переменного тока 50 Гц; климатическое исполнение У (умеренный климат) или Т (тропический климат).

Электродвигатели защищенные IP23 предназначены для работы в режимах S1—S8 по ГОСТ 28173. Двигатели могут работать в среде с содержанием пыли до 2 мг/м³.

Технические характеристики электродвигателей защищенных со степенью защиты IP23 приведены в табл. 36.8. Технические данные двигателей основного исполнения (степень защиты IP44) приведены в табл. 36.9.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
защищенные IP44

Технические характеристики электродвигателей защищенных IP23

Таблица 36.8

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Ток при 380 В, А	$M_{пуск}/M_{ном}$	Масса, кг
4AMH180S2	37	3000	91	71	1,6	170
4AMH180M2	45	3000	91	84	1,6	185
4AMH180S4	30	1500	90	61	1,8	170
4AMH180M4	37	1500	90	72	1,8	190
4AMH180S6	18,6	1000	87	39	1,8	170
4AMH180M6	22	1000	88	45	1,7	190
4AMH180S8	15	750	87	36	1,5	170
4AMH180M8	18,5	750	88	40	1,4	190
5AH200M2	55	3000	93	102	2,1	250
5AH200L2	75	3000	93	139	2,1	280
5AH200M4	45	1500	92	87	2,1	260
5AH200L4	55	1500	93	104	2,1	290
5AH200M6	30	1000	90	62	2,3	240
5AH200L6	37	1000	91	76	2,3	265
5AH200M8	22	750	90	46	1,7	250
5AH200L8	30	750	90	63	1,7	280
5AMH250S2	90	3000	93	159	1,6	485
5AMH250M2	110	3000	94	193	1,6	530
5AMH250S4	90	1500	94	170	2,3	490
5AMH250M4	110	1500	95	207	2,4	540
5AMH250S6	55	1000	93	108	1,8	440
5AMH250M6	75	1000	94	146	1,7	475
5AMH250S8	45	750	92	118	1,5	440
5AMH250M8	55	750	92	150	1,4	470
5AMH280S2	132	3000	94	233	1,6	720
5AMH280M2	160	3000	95	280	1,6	770

Таблица 36.8 (продолжение)

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Ток при 380 В, А	$M_{пуск}/M_{ном}$	Масса, кг
5AMH280S4	132	1500	95	238	2,3	756
5AMH280M4	160	1500	96	284	2,4	834
5AMH280S6	90	1000	95	169	1,7	715
5AMH280M6	110	1000	95	207	2,1	800
5AMH280S8	75	750	94	150	1,5	705

Основные технические данные двигателей
основного исполнения (степень защиты IP44)

Таблица 36.9

Р _{ном} , кВт	Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %		Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %		Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %	
		КПД, %	cos φ		КПД, %	cos φ		КПД, %	cos φ
	Частота вращения 3000 об/мин			Частота вращения 1500 об/мин			Частота вращения 1000 об/мин		
0,06	—	—	—	4AA50A4Y3	50	0,6	—	—	—
0,09	4AA50A2Y3	60	0,7	4AA50B4Y3	55	0,6	—	—	—
0,12	4AA50B2Y3	63	0,7	4AA56A4Y3	63	0,66	—	—	—
0,18	4AA56A2Y3	66	0,76	4AA56B4Y3	64	0,64	4AA63A6Y3	56	0,62
0,25	4AA56B2Y3	68	0,77	4AA63A4Y3	68	0,65	4AA63B6Y3	59	0,62
0,37	4AA63A2Y3	70	0,86	4AA63B4Y3	68	0,69	4AA71A6Y3	64,5	0,69
0,55	4AA63B2Y3	73	0,86	4A71A4Y3	70,5	0,7	4AA71B6Y3	67,5	0,71
0,75	4A71A2Y3	77	0,87	4A71B4Y3	72	0,73	4A80A6Y3	69	0,74
1,1	4A71B2Y3	77,5	0,87	4A80A4Y3	75	0,81	4A80B6Y3	74	0,74
1,5	4A80A2Y3	81	0,85	4A80B4Y3	77	0,83	4A901.6Y3	75	0,74
2,2	4A80B2Y3	83	0,87	4A901.4Y3	80	0,83	4A1001.6Y3	81	0,73
3	4A901.2Y3	84,5	0,88	4A10054Y3	82	0,83	4A112MA6Y3	81	0,76
4	4A10052Y3	86,5	0,89	4A1001.4Y3	84	0,84	4A112MB6Y3	82	0,81
5,5	4A1001.2Y3	87,5	0,91	4A112M4Y3	85,5	0,85	4A132B6Y3	85	0,8
7,5	4A112M2Y3	87,5	0,88	4A13234Y3	87,5	0,86	4A132M6Y3	85,5	0,81
11	4A132M2Y3	88	0,9	4A132M4Y3	87,5	0,87	4A160B6Y3	86	0,86
15	4A16052Y3	88	0,91	4A16034Y3	88,5	0,88	4A160M6Y3	87,5	0,87
18,5	4A160M2Y3	88,5	0,92	4A160M4Y3	89,5	0,88	4A180M6Y3	88	0,87
22	4A180B2Y3	88,5	0,91	4A18054Y3	90	0,9	4A200M6Y3	90	0,9
30	4A180M2Y3	90,5	0,9	4A180M4Y3	91	0,89	4A200L6Y3	90,5	0,9
37	4A200M2Y3	90	0,89	4A200M4Y3	91	0,9	4A225M6Y3	91	0,89
45	4A200L2Y3	91	0,9	4A200L4Y3	92	0,9	4A250S6Y3	91,5	0,89
55	4A225M2Y3	91	0,92	4A225M4Y3	92,5	0,9	4A250M6Y3	91,5	0,89
75	4A250S2Y3	91	0,89	4A25054Y3	93	0,9	4A280S6Y3	92	0,89
90	4A250M2Y3	92	0,9	4A250M4Y3	93	0,91	4A280M6Y3	92,5	0,89
110	4A28032Y3	91	0,89	4A28054Y3	92,5	0,9	4A315S6Y3	93	0,9
132	4A280M2Y3	91,5	0,89	4A280M4Y3	93	0,9	4A315M6Y3	93,5	0,9
160	4A31582Y3	92	0,9	4A315S4Y3	93,5	0,91	4A355S6Y3	93,5	0,9
200	4A315M2Y3	92	0,9	4A315M4Y3	94	0,92	4A355M6Y3	94	0,9

Таблица 36.9 (продолжение)

Р _{ном} , кВт	Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %		Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %		Типоразмер	Энергетические показатели при нагрузке 100 %	
		КПД, %	cos φ		КПД, %	cos φ		КПД, %	cos φ
	Частота вращения 3000 об/мин			Частота вращения 1500 об/мин			Частота вращения 1000 об/мин		
250	4A355S2Y3	92,5	0,9	4A355S4Y3	94,5	0,92	—	—	—
315	4A355M2Y3	93	0,9	4A355M4Y3	94,5	0,92	—	—	—
0,25	4A71B8Y3	56	0,65	—	—	—	—	—	—
0,37	4A80A8Y3	61,5	0,65	—	—	—	—	—	—
0,55	4A80B8Y3	64	0,65	—	—	—	—	—	—
0,75	4A90L8Y3	68	0,62	—	—	—	—	—	—
1,1	4A90L8Y3	70	0,68	—	—	—	—	—	—
1,5	4A100L8Y3	74	0,65	—	—	—	—	—	—
2,2	4A112M8Y3	76	0,71	—	—	—	—	—	—
3	4A112M8Y3	79,5	0,74	—	—	—	—	—	—
4	4A1328Y3	83	0,7	—	—	—	—	—	—
5,5	4A132M8Y3	83	0,74	—	—	—	—	—	—
7,5	4A16038Y3	86	0,75	—	—	—	—	—	—
11	4A160M8Y3	87	0,75	—	—	—	—	—	—
15	4A180M8Y3	87	0,82	—	—	—	—	—	—
18,5	4A200M8Y3	88,5	0,84	—	—	—	—	—	—
22	4A200M8Y3	88,5	0,84	—	—	—	—	—	—
30	4A225M8Y3	90,5	0,81	4A250S10Y3	88	0,81	—	—	—
37	4A250S8Y3	90	0,83	4A280M10Y3	91	0,78	—	—	—
45	4A250M8Y3	91	0,84	4A280M10Y3	91,5	0,78	4A315312Y3	90,5	0,75
55	4A280S8Y3	92	0,84	4A315S10Y3	92	0,79	4A315M12Y3	91	0,75
75	4A280M8Y3	92,5	0,85	4A315M10Y3	92	0,8	4A355S12Y3	91,5	0,76
90	4A315S8Y3	93	0,85	4A355S10Y3	92,5	0,83	4A355M12Y3	92,5	0,76
110	4A315M8Y3	93	0,85	4A355M10Y3	93,5	0,83	—	—	—
132	4A355S8Y3	93,5	0,85	—	—	—	—	—	—
160	4A355M8Y3	93,5	0,85	—	—	—	—	—	—

ДВИГАТЕЛИ АСИНХРОННЫЕ ТРЕХФАЗНЫЕ

Трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором общепромышленного исполнения

Трехфазный асинхронный электродвигатель — это асинхронный электродвигатель, который имеет трехфазную обмотку статора. Состоит из двух основных частей — статора (неподвижная часть) и ротора (вращающаяся часть). Ротор размещается внутри статора. Между ротором и статором имеется небольшое расстояние, называемое воздушным зазором, обычно 0,5—2 мм.

Статор состоит из корпуса и сердечника с обмоткой. Сердечник статора собирается из тонколистовой технической стали толщиной обычно 0,5 мм, покрытой изоляционным лаком. Шихтованная конструкция сердечника способствует значительному снижению вихревых токов, возникающих в процессе перемагничивания сердечника вращающимся магнитным полем. Обмотки статора располагаются в пазах сердечника.

Ротор состоит из сердечника с короткозамкнутой обмоткой и вала. Сердечник ротора тоже имеет шихтованную конструкцию. При этом листы ротора не покрыты лаком, так как ток имеет небольшую частоту и оксидной пленки достаточно для ограничения вихревых токов.

В приведенной ниже табл. 37.1 цифры после буквенного обозначения типа двигателя означают длину его оси (мм).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Трехфазный
асинхронный
двигатель
с короткозамкну-
тым ротором

Технические характеристики трехфазных асинхронных двигателей АИР и 5А

Таблица 37.1

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Масса, кг	Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Масса, кг
4АМ80А2	1,5	3000	81	0,85	9,8/12,4	АИР132S8	4,0	750	83,0	0,70	68,0
4АМ80А4	1,1	1500	76	0,81	11,9/13,8	АИР132М2	11,0	3000	88,0	0,90	77,5
4АМ80В2	2,2	3000	83	0,87	13,2/15,0	АИР132М4	11,0	1500	87,5	0,87	77,5
4АМ80В6	0,75	1000	70	0,72	11,6	АИР132М6	7,5	1000	85,0	0,81	68,5
4АМ80В6	1,1	1000	74	0,74	13,4/15,3	АИР132М8	5,5	750	83,0	0,74	82,0
4АМ90L2	3,0	3000	84,5	0,88	16,7/19	АИР160S2	15,0	3000	88,0	0,84	130
4АМ90L4	2,2	1500	81	0,83	18,6/20,2	АИР160S4	15,0	1500	89,0	0,88	110
4А225М4	55,0	1500	92,0	0,87	320	АИР160S6	11,0	1000	85,0	0,83	135
4А250S4	75,0	1500	92,0	0,87	450	АИР160S8	7,5	750	86,0	0,73	125
4АМ80В4	1,5	1500	78	0,83	13,8/15,7	АИР160М2	18,5	3000	86,0	0,86	130
5А200L2	45,0	3000	92,0	0,88	255	АИР160М4	18,5	1500	90,0	0,88	125
5А200L4	45,0	1500	92,0	0,87	280	АИР160М6	15,0	1000	87,5	0,83	130
5А200L6	30,0	1000	85,0	0,85	255	АИР160М8	11,0	750	87,0	0,75	150
5А200L8	22,0	750	89,0	0,80	220	АИР180S2	22,0	3000	89,5	0,88	160
5А200М4	37,0	1500	92,5	0,89	260	АИР180S4	22,0	1500	90,0	0,87	160
5А200М6	22,0	1000	85,0	0,85	220	АИР180М2	30,0	3000	90,5	0,88	180
5А200М8	18,5	750	88,0	0,80	180	АИР180М4	30,0	1500	91,5	0,87	180
5А225М2	55,0	3000	82,5	0,90	350/370	АИР180М6	18,5	1000	88,0	0,85	180
5А225М6	37,0	1000	91,0	0,89	335/355	АИР180М8	15,0	750	87,0	0,82	195
5А225М8	30,0	750	90,0	0,80	355	АИР56А2	0,18	3000	68	0,78	3,8
5А250S2	75,0	3000	93,0	0,90	485/510	АИР56А4	0,12	1500	63	0,66	3,6
5А250S6	45,0	1000	91,5	0,89	398	АИР56В2	0,25	3000	69	0,79	3,8
5А250S8	37,0	750	92,5	0,78	405	АИР56В4	0,18	1500	64	0,68	3,9
5А250М6	55,0	1000	91,5	0,89	435	АИР63А2	0,55	3000	75	0,85	5,4
5А250М8	45,0	750	92,5	0,79	435	АИР63В2	0,25	1500	68	0,67	4,6
АИР100L2	5,5	3000	88	0,89	34,0	АИР63В4	0,37	1500	68	0,70	5,5
АИР100L4	4,0	1500	85	0,84	31,5	АИР71А2	0,75	3000	79	0,80	8,6
АИР100L6	2,2	1000	81	0,74	22,8/26,0	АИР71А4	0,55	1500	75	0,73	8,3
АИР100S2	4,0	3000	87	0,88	28,5	АИР71В2	1,1	3000	79	0,80	9,1
АИР100S4	3,0	1500	82	0,83	25,0	АИР71В4	0,75	1500	75	0,80	9,4
АИР112М2	7,5	3000	87,5	0,88	49	АИР71В6	0,37	1000	65	0,65	7,8/8,4
АИР112М4	5,5	1500	87,5	0,86	49	АИР71В6	0,55	1000	68,5	0,70	8,6/9,9
АИР112М6	3,0	1000	85	0,76	43	АИР90L2	3,0	3000	84	0,88	19,7
АИР112МВ6	4,0	1000	85	0,76	48	АИР90L4	2,2	1500	81	0,83	18,8
АИР132S4	7,5	1500	87,5	0,86	70,0	АИР90L6	1,5	1000	76	0,72	19,5
АИР132S6	5,5	1000	85,0	0,80	56,5						

Трехфазные асинхронные электродвигатели серии Д

Электродвигатели серии Д основного исполнения предназначены для работы в умеренном и тропическом климатах, при темпера-

туре окружающей среды от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98 % при $+25^{\circ}\text{C}$, в помещениях и под навесом.

Электродвигатели серии Д основного исполнения **применяются** в электроприводах различных устройств, механизмов и машин, в том числе в приводах станков нормальной и повышенной точности, бытовых электроприборах, компрессорах и вентиляторах, в схемах автоматического управления, подъемно-транспортных машинах, в строительстве и т. п.

В числе **модификаций** серии Д имеются:

- ♦ электродвигатели с повышенным скольжением;
- ♦ многоскоростные; для применения в сельском хозяйстве (сельскохозяйственные);
- ♦ для применения на птицеводческих фермах.

Обозначения этих модификаций с учетом материала станины даны в **табл. 37.2**. В зависимости от изменения напряжения сети мощность электродвигателей со стандартной обмоткой меняется, как указано в **табл. 37.3**.

Модификации электродвигателей серии Д

Таблица 37.2

Модификация	Материал станины	
	чугун	алюминиевый сплав
С повышенным скольжением	дс	ДаС
Многоскоростной	Д...4/2*	Да...4/2*
Сельскохозяйственный	–	Да...С
Для птицеводческих ферм	Д...П	–

Примечание. * Дробью указано число полюсов.

Мощность двигателя в зависимости от напряжения

Таблица 37.3

Параметр	Величина			
Напряжение, % от номинального	80	84	90	100
Мощность, % от номинальной	80	84	90	100

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Трехфазные
асинхронные
электродвигатели
серии Д

ПРИМЕЧАНИЕ

При отклонении напряжения сети до 5 % от номинального электродвигатели могут работать без изменения номинальной мощности.

Мощность электродвигателей может быть изменена также и в зависимости от температуры окружающей среды, как указано в **табл. 37.4**. Технические данные электродвигателей основного исполнения серии Д приведены в **табл. 37.5**.

Мощность двигателя в зависимости от температуры

Таблица 37.4

Параметр	Величина				
Температура окружающего воздуха, °C	35	40	45	50	55
Мощность, % от номинальной	110	107	103	100	95

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Электродвигатель
асинхронный
с короткозам-
кнутым ротором
ДАТ-164-1000-2.85Ф
(фланцевый)

Электродвигатели асинхронные трехфазные серии ДАТ

Электродвигатели асинхронные с короткозамкнутым ротором ДАТ-164-1000-2.85Ф (фланцевый) предназначены для применения в промышленных приводах, приводах сельскохозяйственной и бытовой техники и средств малой механизации. Работают от сети переменного трехфазного тока частотой 50 или 60 Гц, напряжением 380 и 220/380 В и переменного однофазного тока частотой 50 или 60 Гц, напряжением 220 В.

Технические характеристики асинхронных трехфазных двигателей ДАТ-164 приведены в табл. 37.5. Технические характеристики асинхронных трехфазных электродвигателей ДАТ-600-6 и ДАТ-191 приведены в табл. 37.6.

Технические характеристики асинхронных трехфазных двигателей ДАТ-164

Таблица 37.5

Тип двигателя	Номинал. мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при U 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока k;	Маховый момент, кгс·м	Масса (Д/Да исполнение М 101), кг
						начального пускового, тп	максимального, тк			
		при нормальной нагрузке								
3000 об/мин										
Д71А2, Да71А2	0,37	2830	74,5	0,82	0,93	1,8	2,6	6	0,002	9/7,5
Д71В2, Да71В2	0,55	2830	76,5	0,83	1,32	1,8	2,5	6	0,0025	9,5/8
Д80А2, Да80А2	0,75	2790	77,5	0,86	1,7	1,9	2,4	6	0,004	14,5/11,5
Д80В2, Да80В2	1.1	2790	79,5	0,87	2,4	1,9	2,4	6	0,005	15,5/12,5
А90S2, Да90В2	1,5	2820	81	0,88	3,2	1,9	2,5	6	0,010	22,5/18,5
А90L2, Аа90L2	2,2	2820	82	0,89	4,6	1,9	2,5	6	0,012	26/21,5
Д100L2, Аа100L2	3	2850	84	0,89	6,1	2	2,5	7	0,023	31,5/26
Д112М2, Да112М2	4	2895	85,5	0,91	7,8	1,9	2,5	7	0,039	42,5/33,5
1500 об/мин										
Д71М, Да71М	0,25	1410	68	0,72	0,75	1,8	2,5	4,5	0,0025	-
Д71В4, Да71В4	0,37	1410	71	0,73	1,1	1,8	2,5	4,5	0,0032	9/7,5
Д80М, Да80М	0,55	1380	72	0,76	1,5	1,9	2,4	5	0,005	14/11
Д80В4, Да80В4	0,75	1380	73	0,79	2	1,9	2,4	5	0,0058	15/12
А90S4, Аа90S4	1.1	1400	78,5	0,82	2,6	1,7	2,5	6	0,014	22/18

Таблица 37.5 (продолжение)

Тип двигателя	Номинал. мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	Сила тока статора, А, при U 380 В	Кратность моментов		Кратность начального пускового тока к:	Момент, кгсм	Масса (Д/Да исполнение М 101), кг
						начального пускового, тп	максимального, тк			
Д90Л4, фл90Л4	1,5	1400	80	0,83	3,4	1,7	2,5	6	0,017	25,5/21
Д100ЛА4, Да100БА4	2,2	1400	81,5	0,81	5,1	2	2,5	6	0,026	31,5/26
Д100ЛВ4, Аа100ВЛ4	3	1400	82,5	0,83	6,6	2	2,5	6	0,031	35,5/30,5
Д112М4, Да112М4	4	1425	86	0,84	8,4	1,6	2,4	6	0,057	43/34
1000 об/мин										
Д80А6, Да80А6	0,37	910	67	0,65	1,3	1,9	2,3	4,0	0,0074	14,5/11,5
Д80В6, Да80В6	0,55	910	69	0,69	1,8	1,9	2,3	4,0	0,0088	15,5/12,5
А90С6, Да90С6	0,75	920	72	0,69	2,3	1,8	2,3	4,2	0,015	22/18
А90Л6, Да90Л6	1,1	920	74	0,74	3,05	1,8	2,3	4,2	0,016	26/21
Д100Л6, Да100Л6	1,5	930	78,5	0,75	3,9	1,8	2,5	6,5	0,035	32/26,5
Д112М6, Да112М6	2,2	950	83	0,77	5,2	1,4	2,4	6,5	0,063	42/33
750 об/мин										
Д100Л8, Да100Л8	0,75	695	69	0,64	2,6	1,1	1,8	4	0,03	30,5/25
Д100ЛВ8, Да 100ВЛ8	1,1	695	71	0,65	3,6	1,1	1,8	4	0,035	35/29,5
Д112М8, Да1-12М8	1,5	710	76,5	0,64	4,65	1,1	1,8	5	0,07	41,5/32,5

Технические характеристики асинхронных трехфазных электродвигателей ДАТ-600-6 и ДАТ-191

Таблица 37.6

Технические характеристики		ДАТ-600-6		ДАТ-191	
Сеть электропитания	напряжение	В	220/380	В	220
	частота	Гц	50	Гц	400
	число фаз	—	3	—	3
Ток потребляемый, не более		А	А	4,2/2,4	4,2/2,4
Мощность на валу		Вт	Вт	1600	1600
Вращающий момент		Н·м	Н·м	5,35	5,35
Частота вращения вала		об/мин	об/мин	2850	2850
Номинальный режим работы		Продолжительный			
Степень защиты		—	—	IP10	IP10
Вес		кг	кг	28	28

ДВИГАТЕЛИ АСИНХРОННЫЕ КОНДЕНСАТОРНЫЕ ДЛЯ БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

Двигатели однофазные асинхронные конденсаторные серии ДАК

Двигатели однофазные асинхронные ДАК 86 и ДАК 101 являются комплектующими для изделий бытового и промышленного назначения (электросоковыжималки, стиральные машины, электроинструмент и т. п.). Двигатели изготавливаются по ТУ 16-05755950-083-93.

Двигатели имеют следующие **условные обозначения**:

- ♦ ДАК — двигатель асинхронный конденсаторный;
- ♦ 86, 101 — размер корпуса двигателя, мм;
- ♦ 40, 60, 90, 120, 180 — номинальная мощность, Вт;
- ♦ 1,5; 3 — синхронная частота вращения, тыс. об/мин.

Исполнение двигателей **по способу монтажа по ГОСТ 2479**:

- ♦ IM3681 — любое направление вала с одним цилиндрическим концом;
- ♦ IM3682 — любое направление вала с двумя цилиндрическими концами;
- ♦ УХЛ4 — климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150.

Для двигателей ДАК 86-40-3, ДАК 86-60-3, ДАК 86-90-3 возможны исполнения **по способу монтажа**:

- ♦ IM8221 — вертикальный вал с одним цилиндрическим концом, выходной конец вала направлен вверх;
- ♦ IM9209 — горизонтальный вал с прочими исполнениями концов вала.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
однофазные асин-
хронные конденса-
торные серии ДАК

Номинальный режим работы продолжительный (S1) или повторно-кратковременный (S3) по ГОСТ 183. Класс нагревостойкости изоляции двигателей — В по ГОСТ 8865. Степень защиты двигателей — IP10 по ГОСТ 17494. Способ охлаждения двигателей — IC01 по ГОСТ 20459.

Электромеханические параметры двигателей для номинального напряжения 220 В и частоты 50 Гц приведены в табл. 38.1.

Технические параметры электродвигателей ДАК 86 и ДАК 101

Таблица 38.1

Типоразмер двигателя	P, кВт	Номинальная частота вращения, об/мин	КПД, %	cos φ	C _p , мкФ/В
ДАК 86-40-3	0,04	2700	45	0,95	4/400
ДАК 86-60-3	0,06	2700	45	0,95	4/500
ДАК 86-90-3	0,09	2700	52	0,90	4/500
ДАК 101-120-1,5	0,12	1380	52	0,85	6/500
ДАК 101-120-3	0,12	2700	52	0,80	15/250
ДАК101-180-1,5	0,18	1370	55	0,87	8/500
ДАК 101-180-3	0,18	2700	55	0,88	22/250

Двигатели однофазные асинхронные конденсаторные с распределительной обмоткой статора ДАК 130 общепромышленного назначения предназначены для нужд сельского хозяйства и для привода электробытовых приборов (стиральных машин, соковыжималок, мясорубок). Технические параметры электродвигателей ДАК 130 приведены в табл. 38.2.

Технические параметры электродвигателей ДАК 130

Таблица 38.2

Параметр показателя	ДАК 130-120-1,5	ДАК 130-120-3,0	ДАК 130-180-1,5
Номинальная мощность, Вт	120	120	180
Номинальная частота вращения, об/мин	1380	2700	1370
Номинальный ток, А	1,15 + 0,115	1,4 + 0,17	1,7 + 0,14
Емкость рабочего конденсатора, мкФ	8,0	15,0	8,0
Напряжение рабочего конденсатора, В	500	250	500
Потребляемая мощность XX, Вт, не более	152	220	220
Ток XX, А	1,08	1,76	1,71
Частота вращения XX, об/мин	1460	2950	1460
Номинальный момент, Н·м	0,83±0,01	0,425±0,01	1,25±0,02
КПД, не менее	0,52	0,48	0,55
Коэффициент мощности, не менее	0,85	0,78	0,87
Масса, кг, не более	3,95	3,1	4,85
Габаритные размеры, мм (без вала)	102 × 121	102 × 103	102 × 135

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные встраиваемые серии 2ДАВ

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные встраиваемые 2ДАВ71-4 предназначены для привода активатора бытовых стиральных машин.

Двигатели выпускаются: четырех конструктивных исполнений по способу монтажа (два — на подвесках, два — фланцевое) с заземляющим зажимом или без заземляющего зажима; правого вращения (с тремя выводными проводами) или реверсивные (с четырьмя выводными проводами); с подшипниками скольжения и подшипниками качения.

Номинальный режим работы — S3 — 60 %; вид климатического исполнения — УХЛ4; 04.

Технические параметры электродвигателей 2ДАВ71-4 приведены в табл. 38.3.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
асинхронные
однофазные серии
2ДАВ71-4

Технические параметры электродвигателей 2ДАВ71-4

Таблица 38.3

Параметр	Значение
Номинальная мощность, Вт	120; 180
Номинальное напряжение, В	220
Частота переменного тока, Гц	50
Номинальная частота вращения, об/мин	1380; 1420
Номинальный ток, А	1,15; 1,7
Отношение начального пускового вращающего момента к номинальному	0,6; 0,5
Отношение максимального вращающего момента к номинальному	1,75; 1,7
Отношение начального пускового тока к номинальному	2,5; 3,5
Емкость рабочего конденсатора, мкФ	8; 6
Напряжение рабочего конденсатора, В	350; 500
Масса двигателя, кг	4,2; 5,3

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные встраиваемые 2ДАВЦ предназначены для привода центрифуги бытовых стиральных машин. Электродвигатели имеют два способа подключения к сети:

- ♦ исполнение 1 — с клеммной колодкой;
- ♦ исполнение 2 — с тремя свободными проводами.

Двигатели могут изготавливаться с заземляющим зажимом или без него.

Номинальный режим работы — повторно-кратковременный. Длительность одного цикла — 6 мин, из них: 15 с — короткое замыкание

при номинальном напряжении (режим запуска и разгона центрифуги); 3 мин 45 с — рабочий режим с номинальной нагрузкой при номинальном напряжении; 2 мин — пауза.

Вид климатического исполнения — УХЛ4. Технические параметры электродвигателей 2ДАВЦ приведены в табл. 38.4.

Технические параметры электродвигателей 2ДАВЦ

Таблица 38.4

Параметр	Значение
Номинальная мощность, Вт	120
Номинальное напряжение, В	220
Частота переменного тока, Гц	50
Номинальная частота вращения, об/мин	2600
Номинальный ток, А	1,6
Отношение пускового вращающего момента к номинальному	1,78
Отношение максимального вращающего момента к номинальному	2,68
Отношение начального пускового тока к номинальному	2,4
Емкость рабочего конденсатора, мкФ	10
Напряжение рабочего конденсатора, В	500
Масса двигателя, кг	4,9

Электродвигатели асинхронные однофазные с пусковым конденсатором серии ДАО

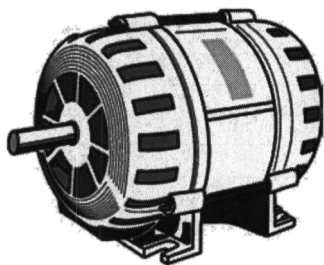


Рис. 38.1. Электродвигатель ДАО 165

Электродвигатели асинхронные однофазные с пусковым конденсатором ДАО 165 используются в качестве силовых приводов различных механизмов в бытовых и производственных условиях (рис. 38.1). По требованию заказчика двигатели могут поставляться разного исполнения по степени защиты и способу монтажа (фланцевое исполнение и на лапах).

Технические данные двигателей ДАО 165 приведены в табл. 38.5.

Технические данные двигателей ДАО 165

Таблица 38.5

Марка электродвигателя	Напряжение, В	Частота вращения, мин ⁻¹	Мощность, Вт	Масса, кг
ДАО 165-1100-3	220/380	2850	1100	15
ДАО 165-750-3	220/380	2850	750	12

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные ДАО-180С, С1, С2 и ДАО-120Ц предназначены для приводов активато-

ров и центрифуг стиральных машин. Технические характеристики приведены в табл. 38.6.

*Технические характеристики
асинхронных однофазных конденсаторных двигателей*

Таблица 38.6

Технические характеристики			ДАО-180С	ДАО-120Ц
Сеть электропитания	напряжение	В	220	220
	частота	Гц	50	50
Ток потребляемый, не более		А	1,6	1,2
Мощность на валу		Вт	180	120
Номинальный вращающий момент		Н·м	1,24	0,4
Частота вращения вала		об/мин	1400	2800
Номинальный режим работы	Повторно-кратковременный			
Длительность	рабочего периода	мин	6	5
	паузы	мин	4	4
Масса		кг	4,6	4,4

Однофазные конденсаторные электродвигатели ДАК160, АВЕ-07 и 6ФК.733.031

Однофазный конденсаторный электродвигатель ДАК160-120/60-3,0/0,5 предназначен для привода стиральных машин автоматов и полуавтоматов (рис. 38.2).

Однофазный конденсаторный электродвигатель АВЕ-07 применяется для привода механизмов и аппаратов (рис. 38.3).

Однофазный конденсаторный электродвигатель 6ФК.733.031 предназначен для привода бытовой техники, например активатора стиральной машины (рис. 38.4).

Технические характеристики однофазных конденсаторных электродвигателей приведены в табл. 38.7.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Однофазные
конденсаторные
электродвигатели

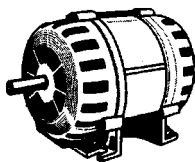


Рис. 38.2. Электродвигатель
ДАК160

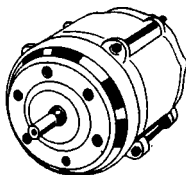


Рис. 38.3. Электродвигатель
АВЕ-07

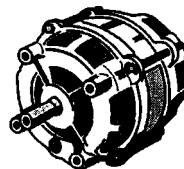


Рис. 38.4. Электродвигатель
6ФК.733.031

Технические характеристики однофазных конденсаторных электродвигателей

Таблица 38.7

Марка электродвигателя	Напряжение, В	Частота вращения, мин ⁻¹	Мощность, Вт	Масса, кг
ДАК 140-60-1,0	220	940	60	5,2
ДАК 125-120-1,5	220	1350	120	5
ДАК 160-120/60-3,0/0,5	220	2850/410	120/60	10
ДАК 130-130-3	220	2850	130	5,8
ДАК-50УХЛ4.2	220	2700	5	0,5
АВЕ-072-4	220	1350	250	6,3
АВЕ-072-2	220	2700	370	6,1
АВЕ-071-4	220	1350	180	5,5
6ФК.733.031	220	1350	180	4,9

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные АЗОК

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные АЗОК предназначены для привода различных устройств и механизмов машин.

Номинальный режим работы: продолжительный S1. Двигатели допускают работу в режимах S2, S3, S4 и S6. Вид климатического исполнения — У2.

Конструктивное исполнение по способу монтажа — IM1081; IM1281; IM2081; IM3081; IM3581. **Способ охлаждения:** ICA 0141.

Электродвигатели асинхронные однофазные конденсаторные АЗОК предназначены для привода различных устройств и механизмов машин.

Режим работы: продолжительный S1. Электродвигатели допускают работу в режимах S2, S3, S4 и S6.

Вид климатического исполнения: У2, УХЛ2, Т2.

Конструктивное исполнение по способу монтажа: АЗОК 71 - IM1081, IM2081, IM3081; АЗОК 80 - IM1281, IM2081, IM3581.

Степень защиты: корпуса и коробки выводов — IP54; кожуха наружного вентилятора — IP20.

Способ охлаждения: ICA0141.

Электродвигатели работают в любом направлении вращения. Класс нагревостойкости изоляции обмоток — В.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
асинхронные
однофазные конденсаторные АЗОК

ПРИМЕЧАНИЕ

Основное преимущество электродвигателей АЗОК перед аналогами заключается в их изготовлении по технологии взрывозащищенных электродвигателей, что обеспечивает высокое качество и повышенную эксплуатационную надежность.

Основные технические характеристики приведены в табл. 38.8.

Основные технические характеристики

Таблица 38.8

Типоразмер	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	cos φ	КПД, %	Емкость конденсатора, мкФ	Напряжение конденсатора, В	Масса, кг
АЗОК71А2	0,55	220	2790	0,96	70	10	450	11,0
АЗОК71В2	0,75	220	2790	0,98	72	16	450	11,0
АЗОК71А4	0,37	220	1350	0,90	60	10	450	11,0
АЗОК71В4	0,55	220	1380	0,80	60	20	450	11,0
АЗОК80А2	1,1	220	2790	0,93	72	20	450	22,0
АЗОК80В2	1,5	220	2790	0,96	70	20	450	22,0
АЗОК80М	0,75	220	1395	0,90	60	20	450	22,0
АЗОК80В4	1,1	220	1395	0,80	60	20	450	22,0

ДВИГАТЕЛИ АСИНХРОННЫЕ ОСОБОЙ КОНСТРУКЦИИ

|| Двигатели с повышенным скольжением серии 4АС

Двигатели с повышенным скольжением серии 4АС предназначены для привода механизмов с пульсирующей нагрузкой (компрессоров, прессов), механизмов, работающих в повторно-кратковременном (S3) и переключающемся (S6) режимах. Возможно использование двигателей в режимах S2 и S4.

Двигатели имеют **степень защиты IP44**, выпускаются в диапазоне высот оси вращения 71—250 мм на синхронные частоты вращения 3000, 1500, 1000, 750 об/мин.

ПРИМЕЧАНИЕ

Двигатели с повышенным скольжением имеют дополнительную букву С после обозначения серии, например, 4АС71А2У3.

ПРИМЕЧАНИЕ

4АС — это старое обозначение серии электродвигателей с повышенным скольжением, которая сейчас уже снята с производства. В настоящее время серию 4АС заменила серия с повышенным скольжением АИРС (АИРСМ, АДС, 5АС, АС и др). Размеры по крепежу у них полностью совпадают.

Серия 4АС пришла на замену электродвигателей с повышенным скольжением **серии АОС**, от них новая тогда серия 4АС отличалась габаритными и присоединительными размерами, в связи с чем случались проблемы при замене и обновлении двигателей на производстве.

ПРИМЕЧАНИЕ

Серия АОС до сих пор встречается на оборудовании и иногда нас просят поставить электродвигатель АОС, но мы можем предложить только современную серию АИРС. Современная серия электродвигателей АИРС и устаревшая 4АС меньше по размерам при тех же технических характеристиках. Причем, меньше и диаметр вала, что делает доработку оборудования довольно трудоемкой.

Серии АИРС и 4АС не отличаются ни по основным техническим характеристикам, ни по габаритным и присоединительным размерам, поэтому серия АИРС целиком и полностью может заменить серию 4АС. Основное отличие серии 4АС от АИРС — степень защиты электродвигателя.

Серия 4АС имела степень защиты IP44 (первая цифра 4 обозначает защиту от проникновения внутрь оболочки проволоки и от проникновения твердых тел размером более миллиметра, вторая цифра 4 — защита от брызг, вода разбрызгиваемая на оболочку изделия в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие).

Серия электродвигателей АИРС имеет степень защиты IP54, где цифра 5 обозначает защиту от проникновения внутрь оболочки пыли не полностью, но пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия.

Основные технические данные двигателей с повышенным скольжением приведены в табл. 39.1.

Основные технические данные
двигателей с повышенным скольжением

Таблица 39.1

Типоразмер	P_2 ном., кВт	КПД, %	$\cos \varphi$
Частота вращения 750 об/мин			
4АС71В8У3	0,3	50	0,61
4АС80А8У3	0,45	53,5	0,61
4АС80В8У3	0,6	58	0,63
4АС901А8У3	0,9	61	0,65
4АС901В8У3	1,2	65	0,64
4АС1001В8У3	1,6	69	0,63
4АС112МА8У3	2,2	68	0,65
4АС112МВ8У3	3,2	72	0,7
4АС132В8У3	4,5	76	0,7
4АС132М8У3	6	77	0,7
4АС160В8У3	9	81,5	0,8
Типоразмер	P_2 ном., кВт	КПД, %	$\cos \varphi$
Частота вращения 1000 об/мин			
4АС160М8У3	12,5	82,5	0,79
4АС180М8У3	15	83,5	0,83
4АС200М8У3	20	83,5	0,85
Частота вращения 1000 об/мин			
4АС71А6У3	0,4	62,5	0,7
4АС71В6У3	0,63	65	0,7
4АС80А6У3	0,8	61	0,68
4АС80В6У3	1,2	66,5	0,73
4АС901В6У3	1,7	71	0,72
4АС1001В6У3	2,6	75	0,76
4АС112МА6У3	3,2	72	0,74
4АС112МВ6У3	4,2	75	0,79

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Двигатель 4АС.
Электродвигатели
серии 4АС

Таблица 39.1 (продолжение)

Типоразмер	$P_{2\text{ ном}}$, кВт	КПД, %	$\cos \varphi$
4AC132S6Y3	6,3	79	0,8
4AC132M6Y3	8,5	80	0,8
4AC160S6Y3	12	82,5	0,85
4AC160M6Y3	16	84	0,85
4AC180M6Y3	19	84,5	0,9
4AC200M6Y3	22	83,5	0,92
4AC200L6Y3	28	85,5	0,91
4AC225M6Y3	33,5	81	0,91
4AC250B6Y3	40	89	0,9
4AC250M6Y3	45	86,5	0,88
Частота вращения 1500 об/мин			
4AC71A4Y3	0,6	68	0,73
4AC71B4Y3	0,8	68,5	0,75
4AC80A4Y3	1,3	68,5	0,82
4AC80B4Y3	1,7	70	0,82
4AC9014Y3	2,4	76	0,82
4AC10084Y3	3,2	76,5	0,82
4AC10014Y3	4,25	78	0,82
4AC112M4Y3	5,6	79	0,83
4AC13284Y3	8,5	82,5	0,85
4AC132M4Y3	11,8	84	0,85

Типоразмер	$P_{2\text{ ном}}$, кВт	КПД, %	$\cos \varphi$
4AC160S4Y3	17	84,5	0,86
4AC160M4Y3	20	87	0,87
4AC18084Y3	21	86	0,92
4AC180M4Y3	26,5	88,5	0,91
4AC200M4Y3	31,5	87,5	0,92
4AC2001.4Y3	40	89	0,93
4AC225M4Y3	50	87,5	0,92
4AC250S4Y3	56	87,5	0,92
4AC250M4Y3	63	87	0,93
Частота вращения 3000 об/мин			
4AC71A2Y3	1	72	0,87
4AC71B2Y3	1,2	72	0,83
4AC80A2Y3	1,9	75	0,87
4AC80B2Y3	2,5	76	0,87
4AC9012Y3	3,5	80	0,86
4AC100S2Y3	4,8	82	0,86
4AC10012Y3	6,3	82	0,86
4AC112M2Y3	8	84	0,84
4AC132M2Y3	11	84	0,89

Примечание. Энергетические показатели КПД и $\cos \varphi_0$ при нагрузке 100 %

Многоскоростные электродвигатели с фазным ротором серии 4А

Двигатели с фазным ротором серии 4АК предназначены для привода механизмов, требующих плавного регулирования частоты вращения вниз от номинальной (лебедки, волочильные станы), а также механизмов с особо тяжелыми условиями пуска (центрифуги, сепараторы):

- ♦ для механизмов, момент которых не зависит от частоты вращения, регулирование частоты вращения допускается в диапазоне $(1,0-0,8)n_{\text{ном}}$;
- ♦ для механизмов, момент которых изменяется по вентиляторной характеристике, регулирование частоты вращения допускается в диапазоне $(1,0-0,5)n_{\text{ном}}$.

Двигатели предназначены для работы от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 6000 В и 3000 В.

Пуск двигателей от полного напряжения сети с включенными в цепь ротора пусковыми сопротивлениями с помощью станции управления. Соединение двигателей с приводным механизмом осуществляется посредством упругой муфты. Двигатели имеют подшипники качения с пластичной смазкой.

Изоляционные материалы обмотки статора и ротора **класса нагревостойкости F** с температурным использованием по классу B. Изоляция обмотки статора термореактивная типа «Монолит-2».

Обмотка статора имеет шесть выводных концов, закрепленных на четырех изоляторах в коробке выводов. Соединение фаз обмоток — звезда.

Двигатели допускают правое и левое направление вращения. Изменение направления вращения осуществляется только из состояния покоя.

Отличительные характеристики и конструктивные особенности двигателей АК4:

- ♦ могут быть поставлены на замену ранее установленных электродвигателей серии АК, АКЗ 12 и 13 габарита, комплектно с переходной плитой или балками для установки без переделки фундамента;
- ♦ имеют оптимальное соотношение энергетических показателей и удельной материалоемкости;
- ♦ усиленная обшивка по сравнению с аналогами;
- ♦ полная унификация по статорам с электродвигателями А4 и ДАЗО4;
- ♦ возможна поставка в исполнении, позволяющем обеспечить подключение принудительной вентиляции;
- ♦ обеспечиваемая комплектная поставка с пусковой аппаратурой типа УПРФ, пускорегулирующей по типу ТПРС и по типу тиристорного коммутатора ТТРЕ, ТТРП.

Они имеют степени защиты IP44 (4АК) и IP23 (4АНК).

ПРИМЕЧАНИЕ

В обозначении двигателя имеют дополнительную букву К после условного обозначения степени защиты. Двигатели унифицированы с двигателями основного исполнения по конструкции статора.

Основные технические данные двигателей серии 4АК приведены в табл. 39.2, табл. 39.3.

Технические данные электродвигателей
с фазным ротором серии 4АК (степень защиты IP44)

Таблица 39.2

Типоразмер	Р, кВт	Энергетические показатели		I _{2 ном} , А	U ₂ , В
		КПД, %	cos φ		
Частота вращения 1500 об/мин					
4AK160S4Y3	11	86,5	0,86	22	305
4AK160M4Y3	14	88,5	0,87	29	300
4AK180M4Y3	18,5	89	0,88	38	295

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
АК 4 (200-1000 кВт)

Таблица 39.2

Типоразмер	Р, кВт	Энергетические показатели		I _{2 ном} , А	U ₂ , В
		КПД, %	cos φ		
4AK200M4Y3	22	90	0,87	45	340
4AK200M4Y3	30	90,5	0,87	55	350
4AK225M4Y3	37	90	0,87	160	160
4AK250SA43	45	91	0,88	170	230
4AK2508B4Y3	55	90,5	0,9	170	200
4AK250M4Y3	71	91,5	0,86	170	250
Частота вращения 1000 об/мин					
4AKT60S6Y3	7,5	82,5	0,77	18	300
4AK160M6Y3	10	84,5	0,76	20	310
4AK180M6Y3	13	85,5	0,8	25	325
4AK200M6Y3	18,5	88	0,81	35	360
4AK20016Y3	22	88	0,8	45	330
4AK225M6Y3	30	89	0,85	150	140
4AK250S6Y3	37	89	0,84	165	160
4AK250M6Y3	45	90,5	0,87	160	180
Частота вращения 750 об/мин					
4AK160S8Y3	5,5	80	0,7	14	300
4AK160M8Y3	7,1	82	0,7	16	290
4AK180M8Y3	11	85,5	0,72	25	270
4AK200M8Y3	15	86	0,7	28	360
4AK200M8Y3	18,5	86	0,73	40	300
4AK225M8Y3	22	87	0,82	140	102
4AK25088Y3	30	88,5	0,81	155	125
4AK250M8Y3	37	89	0,8	155	148

Технические данные электродвигателей
с фазным ротором серии 4AK (степень защиты IP23)

Таблица 39.3

Типоразмер	P _{2 ном} кВт	Энергетические показатели		I _{2 ном} А	U ₂ В
		КПД, %	cos φ		
Частота вращения 1500 об/мин					
4АНК160З4У3	14	86,5	0,85	27	330
4АНК160М4У3	17	88	0,87	34	315
4АНК180S4У3	22	87	0,86	43	300
4АНК180М4У3	30	88	0,81	63	290
4АНК200М4У3	37	90	0,88	62	360
4АНК200Ц4У3	45	90	0,88	75	375
4АНК225М4У3	55	89,5	0,87	200	170
4АНК2503А4У3	75	90	0,88	250	180
4АНК2508В4У3	90	91,5	0,87	260	220
4АНК250М4У3	110	92	0,9	260	250
4АНК280З4У3	132	92	0,88	330	251
4АНК280М4У3	160	92,5	0,88	330	300
4АНК315S4У3	200	93	0,89	396	312
4АНК315М4У3	250	93	0,9	425	360
4АНК355В4У3	315	93,5	0,9	460	420
4АНК355М4У3	400	94	0,9	485	505

Таблица 39.3

Типоразмер	P _{2 ном.} кВт	Энергетические показатели		I _{2 ном.} А	U ₂ , В
		КПД, %	cos φ		
Частота вращения 1000 об/мин					
4АНК180S6Y3	13	83,5	0,81	42	205
4АНК200M6Y3	22	88	0,81	37	380
4АНК200L6Y3	30	88,5	0,82	46	375
4АНК225M6Y3	37	89	0,86	180	140
4АНК250SA6Y3	45	89,5	0,86	200	155
4АНК250S8Y3	55	91	0,88	185	190
4АНК250M6Y3	75	91,5	0,85	200	250
4АНК280S6Y3	90	91	0,88	277	202
4АНК280M6Y3	110	91,5	0,87	297	230
4АНК315S6Y3	132	92	0,88	320	257
4АНК315M6Y3	160	92,5	0,88	352	291
4АНК355S6Y3	200	93	0,89	411	304
4АНК355M6Y3	250	93	0,89	401	380
Частота вращения 750 об/мин					
4АНК200M8Y3	18,5	86	0,78	30	380
4АНК200L8Y3	22	87	0,79	40	330
4АНК225M8Y3	30	86,5	0,8	165	120
4АНК250SA8Y3	37	87,5	0,8	190	115
4АНК250S8Y3	45	89	0,82	190	140
4АНК250M8Y3	55	89,5	0,83	185	190
4АНК280S8Y3	75	90,5	0,84	257	190
4АНК280M8Y3	90	90,5	0,84	267	214
4АНК315S8Y3	110	91,5	0,84	311	225
4АНК315M8Y3	132	92	0,84	364	247
4АНК355S8Y3	160	92,5	0,86	353	285
4АНК355M8Y3	200	92,5	0,86	359	350
Частота вращения 600 об/мин					
4АНК280S10Y3	45	89	0,78	178	162
4АНК280M10Y3	55	89,5	0,79	180	185
4АНК315S10Y3	75	90	0,8	221	217
4АНК315M10Y3	90	90,5	0,81	223	260
4АНК355S10Y3	110	90,5	0,81	242	283
4АНК355M10Y3	132	91	0,81	257	330
Частота вращения 500 об/мин					
4АНК315S12Y3	55	89	0,75	235	165
4АНК315M12Y3	75	90	0,75	221	207
4АНК355S12Y3	90	89,5	0,73	259	222
4АНК355M12Y3	110	90	0,73	265	265

Многоскоростные двигатели предназначены для привода механизмов, требующих ступенчатого регулирования частоты вращения. Степень защиты двигателей IP44. Габаритные, установочные и присоединительные размеры двигателей соответствуют односкоростным двигателям, на базе которых они спроектированы.

В обозначении многоскоростных двигателей приводятся все числа полюсов, на которые переключаются обмотки.

ПРИМЕР

A200M12/8/6/4УЗ – четырехскоростной двигатель с числами полюсов 12/8/6/4.

Основные технические данные многоскоростных электродвигателей приведены в табл. 39.4—39.6.

Технические данные двухскоростных электродвигателей

Таблица 39.4

Тип двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	cos φ
Частоты вращения 1500/3000 об/мин				
4AA56A4/2УЗ	4/2	0,1/0,14	45/50	0,61/0,7
4AA56B4/2УЗ	4/2	0,12/0,18	49/57	0,62/0,72
4AA63A4/2УЗ	4/2	0,19/0,265	55/61	0,66/0,75
4AA63B4/2УЗ	4/2	0,224/0,37	57/61	0,7/0,88
4A71A4/2УЗ	4/2	0,45/0,75	64/67	0,73/0,89
4A71B4/2УЗ	4/2	0,63/0,95	67/69	0,75/0,89
4A80A4/2УЗ	4/2	1,1/1,5	73/72	0,79/0,89
4A90A4/2УЗ	4/2	1,5/2	76/74	0,81/0,86
4A901B4/2УЗ	4/2	2/2,5	77/77	0,86/0,89
4A100S4/2УЗ	4/2	2,65/3,4	80/77	0,82/0,91
4A100A4/2УЗ	4/2	3,2/4,2	82/80	0,82/0,92
4A112M4/2УЗ	4/2	4,2/5	82/77	0,84/0,89
4A132M4/2УЗ	4/2	6/6,7	84/78	0,87/0,9
4A132M4/2УЗ	4/2	8,5/9,5	86/81	0,88/0,9
4A160B4/2УЗ	4/2	11/14	85/83	0,85/0,92
4A160M4/2УЗ	4/2	14/17	87/84	0,87/0,92
4A180S4/2УЗ	4/2	18/21	88,5/85	0,9/0,93
4A180M4/2УЗ	4/2	22/26,5	90/86	0,9/0,93
4A200L4/2УЗ	4/2	33,5/37	91/87	0,87/0,89
4A225M4/2УЗ	4/2	42,5/45	92/86	0,85/0,87
4A250S4/2УЗ	4/2	50/60	93/87	0,86/0,89
4A250M4/2УЗ	4/2	60/71	93/88	0,87/0,9
Частоты вращения 1000/1500 об/мин				
4A90L6/4УЗ	6/4	1,3/1,4	73/75	0,72/0,75
4A100S6/4УЗ	6/4	1,8/2,1	77/78	0,7/0,86
4A100L6/4УЗ	6/4	2,5/2,8	80/80	0,71/0,87
4A112M6/4УЗ	6/4	2,8/3,2	76/76	0,68/0,86
4A132S6/4УЗ	6/4	4/4,5	80/79	0,68/0,85
4A132M5/4УЗ	6/4	6/6,2	83/81,1	0,68/0,85
4A160S6/4УЗ	6/4	7,1/8,5	80/79	0,68/0,85
4A160M6/4УЗ	6/4	11/13	83/81,1	0,68/0,85
4A180M6/4УЗ	6/4	13/17	85,5/86	0,75/0,89
4A200M6/4УЗ	6/4	17/22	86,5/87	0,78/0,89

Таблица 39.4 (продолжение)

Тип двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	cos φ
Частоты вращения 750/1500 об/мин				
4A90L8/4Y3	8/4	0,63/1	73/75	0,72/0,85
4A100S8/4Y3	8/4	1/1,7	68/80	0,61/0,87
4A100S8/4Y3	8/4	1,4/2,4	69/81	0,62/0,89
4A112M8/4Y3	8/4	1,9/3	72/75	0,71/0,89
4A112MB8/4Y3	8/4	2,2/3,6	75/77	0,69/0,88
4A13218/4Y3	8/4	3,2/5,3	77/80	0,71/0,9
4A132M8/4Y3	8/4	4,2/7,1	80/82	0,72/0,9
4A160S8/4Y3	8/4	6/9	76,5/84	0,69/0,92
4A160M8/4Y3	8/4	9/13	79/86,5	0,69/0,91
4A180M8/4Y3	8/4	13/18	84,6/87,5	0,76/0,92
4A200M8/4Y3	8/4	17/25	86/87	0,75/0,91
4A200M8/4Y3	8/4	20/28	87/88	0,77/0,91
4A225M8/4Y3	8/4	22,4/33,5	87/87	0,69/0,88
4A250M8/4Y3	8/4	30/45	89,5/88,5	0,75/0,9
4A250M8/4Y3	8/4	37/55	89,5/89,5	0,75/0,9
Частоты вращения 750/1000 об/мин				
4A10088/6Y3	8/6	0,7/0,9	65/75	0,56/0,71
4A100L8/6Y3	8/6	1/1,3	65/76	0,63/0,76
4A112M8/6Y3	8/6	1/1,3	65/69	0,74/0,81
4A112MB8/6Y3	8/6	1,4/1,7	66,5/71	0,76/0,81
4A132S8/6Y3	8/6	2,4/2,6	73/75,5	0,72/0,76
4A132M8/6Y3	8/6	2,8/3,2	75/76,5	0,72/0,76
4A160S8/6Y3	8/6	7,1/8,5	82/81	0,76/0,85
4A160M8/6Y3	8/6	9,5/11	85/85	0,74/0,83
4A180M8/6Y3	8/6	13/15	85/88	0,62/0,82
4A200M8/6Y3	8/6	15/18	85,5/88,5	0,66/0,8
4A200L8/6Y3	8/6	18,5/22	86/89	0,73/0,82
4A225M8/6Y3	8/6	22/30	86,5/89	0,66/0,8
4A250S8/6Y3	8/6	30/37	89,5/81	0,7/0,8
4A250M8/6Y3	8/6	40/55	89,5/91	0,71/0,81
Частоты вращения 500/1000 об/мин				
4A180M12/6Y3	12/6	6,7/11	76/84	0,66/0,89
4A200M12/6Y3	12/6	9/14	77,5/88	0,55/0,86
4A200L12/6Y3	12/6	10/17	80/88,5	0,56/0,86
4A225M12/6Y3	12/6	12,5/22	81,5/88	0,57/0,86
4A250M12/6Y3	12/6	16/28	83/90	0,53/0,85
4A250M12/6Y3	12/6	18,5/35,5	83,5/89,5	0,54/0,85

Технические данные трехскоростных электродвигателей

Таблица 39.5

Тип двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	cos φ
Частоты вращения 1000/1500/3000 об/мин				
4A100S6/4/2Y3	6/4/2	1/1,1/1,5 1	69/66/67	0,6/0,76/0,9
4A100L6/4/2Y3	6/4/2	1,4/1,5/2,1	69/71/72	0,62/0,76/0,9
4A112M6/4/2Y3	6/4/2	1,6/2,2/2,8	71/76/71	0,76/0,84/0,9

Таблица 39.5 (продолжение)

Тип двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	cos φ
4A132S6/4/2Y3	6/4/2	2,8/3,6/4,2	76,5/79,5/71,5	0,76/0,85/0,9
4A132M6/4/2Y3	6/4/2	3,8/5/6	78,5/81/76	0,76/0,87/0,9
4A160S6/4/2Y3	6/4/2	4,8/5,3/7,5	79,5/81/76	0,82/0,85/0,92
4A160M6/4/2Y3	6/4/2	6,7/7,5/10,5	81,5/83/78,5	0,8/0,86/0,93
Частоты вращения 750/1500/3000 об/мин				
4A100S8/4/2Y3	8/4/2	0,63/1,1/1,5	58/66/67	0,59/0,76/0,9
4A100S8/4/2Y3	8/4/2	0,9/1,5/2,1	66/71/72	0,64/0,76/0,9
4A112M8/4/2Y3	8/4/2	1,1/1,9/2,2	65/72,5/67,5	0,68/0,85/0,9
4A132S8/4/2Y3	8/4/2	1,8/3/3,6	70/77,5/69	0,65/0,82/0,87
4A132M8/4/2Y3	8/4/2	2,4/4,5/5	72,5/79,5/71,5	0,66/0,82/0,87
4A160S8/4/2Y3	8/4/2	3,8/4,25/6,3	76/81,5/76,5	0,72/0,84/0,93
4A160M8/4/2Y3	8/4/2	5/7,1/9,5	78/84,5/80,5	0,71/0,87/0,93
Частоты вращения 750/1000/1500 об/мин				
4A100S8/6/4Y3	8/6/4	0,71/0,9/1,3	59/65/69	0,62/0,71/0,82
4A100L8/6/4Y3	8/6/4	0,9/1,2/1,7	61/68/71	0,63/0,71/0,83
4A112MA8/6/4Y3	8/6/4	1,1/1/1,5	65/62/72	0,69/0,77/0,89
4A112MB8/6/4Y3	8/6/4	1,4/1,2/2,1	63,5/68,5/71	0,69/0,77/0,89
4A132S8/6/4Y3	8/6/4	1,9/2,2/3,2	69,5/73,5/74	0,72/0,77/0,9
4A132M8/6/4Y3	8/6/4	2,6/2,8/4,5	72,5/75/77,5	0,72/0,78/0,9
4A160S8/6/4Y3	8/6/4	4/4,5/7,5	74,5/76/80,5	0,63/0,75/0,9
4A160M8/6/4Y3	8/6/4	5/6,3/10	76,5/77/82	0,62/0,73/0,9
4A180M8/6/4Y3	8/6/4	8/10/12,5	78/83,5/83	0,73/0,81/0,92
4A200M8/6/4Y3	8/6/4	11/12/18,5	82/82,5/85	0,69/0,79/0,91
4A200L8/6/4Y3	8/6/4	14/15/21	83/85,5/85,5	0,7/0,81/0,92
4A225M8/6/4Y3	8/6/4	17/18,5/25	86/86/86,5	0,76/0,85/0,82
4A250B8/6/4Y3	8/6/4	20/22/30	88/85,5/87	0,77/0,75/0,92
4A250M8/6/4Y3	8/6/4	25/28/37	86,5/87,5/87	0,71/0,82/0,9

Технические данные четырехскоростных электродвигателей

Таблица 39.6

Тип двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	cos φ
Частоты вращения 750/1000/1500/3000 об/мин				
4A100S8/6/4/2Y3	8/6/4/2	0,5/0,63/0,9/1,1	53/52/62/57	0,58/0,57/0,78/0,87
4A100L8/6/4/2Y3	8/6/4/2	0,71/0,85/1/1,4	58/55/62/58	0,57/0,55/0,76/0,87
Частоты вращения 500/750/1000/1500 об/мин				
4A160M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	1,8/4/4,25/6,7	56,5/67/76/79	0,45/0,63/0,84/0,9
4A180M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	3/5/6/8	63/75/80/81	0,55/0,67/0,85/0,89
4A200M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	5/8/8,5/12	72/80/82,5/82,5	0,6/0,7/0,87/0,9
4A200L12/8/6/4Y3	12/8/6/4	6/10/10,5/15	72/81/83/83,5	0,55/0,72/0,86/0,91
4A225M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	7,1/12,5/13/20	75,5/82/84,5/83,5	0,58/0,65/0,87/0,89
4A250M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	9/17/18,5/26,5	76/84,5/84/84,5	0,57/0,74/0,87/0,91
4A250M12/8/6/4Y3	12/8/6/4	12/22/24/30	77/85,5/86/85,5	0,54/0,75/0,87/0,9

Асинхронные двигатели с фазным ротором АК2 и АОК2

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
с фазным ротором
АОК2 и АК2

Электродвигатели с фазным ротором АК2 и АОК2 применяют в приводах, требующих плавного регулирования частоты вращения вниз от синхронной, когда нужно осуществлять плавный пуск или когда мощность питающей сети недостаточна для обеспечения пуска двигателей с короткозамкнутым ротором.

Номинальные мощности электродвигателей с фазным ротором АОК2 и АК2 представлены в табл. 39.7.

Номинальные мощности электродвигателей с фазным ротором АОК2 и АК2

Таблица 39.7

Тип двигателя	Мощность на валу, кВт, при синхронной частоте вращения, об/мин		
	1500	1000	750
АОК2			
АОК2-41	3	2,2	-
АОК2-42	4	3	-
АОК2-51	5,5	4	-
АОК2-52	7,5	5,5	-
АОК2-61	10	7,5	5,5
АОК2-62	13	10	7,5
АОК2-71	17	13	10
АОК2-72	22	17	13

Тип двигателя	Мощность на валу, кВт, при синхронной частоте вращения, об/мин		
	1500	1000	750
АК2			
АК2-81	30	22	17
АК2-82	40	30	22
АК2-91	55	40	30
АК2-92	75	55	40
АК2			
АК2-81	40	30	22
АК2-82	55	40	30
АК2-91	76	55	40
АК2-92	100	75	75

Технические данные электродвигателей с фазным ротором АК2 представлены в табл. 39.8. Технические данные электродвигателей с фазным ротором АОК2 представлены в табл. 39.9.

Технические данные электродвигателей с фазным ротором АК2

Таблица 39.8

Тип	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока при напряжении 380 В, А	КПД, %	cos φ	Сила тока ротора, А	Напряжение ротора, В	Маховый момент ротора, кг·м²
		при номинальной нагрузке						
Частота вращения 1500 об/мин								
AK2-81-4	40	1440	80,4	90	0,84	225	110	2,6
AK2-82-4	55	1440	109,5	90,5	0,84	200	160	3,3
AK2-91-4	75	1450	148	90,5	0,85	260	185	3,8
AK2-92-4	100	1450	198	90,5	0,85	275	235	4,5
Частота вращения 1000 об/мин								
AK2-81-6	30	960	61	89	0,84	150	125	4,7

Таблица 39.8 (продолжение)

Тип	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока при напряжении 380 В, А	КПД, %	cos φ	Сила тока ротора, А	Напряжение ротора, В	Маховый момент ротора, кг·м²
		при номинальной нагрузке						
AK2-82-6	40	960	80,4	89	0,85	155	165	5,7
AK2-91-6	55	960	109	89	0,86	240	150	6,5
AK2-92-6	75	960	146	90,5	0,86	220	215	8,5
Частота вращения 750 об/мин								
AK2-81-8	22	720	48,4	87,5	0,79	150	95	4,5
AK2-82-8	30	720	65,8	87,5	0,79	150	130	5,7
AK2-91-8	40	720	85,7	87,5	0,81	225	120	6,4
AK2-92-8	55	725	114,8	90	0,81	200	160	9,1

Технические данные электродвигателей с фазным ротором АОК2

Таблица 39.9

Тип	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Сила тока при напряжении 380 В, А	КПД, %	cos φ	Сила тока ротора, А	Напряжение ротора, В
		при номинальной нагрузке					
Частота вращения 1500 об/мин							
AOK2-41-4	3	1410	6,7	83	0,82	13	185
AOK2-42-4	4	1420	8,8	83,5	0,82	14	255
AOK2-51-4	5,5	1420	12,3	83,5	0,82	36	100
AOK2-52-4	7,5	1420	16,4	85	0,82	39	126
AOK2-61-4	10	1420	21,6	85	0,82	40	160
AOK2-62-4	13	1420	28	86	0,82	46	198
AOK2-71-4	17	1430	35,1	88	0,83	49,3	215
AOK2-72-4	22	1430	45,2	88,5	0,83	50,1	275
AOK2-81-4	30	1450	61	88,5	0,83	50	210
Частота вращения 1000 об/мин							
AOK2-41-6	2,2	930	5,7	80	0,73	16	133
AOK2-42-6	3	940	7,6	82	0,73	17	185
AOK2-51-6	4	955	9,8	83	0,75	32	76
AOK2-52-6	5,5	955	13	84	0,76	34	100
AOK2-61-6	7,5	960	16,5	84	0,82	35	140
AOK2-62-6	10	960	21,4	85	0,83	36	100
AOK2-71-6	13	960	27,2	87	0,83	42,6	195
AOK2-72-6	17	960	34,7	88	0,84	44,6	230
Частота вращения 750 об/мин							
AOK2-51-8	3	710	8,3	80,5	0,68	30	61
AOK2-52-8	4	710	10,6	81	0,7	28	85
AOK2-61-8	5,5	710	14,1	82	0,72	32	115
AOK2-62-8	7,5	710	19	83	0,72	37,5	150
AOK2-72-8	13	715	32	85,5	0,72	50	185

Двигатели с встроенным электромагнитным тормозом

Электродвигатели со встроенным электромагнитным тормозом предназначены для привода механизмов, требующих фиксированного останова в определенное время (металлообрабатывающие станки, грузоподъемные машины).

Как правило, устанавливаются на оборудовании, которому необходима возможность практически мгновенной остановки. Чаще всего это станочное или конвейерное оборудование, у которого остановка необходима из соображений техники безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Эти двигатели отличаются от двигателей основного исполнения наличием специального тормозного устройства, в котором торможение осуществляется под действием пружин, прижимающих фрикционные накладки подвижного тормозного диска к неподвижному элементу. Двигатель растормаживается при подаче напряжения на двигатель и катушку тормозного электромагнита, когда якорь притягивается к последнему. В связи с этим, от общепромышленных двигатели с электромагнитным тормозом отличаются только длиной (на них ставится специальный удлиненный кожух), все посадочные и присоединительные размеры сохраняются.

Разные заводы-изготовители могут по-разному маркировать тормозной двигатель, встречаются такие серии: А, АИР, 5А, 5АИ, 5АМ, АДМ, АД, АИРМ и другие, при этом все они полностью взаимозаменяемы. Ранее выпускались тормозные двигатели серий 4А, 4АА, 4АМА, 4АМУ, АО, АО2, АОЛ и т. д., они легко заменяются современными и только очень старые могут быть несколько большего размера. В обозначении на тормоз указывает буква «Е» после количества полюсов: АИР250М8Е.

Возможные исполнения двигателя:

- ♦ общего назначения (Е);
- ♦ с ручным растормаживанием (Е2).

Питание тормоза:

- ♦ независимое (ЕН);
- ♦ независимое и ручное растормаживание (ЕН2);
- ♦ зависимое;
- ♦ 220 В;
- ♦ 380 В.

Степень защиты двигателей — IP44.

ПРИМЕЧАНИЕ

За основу электродвигателя с тормозом может быть взят не только стандартный общепромышленный двигатель, но и с повышенным скольжением или многоскоростной.

Технические характеристики электродвигателей со встроенным электромагнитным тормозом представлны в табл. 39.10.

Технические характеристики электродвигателей
со встроенным электромагнитным тормозом

Таблица 39.10

Электродвигатель	Мощность, кВт	Частота вращ. вала, об/мин	Ток статора, А	КПД, %	Коеф. Мощности	Ипуск/ Ином.	Тормоз. Мом. ном./ макс.	Масса исп.1081, кг
AIP56A2E (E2)	0,18	3000	0,55	62	0,8	5,5		4,7
AIP56A4E (E2)	0,12	1500	0,54	53	0,63	4,4		4,9
AIP56B2E (E2)	0,25	3000	0,72	65	0,81	5,5		4,5
AIP56B4E (E2)	0,18	1500	0,73	56	0,67	4,4		4,7
AIP63A2E (E2)	0,37	3000	0,99	70,0	0,81	6,1	2/4	10,6
AIP63B2E (E2)	0,55	3000	1,4	73,0	0,82	6,1	2/4	11,1
AIP63A4E (E2)	0,25	1500	0,79	65,0	0,74	5,2	2/4	10,6
AIP63B4E (E2)	0,37	1500	1,12	67,0	0,75	5,2	2/4	11,1
AIP63A6E (E2)	0,18	1000	0,74	56,0	0,66	4,0	2/4	11,1
AIP63B6E (E2)	0,25	1000	0,94	59,0	0,68	4,0	2/4	11,6
AIP71A2E (E2)	0,75	3000	1,77	71,0	0,90	6,1	4/6	11,9
AIP71B2E (E2)	1,1	3000	2,5	73,0	0,91	6,1	4/6	14,1
AIP71A4E (E2)	0,55	1500	1,67	70,5	0,71	5,2	4/6	12
AIP71B4E (E2)	0,75	1500	2,18	72,5	0,72	6,0	4/6	14
AIP71A6E (E2)	0,37	1000	1,2	67,0	0,69	4,7	4/6	13,7
AIP71B6E (E2)	0,55	1000	1,73	69,0	0,70	4,7	4/6	14,7
AIP71B8E (E2)	0,25	750	1,27	50,0	0,60	3,3	4/6	14,1
AIP80A2E (E2)	1,5	3000	3,4	79,0	0,84	7,0	7,5/9	19,1
AIP80B2E (E2)	2,2	3000	4,8	81,0	0,85	7,0	7,5/9	23,1
AIP80A4E (E2)	1,1	1500	2,9	75,0	0,77	6,0	7,5/9	19,3
AIP80B4E (E2)	1,5	1500	3,7	78,0	0,79	6,0	7,5/9	21,6
AIP80A6E (E2)	0,75	1000	2,3	69,0	0,72	5,5	7,5/9	19,3
AIP80B6E (E2)	1,1	1000	3,2	72,0	0,73	5,5	7,5/9	23,1
AIP80A8E (E2)	0,37	750	1,5	62,0	0,61	4,0	7,5/9	20,6
AIP80B8E (E2)	0,55	750	2,17	63,0	0,61	4,0	7,5/9	25,6
AIP90L2E (E2)	3	3000	6,2	83,0	0,89	7,5	15/17	27,8
AIP90L4E (E2)	2,2	1500	5,3	78,0	0,82	7,0	15/17	37,3
AIP90L6E (E2)	1,5	1000	4,1	75,0	0,75	5,5	15/17	28,8
AIP90LA8E (E2)	0,75	750	2,17	75,0	0,73	4,0	15/17	29,8
AIP90LB8E (E2)	1,1	750	3	77,0	0,72	4,0	15/17	29,8
AIP100S2E (E2)	4	3000	8,1	84,0	0,89	7,5	30/35	38,3
AIP100L2E (E2)	5,5	3000	11	85,0	0,89	7,5	30/35	42,3
AIP100S4E (E2)	3	1500	6,80	82,0	0,82	7,0	30/35	39,8
AIP100L4E (E2)	4	1500	8,8	82,0	0,84	7,0	30/35	42,3

Таблица 39.10

Электродвигатель	Мощность, кВт	Частота вращ. вала, об/мин	Ток статора, А	КПД, %	Коеф. Мощности	Ипуск/Ином.	Тормоз. Мом. ном./ макс.	Масса исп.1081, кг
AIP100L6E (E2)	2,2	1000	5,6	76,0	0,76	6,5	30/35	38,3
AIP100L8E (E2)	1,5	750	4,6	74,0	0,67	5,0	30/35	42,3
AIP112M2E (E2)	7,5	3000	15,07	86,0	0,88	7,5	40/50	52,9
AIP112M4E (E2)	5,5	1500	11,7	86,0	0,83	7,0	40/50	74,9
AIP112MA6E (E2)	3	1000	7,3	81,0	0,77	6,5	40/50	55,4
AIP112MB6E (E2)	4	1000	9,6	81,0	0,78	6,5	40/50	59,9
AIP112MA8E (E2)	2,2	750	6,3	76,0	0,69	6	40/50	50,4
AIP112MB8E (E2)	3	750	8,1	80	0,71	6,0	40/50	58,4
AIP132S4E (E2)	7,5	1500	15,6	87,2	0,84	7,0	75/85	86,6
AIP132S6E (E2)	5,5	1000	12,9	84,0	0,77	6,5	75/85	82,6
AIP132S8E (E2)	4	750	10,5	83,0	0,7	6		63
AIP132M2E (E2)	11	3000	31,1	88,0	0,9	7,5		74
AIP132M4E (E2)	11	1500	21,4	88,5	0,88	7		85
AIP132M6E (E2)	7,5	1000	16,5	85,5	0,81	5,5		88
AIP132M8E (E2)	5,5	750	13,6	85,5	0,81	6		88
AIP160S2E (E2)	15	3000	28,8	89,0	0,89	7,5	150/160	137
AIP160M2E (E2)	18,5	3000	34,7	90,0	0,90	7,5	150/160	160
AIP160S4E (E2)	15	1500	30,1	89,0	0,85	7,5	150/160	154
AIP160M4E (E2)	18,5	1500	36	90,5	0,86	7,5	150/160	169
AIP160S6E (E2)	11	1000	24,2	87,5	0,79	6,5	150/160	153
AIP160M6E (E2)	15	1000	33	89,0	0,78	7,0	150/160	173
AIP160S8E (E2)	7,5	750	17,8	85,5	0,75	6,0	150/160	151
AIP160M8E (E2)	11	750	24,9	87,0	0,77	6,6	150/160	171
AIP180S2E (E2)	22	3000	41	90,5	0,90	7,5	200/220	205
AIP180M2E (E2)	30	3000	55	91,4	0,90	7,5	200/220	238
AIP180S4E (E2)	22	1500	43,2	91,0	0,85	7,5	200/220	210
AIP180M4E (E2)	30	1500	56,3	91,4	0,86	7,2	200/220	236
AIP180M6E (E2)	18,6	1000	19	89,0	0,78	7		154
AIP180M8E (E2)	15	750	14,3	87,0	0,77	6,6		152
AIP200M2E (E2)	37	3000	67,9	92,0	0,90	7,5	300/330	302
AIP200L2E (E2)	45	3000	82,3	92,3	0,90	7,5	300/330	338
AIP200M4E (E2)	37	1500	70,9	91,0	0,92	7,2	300/330	304
AIP200L4E (E2)	45	1500	85	92,6	0,87	7,2	300/330	336
AIP200M6E (E2)	22	1000	44,7	90,0	0,83	7,0	300/330	289
AIP200L6E (E2)	30	1000	59,6	90,0	0,85	7,0	300/330	284
AIP200M8E (E2)	18,5	750	39	89,0	0,81	6,6	300/330	291
AIP200L8E (E2)	22	750	45,8	90,0	0,81	6,6	300/330	306
AIP225M2E (E2)	55	3000	58	92,5	0,91	7,5		318
AIP225M4E (E2)	55	1500	58,8	92	0,89	8,2		331
AIP225M6E (E2)	37	1000	42	91,0	0,85	7		290
AIP225M8E (E2)	30	750	35,9	90,5	0,81	6,6		307
AIP250S2E (E2)	75	3000	78	92,5	0,91	7,5		395
AIP250S4E (E2)	75	1500	81,2	94	0,86	7,2		400
AIP250S6E (E2)	45	1000	49,5	92,5	0,87	7		365

Таблица 39.10

Электродвигатель	Мощность, кВт	Частота вращ. вала, об/мин	Ток статора, А	КПД, %	Кэф. Мощности	Ипуск/ Ином.	Тормоз. Мом. ном./ макс.	Масса исп.1081, кг
AIP250S8E (E2)	37	750	45	92,0	0,78	6,6		390
AIP250M2E (E2)	90	3000	93,1	93	0,91	7,5		410
AIP250M4E (E2)	90	1500	96,3	94,0	0,7	7,2		430
AIP250M6E (E2)	55	1000	60,5	92,5	0,86	7		400
AIP250M8E (E2)	45	750	54	92,5	0,79	6,6		410
AIP280S2E (E2)	110	3000	34	93,5	0,9	7,1		520
AIP280S4E (E2)	110	1500	116	95,1	0,87	6,9		590
AIP280S6E (E2)	75	1000	80,8	94,5	0,86	7		524
AIP250S8E (E2)	55	750	63	93,6	0,82	6,6		574
AIP280M2E (E2)	132	3000	132,7	94,5	0,92	7,1		590
AIP280M4E (E2)	132	1500	135,6	95,8	0,89	6,9		664
AIP280M6E (E2)	90	1000	98,5	94,5	0,85	7		584
AIP280M8E (E2)	75	750	86	94,0	0,82	6,6		654
AIP315S2E (E2)	160	3000	161	94,6	0,92	7,1		1024
AIP315S4E (E2)	160	1500	166,7	94,9	0,89	6,9		1000
AIP315S6E (E2)	110	1000	118	94,0	0,86	6,7		995
AIP315S8E (E2)	90	750	101,2	93,8	0,83	6,6		1050
AIP315M2E (E2)	200	3000	200,8	94,8	0,92	7,1		1082
AIP315M4E (E2)	200	1500	207,1	95	0,89	6,9		1128
AIP315M6E (E2)	132	1000	141	94,2	0,87	6,7		1094
AIP315M8E (E2)	110	750	124,9	94,0	0,82	6,4		1132
AIP315M10E (E2)	75	600	95,4	92,0	0,75	5		1090
AIP355S2E (E2)	250	3000						1500
AIP355S4E (E2)	250	1500	253,7	95,3	0,9	6,9		1546
AIP355S6E (E2)	160	1000	165,5	95,5	0,88	6,7		1550
AIP355S8E (E2)	132	750	150,4	93,7	0,82	6,4		1564
AIP355M2E (E2)	315	3000						1560
AIP355M4E (E2)	315	1500	321	95,6	0,9	6,9		1862
AIP355M6E (E2)	200	1000	205,8	94,7	0,88	6,7		1748
AIP355M8E (E2)	160	750	177,4	94,2	0,82	6,4		1634
AIP355M10E (E2)	110	600	133	93,2	0,78	6		1548

СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Состав синхронного двигателя переменного тока

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Синхронный двигатель – конструкция, в которой (в отличие от асинхронного двигателя) частота вращения постоянная при различных нагрузках.

Синхронные двигатели находят применение для привода машин постоянной скорости (насосы, компрессоры, вентиляторы). В статоре синхронного электродвигателя размещается обмотка, подключаемая к сети трехфазного тока и образующая вращающееся магнитное поле. Ротор двигателя состоит из сердечника с обмоткой возбуждения.

Обмотка возбуждения через контактные кольца подключается к источнику постоянного тока. Ток обмотки возбуждения создает магнитное поле, намагничивающее ротор. Роторы синхронных машин могут быть явнополюсными (с явно выраженными полюсами) и неявнополюсными (с неявно выраженными полюсами).

На **рис. 40.1, а** изображен сердечник 1 явнополюсного ротора с выступающими полюсами. На полюсах размещены катушки возбуждения 2. На **рис. 40.1, б** изображен неявнополюсной ротор, представляющий собой ферромагнитный цилиндр 1. На поверхности ротора в осевом направлении фрезеруют пазы, в которые укладывают обмотку возбуждения 2.

ONLINE ВИДЕО



Асинхронные
и синхронные
двигатели
и генераторы

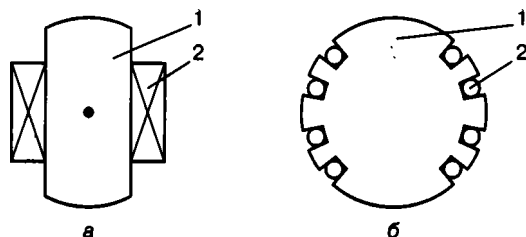


Рис. 40.1. Виды сердечников синхронных электродвигателей:
а – сердечник явнополюсного ротора; б – неявнополюсный ротор

Принцип работы

Рассмотрим принцип работы синхронного двигателя по **рис. 40.2**. Вращающееся магнитное поле статора представим в виде магнита 1. Намагниченный ротор изобразим в виде магнита 2. Повернем магнит 1 на угол α . Северный магнитный полюс магнита 1 притянет южный полюс магнита 2, а южный полюс магнита 1 — северный полюс магнита 2. Магнит 2 повернется на такой же угол α . Будем вращать магнит 1. Магнит 2 будет вращаться вместе с магнитом 1, причем частоты вращения обоих магнитов будут одинаковыми, синхронными: $n_2 = n_1$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Синхронный реактивный двигатель — синхронный двигатель, на роторе которого отсутствует обмотка возбуждения.

Ротор синхронного реактивного двигателя изготавливается из ферромагнитного материала и должен иметь явно выраженные полюсы.

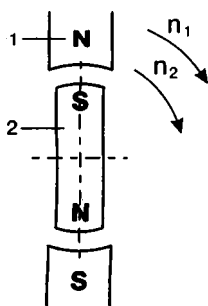


Рис. 40.2. Модель работы синхронного двигателя

Вращающееся магнитное поле статора намагничивает ротор. Явнополюсный ротор имеет неодинаковые магнитные сопротивления по продольной и поперечной осям полюса. Силовые линии магнитного поля статора изгибаются, стремясь пройти по пути с меньшим магнитным сопротивлением.

Деформация магнитного поля вызовет, вследствие упругих свойств силовых линий, реактивный момент, вращающий ротор синхронно с полем статора. Если к вращающемуся ротору приложить тормозной момент, ось магнитного поля ротора повернется на угол θ относительно оси магнитного поля статора.

С увеличением нагрузки этот угол возрастает. Если нагрузка превысит некоторое допустимое значение, двигатель остановится, выпадет из синхронизма. У синхронных двигателей отсутствует пусковой момент. Это объясняется тем, что электромагнитный вращающий момент, действующий на неподвижный ротор, меняет свое направление два раза за период T переменного тока. Из-за своей инерционности ротор не успевает тронуться с места и развить необходимое число оборотов. В настоящее время применяется асинхронный пуск синхронного двигателя. В пазах полюсов ротора укладывается дополнительная короткозамкнутая обмотка.

Вращающее магнитное поле статора индуцирует в короткозамкнутой пусковой обмотке вихревые токи. При взаимодействии этих токов с магнитным полем статора образуется асинхронный электромагнитный момент, приводящий ротор во вращение. Когда частота вращения ротора приближается к частоте вращения статорного поля, двигатель втягивается в синхронизм и вращается с синхронной скоростью. Короткозамкнутая обмотка не перемещается относительно поля, вихревые токи в ней не индуцируются, асинхронный пусковой момент становится равным нулю.

ONLINE ВИДЕО

Принцип работы
синхронного
электродвигателя

Схема синхронной машины

ПРИМЕЧАНИЕ

Синхронная машина отличается от асинхронной тем, что ток в обмотке ротора появляется не при вращении ее в магнитном поле статора, а подводится к ней от постороннего источника постоянного тока. Статор синхронной машины выполнен так же, как и асинхронной, и на нем обычно расположена трехфазная обмотка.

Обмотка ротора образует магнитную систему с тем же числом полюсов $2p$, что и у статора. Она создает магнитный поток возбуждения и называется обмоткой возбуждения. **Схема синхронной машины** показана на **рис. 40.3**.

Вращающаяся обмотка ротора соединяется с **внешней цепью источника постоянного тока** с помощью контактных колец и щеток. При вращении ротора с частотой n_2 его магнитное поле возбуждения наводит в статоре ЭДС, частота которой

$$f_1 = pn_2/60.$$

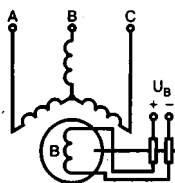


Рис. 40.3. Схема синхронной машины:
В — обмотка возбуждения;
 U_b — напряжение в цепи возбуждения

При подсоединении обмотки статора к нагрузке протекающий по ней ток будет создавать магнитный поток, частота вращения которого

$$n_1 = 60 f_1 / p.$$

Из сравнения этих выражений видно, что $n_1 = n_2$, т. е. магнитные поля статора и ротора вращаются с одинаковой частотой, поэтому такие машины называются синхронными.

Результирующий магнитный поток создается совместным действием обмоток возбуждения и статора и вращается с той же частотой, что и ротор.

Обмотка якоря в синхронной машине — обмотка, в которой индуцируется ЭДС и к которой присоединяется нагрузка.

Индуктор в синхронной машине — часть машины, на которой расположена обмотка возбуждения.

В схеме на **рис. 40.3** статор является якорем, а ротор — индуктором, но может быть и обратная схема, в которой статор — индуктор и ротор — якорь. Синхронная машина может работать генератором или двигателем.

В машине с неподвижным якорем применяются две разновидности ротора: явнополюсный ротор имеет явно выраженные полюсы, неявнополюсный ротор не имеет явно выраженных полюсов.

Постоянный ток в обмотку возбуждения синхронной машины может подаваться от специального генератора постоянного тока, установленного на валу машины и называемого возбудителем, или от сети через полупроводниковый выпрямитель.

Наибольшее распространение получил генераторный режим работы синхронных машин, и почти вся электроэнергия вырабатывается синхронными генераторами.

Синхронные двигатели применяются при мощности более 600 кВт и до 1 кВт как микродвигатели.

Синхронные генераторы на напряжение до 1000 В применяются в агрегатах для автономных систем электроснабжения.

|| Электродвигатели синхронные ДСО 21-0,4-0,375 и ДСО 21-0,35-0,450

Электродвигатели синхронные ДСО 21-0,4-0,375 и ДСО 21-0,35-0,450 изготавливаются в двух исполнениях, отличающихся напряжением питания (6 и 12 В) в соответствии с ТТ 3311-007-23129433-95. Электродвигатели изготовлены в исполнении УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150-69.

Основные параметры электродвигателей синхронных ДСО 21-0,4-0,375 и ДСО 21-0,35-0,450 приведены в табл. 40.1.

Основные параметры электродвигателей синхронных ДСО 21-0,4-0,375 и ДСО 21-0,35-0,450

Таблица 40.1

Параметр	Тип двигателя	
	ДСО 21-0,4-0,375	ДСО 21-0,35-0,450
Номинальная частота питания, Гц	50	60
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	375	450
Направление вращения электродвигателя	Оговорено при заказе	
Потребляемая мощность, В·А	0,02	0,02
Масса электродвигателя, кг, не более	0,020	0,020
Синхронный вращающий момент, мН·м	4	3,5
Средняя наработка на отказ, тыс. ч	100	100

Электродвигатели синхронные ДСК 25-3,0-250

Электродвигатель изготавливается в соответствии с ТУ 3311-006-23129433-98. Основные технические данные и характеристики приведены в табл. 40.2.

Основные технические данные и характеристики

Таблица 40.2

Параметр	Значение параметра	Параметр	Значение параметра
Номинальная частота напряжения питания, Гц	50	Номинальный вращающийся момент, мН·м	3,0
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	250	Масса, не более, кг	0,04
Потребляемая мощность, В·А, не более	2,5	Приемочное значение средней наработки до отказа, тыс. ч	20
		Срок службы, лет	10

Электродвигатель синхронный ДСОР32-250-2

Электродвигатель синхронный ДСОР32-250-2 изготавливается в исполнениях, отличающихся напряжением питания (12, 24, 40, 110 и 220 В) и направлением вращения в соответствии с ТУ 3311-002-23129433-95.

Электродвигатель изготовлен в исполнении УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150-69.

Основные параметры приведены в табл. 40.3.

Основные параметры электродвигателя

Таблица 40.3

Параметр	Значение параметра	Параметр	Значение параметра
Номинальная частота напряжения питания, Гц	50	Потребляемая мощность, В·А, не более	1,8
Номинальная частота вращения, об/мин	2	Масса электродвигателя, кг, не более	0,1
Направление вращения электродвигателя	Оговорено при заказе	Синхронный вращающий момент, мН·м, не менее	150
		Средняя наработка на отказ, ч	6000

Электродвигатели синхронные ДС032-2.0-0.375 и ДС032-2.0-0.450

Электродвигатели синхронные ДС032-2.0-0.375 и ДС032-2.0-0.450 изготавливается в пяти исполнениях, отличающихся напряжением питания (12, 24, 40, 110 и 220 В) в соответствии с ТУ 3311-005-23129433-95. Электродвигатели изготовлены в исполнении УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150-69. Основные параметры приведены в табл. 40.4.

Основные параметры электродвигателя

Таблица 40.4

Параметр	Тип двигателя	
	ДС032-2.0-0.375	ДС032-2.0-0.450
Номинальная частота напряжения питания, Гц	50	60
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	375	450
Направление вращения электродвигателя	Оговорено при заказе	
Потребляемая мощность, В·А, не более	1,8	1,8
Масса электродвигателя, кг, не более	0,07	0,07
Синхронный вращающий момент, мН·м	20	20
Средняя наработка на отказ, ч	20000	20000

СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Синхронные генераторы для автономных энергетических систем

По основным техническим параметрам, номинальной мощности и частоте вращения синхронные генераторы для автономных систем не имеют специальной классификации. В настоящее время верхний предел их мощности составляет 6300 кВт.

Преимущество в развитии получили генераторы с частотой вращения 1500, 1000, 750 об/мин, однако выпускаются и генераторы с частотой вращения 500 и 375 об/мин. По частоте тока кроме генераторов на 50 и 60 Гц имеются генераторы нестандартной частоты, генераторы 400 Гц и высокочастотные генераторы до 10000 Гц.

По области применения синхронные генераторы подразделяются на стационарные, передвижные, транспортные и тяговые.

Передвижные генераторы могут размещаться в железнодорожном вагоне, автофургоне, прицепе, контейнере и т. п. Однако в отличие от транспортных и тяговых генераторов эти генераторы могут работать только при неподвижном состоянии указанных устройств.

ПРИМЕЧАНИЕ

Большинство синхронных генераторов являются дизельными. Однако приводом может быть и газовая турбина, и электродвигатель.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Синхронные
явнополюсные
генераторы
для автономных
энергетических
систем*

Как правило, каждый генератор проектируется под конкретный тип приводного двигателя. При этом устанавливаются требования к большинству параметров и характеристик. Современные синхронные генераторы автономных энергетических систем выполняют с бесщеточными системами возбуждения.

Данные некоторых таких генераторов приведены в табл. 41.1.

*Синхронные генераторы
для автономных
энергетических систем*

Таблица 41.1

Тип генератора	P, кВт	U, В	I, А	n, об/мин
СГ2-85/45-12	314	400	361	500
СГД-103-8	100	400/230	180/314	750
СГД2-17-36-16УХЛ4	630	400	1140	375
СГД2-17-44-16УВ-04	630	400	1140	375
ОС-92	100	400/230	180/314	1500
ЕСС-52-4	5	400/230	9/15,7	1500
ЕСС-91-4	50	400/230	90/157	1500
ГСФ-100М	100	400/230	181/314	1500
ГАБ-8-Т/230-М	8	230	20	750
ГАБ-8-Т/400-М	8	400	11,5	750

Синхронные генераторы со статической системой возбуждения СГД2, СГД2М, СГД21У, СГД25

Синхронные генераторы со статической системой возбуждения СГД2, СГД2М, СГД21У, СГД25 предназначены для комплектации дизельных и газопоршневых электрических агрегатов, используемых на стационарных электростанциях вместо основных, резервных и аварийных источников электроэнергии трехфазного тока частотой 50 Гц. Генераторы поставляются комплектно с устройством возбуждательным КУВМ; генераторы напряжением 0,4 кВ — КУВМ и щитом открытым ЩО.

Вид климатического исполнения: УХЛ4, 04.

Степень защиты: генераторов — IP11; коробок выводов — IP21; возбуждательных устройств — IP00 (со стороны обслуживания — IP20).
Способ охлаждения: генераторов — ICA01; возбуждательных устройств и щитов — естественный воздушный.

Структура условного обозначения генераторов: СГД — синхронный генератор дизельный; 2 — обозначение серии; М — исполнение модернизированное; 17 — условное обозначение габарита; 36, 44, 50 — длина сердечника статора, см; 16 — число полюсов; УВ — усиленное исполнение фланца вала;

Устройства КУВМ выполнены в виде шкафа двухстороннего обслуживания; щиты открытые ЩО — в виде двухсекционного шкафа. Устройства обеспечивают:

- ♦ начальное возбуждение синхронного генератора;

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Синхронные
генераторы
СГД2, СГД2М

- ♦ статизм внешних характеристик генератора по реактивному току в пределах от 0 до 3 % при номинальном коэффициенте мощности;
- ♦ измерение электрических и тепловых характеристик генератора; контроль и сигнализацию при неисправностях и аварийных параметрах генератора и приводного двигателя.

Параметры генераторов со статической системой возбуждения приведены в табл. 41.2.

Параметры генераторов со статической системой возбуждения

Таблица 41.2

Типоразмер	Мощность, кВт/кВ·А	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
СГД2 17-36-16УВ с КУВ М-0,4-630 и ЩО1-630	630/790	400	375	93,8	5400, 350, 535
СГД2М-17-36-16УВ с КУВ М-6,3-630	630/790	6300	375	93,7	5280, 250
СГД2-17-44-16 с КУВ М-0,4-800 и ЩО1-800	800/1000	400	375	94,1	6100, 350, 535
СГД2М-17-44-16 с КУВ М-6,3-800	800/1000	6300	375	94,0	5900, 250
СГД2-17-50-16 с КУВ М-0,4-800	800/1000	400	375	95,4	6830, 350
СГД2М-17-50-16 с КУВ М-6,3-800	800/1000	6300	375	94,5	6850, 250

Синхронные генераторы СГСБ с бесщеточной системой возбуждения

Синхронные генераторы СГСБ с бесщеточной системой возбуждения предназначены для комплектации дизельных и газопоршневых электрических агрегатов, используемых на стационарных электростанциях в качестве основных, резервных и аварийных источников электроэнергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

Генераторы поставляются комплектно с устройствами возбуждательными УВГС; генераторы напряжением 0,4 кВ дополнительно с устройством низковольтным УКН (или ШГБ). Вид климатического исполнения: УХЛ4, 04.

Конструктивное исполнение по способу монтажа: генераторов — IM7115; возбуждателя — IM7111.

Степень защиты: генераторов — IP11; устройств возбуждательных — IP21.

Способ охлаждения: генераторов — ICA01; устройств возбуждательных, устройств низковольтных — естественный воздушный.

Структура условного обозначения: СГСБ — синхронный генератор стационарный бесщеточный; 630, 900 — габарит генератора по классификатору ЕСКД; 5, К, Х, М — условное обозначение длины сердечника статора; 6, 8, 10, 12 — число полюсов; Н1, В2, В4 — условное обозначение величины напряжения.

Устройство УВГС выполнено в виде шкафа одностороннего обслуживания, устройство УКН — в виде трехсекционного шкафа одностороннего обслуживания.

Устройства обеспечивают:

- ♦ начальное возбуждение синхронного генератора;
 - ♦ статизм внешних характеристик генератора по реактивному току в пределах от 0 до 3 % при номинальном коэффициенте мощности;
 - ♦ измерение электрических и тепловых характеристик генератора;
 - ♦ защиту генератора от перенапряжений, потери возбуждения, короткого замыкания в роторе и обратного потока мощности;
 - ♦ контроль и сигнализацию при неисправностях и аварийных параметрах генератора и приводного двигателя;
- включение генератора на параллельную работу.

В табл. 41.3 приведены параметры синхронных генераторов с бесщеточной системой возбуждения.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Генератор
трехфазного тока
синхронный

Параметры синхронных генераторов с бесщеточной системой возбуждения

Таблица 41.3

Типоразмер	Мощность, кВт/кВ·А	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
СГСБ 6303-6 Н1 с УВГС ХХ-400-0,4 и УКН-400 (или ШГВ-400)	400/500	400	1000	94,3	3100, 135, 450(150)
СГСБ 9005-12 Н1 с УВГС ХХ-800-0,4 и УКН-Н-800 (или ШГВ-800)	800/1000		500	95,7	7200, 135, 450(200)
СГСБ 9005-12 В2 с УВГС ХХ-800-6,3	800/1000	6300	500	95,6	7400, 135
СГСБ 9005-12 В4 с УВГС ХХ-800-10,5	800/1000	10500	500	95,6	7200, 135
СГСБ-630М-6 Н1 с УВГС-12-1000-0,4 и УКН-Н-1000	1000/1250	400	1000	96,0	5250, 250, 600
СГСБ-900К-12 Н1 с УВГС-ХХ-1000-0,4 и УКН-Н-1000 (или ШГВ-1000)	1000/1250	400	500	95,4	7400, 250, 600, 250
СГСБ900К-12В2С УВГС ХХ-1000-6,3 или УВГС-Б-6,3	1000/1250	6300	500	95,2	7200, 250, 18
СГСБ 900К-8 В2 с УВГС ХХ-2000-6,3 или УВГС-Б-6,3	2000/2500	6300	750	96,5	14000, 135, 18
СГСБ900Х-10В2 с УВГС ХХ-2000-6,3 или УВГС-Б-6,3	2000/2500	6300	600	96,1	11800, 135, 18

Синхронные генераторы БСГС с бесщеточной системой

Синхронные генераторы БСГС с бесщеточной системой возбуждения предназначены для комплектации дизельных и газопоршневых электрических агрегатов, используемых на стационарных электростанциях в качестве основных, резервных или аварийных источников электроэнергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

Генераторы поставляются совместно с устройством возбуждения УВГС-Д; генераторы напряжением 0,4 кВ — дополнительно с устройством низковольтным УКН.

Вид климатического исполнения УХЛ3, Т3. Конструктивное исполнение по способу монтажа: генераторов мощностью 1000 кВт — IM1101; генераторов мощностью 2000 кВт — IM7311; устройств возбуждающих — IM7111; устройств низковольтных — IM7111.

Степень защиты: генераторов — IP23; устройств возбуждающих — IP21.

Способ охлаждения: генераторов — ICA01; возбуждающих устройств и устройств низковольтных — естественный воздушный.

Структура условного обозначения: БСГС — бесщеточный синхронный генератор для стационарных установок; 630, 900 — габарит генератора по классификатору ЕСКД; м, к — условное обозначение длины сердечника статора; 6, 8 — число полюсов; Н, В2 — условное обозначение величины напряжения;

Устройство УВГС выполнено в виде шкафа одностороннего обслуживания устройство УКН — в виде трехсекционного шкафа.

Устройства обеспечивают:

- ♦ начальное возбуждение синхронного генератора;
- ♦ статизм внешних характеристик генератора по реактивному току в пределах от 0 до 3 % при номинальном коэффициенте мощности;
- ♦ измерение электрических и тепловых характеристик генератора;
- ♦ защиту генератора от перенапряжений, потери возбуждения, короткого замыкания в роторе и обратного потока мощности;
- ♦ контроль и сигнализацию при неисправностях и аварийных параметрах генератора и приводного двигателя;
- ♦ включение генератора на параллельную работу с помощью автоматического устройства точной синхронизации УТС-3;

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Генератор
синхронный БСГС
трехфазного тока

- ♦ сопряжение с системой автоматического управления по третьей степени автоматизации при помощи измерительных преобразователей тока, мощности и частоты.

Параметры синхронных генераторов БСГС с бесщеточной системой возбуждения приведены в табл. 41.4.

Параметры синхронных генераторов БСГС с бесщеточной системой возбуждения Таблица 41.4

Типоразмер	Мощность, кВт/кВ·А	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
БСГС 630М-6Н1 с УВГС-Д-3А-1000-0.4 и УКН-3А-1000	1000/1250	400	1000	96,0	5250, 250, 600
БСГС 900К-8В2 с УВГС-Д-2000-6,3	2000/2500	6300	750	96,3	14 000, 250

Синхронные генераторы СГС со статической системой возбуждения

Синхронные генераторы СГС со статической системой возбуждения предназначены для комплектации дизельных, газодизельных и газопоршневых электрических агрегатов, используемых на стационарных электростанциях в качестве основных, резервных и аварийных источников электроэнергии трехфазного тока частотой 50 Гц.

Генераторы поставляются совместно с устройствами возбуждаемыми УВГС-С для дизельных и газодизельных агрегатов и УВГС-СГ для газовых агрегатов; генераторы напряжением 0,4 кВ дополнительно с устройствами низковольтными УКН.

Вид климатического исполнения — УХЛ4, 04.

Конструктивное исполнение по способу монтажа: 1М 1205 (для СГС 900М-16 — 1М 1215).

Степень защиты: корпуса генератора и коробки выводов — IP21 (со стороны приводного двигателя степень защиты IP00); устройств возбуждаемых — IP21.

Способ охлаждения: генераторов — ICA01; возбуждаемых устройств и устройств низковольтных — естественный воздушный.

Структура условного обозначения: СГС — синхронный генератор со статической системой возбуждения; 900 — габарит; Р, Е, М — условное обозначение длины сердечника статора; 10, 12, 16 — число полюсов; Н1, В2 — условное обозначение величины напряжения;

Устройство УВГС выполнено в виде шкафа одностороннего обслуживания, устройство УКН — в виде трехсекционного шкафа.

Устройства обеспечивают:

- ♦ начальное возбуждение синхронного генератора;

- ♦ статизм внешних характеристик генератора по реактивному току в пределах от 0 до 3 % при номинальном коэффициенте мощности;
- ♦ измерение электрических и тепловых характеристик генератора;
- ♦ защиту генератора от перенапряжений, потери возбуждения, короткого замыкания в роторе и обратного потока мощности;
- ♦ контроль и сигнализацию при неисправностях и аварийных параметрах генератора и приводного двигателя;
- ♦ включение генератора на параллельную работу.

Параметры синхронных генераторов СГС со статической системой возбуждения приведены в табл. 41.5.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Генератор
синхронный СГС
со статической
системой
возбуждения

Параметры синхронных генераторов СГС со статической системой возбуждения Таблица 41.5

Типоразмер	Мощность, кВт/кВ·А	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
СГС900Р-12Н1 с УВГС-С-500-0,4 и УКН-500	500/625	400	500	94,5	4400, 150, 450
СГС900Р-12В2С УВГС-С-500-6,3		6300	500	94,5	4760, 150
СГС900Р-10Н1 с УВГС-С-630-0,4 и УКН-630	630/727	400	600	94,6	5250, 150, 450
СГС900Е-10Н1 с УВГС-С-800-0,4 и УКН-800	800/1000	400	600	94,8	5600, 150, 450
СГС900М-16Н1 с УВГС-СН-800-0,4 и УКН-Н-800	800/1000	400	375	94,7	6100, 150, 450
СГС900Р-10В2С УВГС-СГ-500-6,3	500/625	6300	600	94,4	4800, 175

Синхронные генераторы ГСБ с бесщеточной системой возбуждения и автоматическим регулированием напряжения

Синхронные генераторы ГСБ с бесщеточной системой возбуждения и автоматическим регулированием напряжения предназначены для комплектации дизельных и газопоршневых электрических агрегатов, используемых в качестве стационарных, передвижных, резервных или аварийных источников электроэнергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц.

Генераторы поставляются совместно с блоком управления. Дополнительно — со щитами управления 0-й, 1-й или 2-й степени автоматизации.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**


Синхронные
генераторы ГСБ

Вид климатического исполнения — У2;
Конструктивное исполнение по способу монтажа — IM 2403; 1M 3003; **Степень защиты** — IP21; **Способ охлаждения** — IC01.

Структура условного обозначения: ГСБ — генератор синхронный бесщеточный; 60, 75, 100, 200, 315 — мощность, кВт; 4 — число полюсов.

Параметры синхронных генераторов ГСБ с бесщеточной системой возбуждения и автоматическим регулированием напряжения приведены в табл. 41.6.

Параметры синхронных генераторов ГСБ с бесщеточной системой возбуждения и автоматическим регулированием напряжения

Таблица 41.6

Типоразмер	Мощность, кВт/кВ·А	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса щита управления, кг	Масса генератора, кг
ГСБ 60-4	60/75	400	1500	91,0	73	475
ГСБ 75-4	75/94			91,9		520
ГСБ 100-4	100/125			92,1		580
ГСБ 200-4	200 / 250			93,5	78	900
ГСБ 315-4	315/395			94,0	82	1600

ШАГОВЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Принцип действия шагового двигателя

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Шаговый электродвигатель – устройство с дискретными угловыми перемещениями ротора, осуществляемыми за счет импульсов сигнала управления. Шаговые, или импульсные, электродвигатели преобразуют электрические импульсы в фиксированные угловые перемещения – «шаги».

Шаговые двигатели находят применение в различных механизмах, рабочие органы которых должны перемещаться дискретно. К таким механизмам относятся киносъёмочная и проекционная аппаратура, механизмы подачи различных станков, устройства перемещения валков прокатных станов и др.

Шаговые электродвигатели с активным ротором имеют **ротор**, выполненный из постоянных магнитов (**рис. 42.1**). **Статор** имеет выступающие полюсы с сосредоточенной обмоткой в виде катушек на каждом полюсе. Питание статорных катушек производится импульсами напряжения, поступающими с электронного коммутатора.

Пусть в начальный момент времени подано напряжение на обмотки полюсов 2-2. Образуется статорное магнитное поле с горизонтально расположенными полюсами N-S. В результате взаимодействия этого поля с постоянными магнитами ротора последний займет указанное на **рис. 42.1, а** положение, при котором оси магнитных полей статора и ротора совпадают. Далее, с помощью коммутатора напряжение снято с обмоток 2-2 и подано на обмотки полюсов 1-1. Образуется магнитное поле статора с вертикально расположенными полюсами.

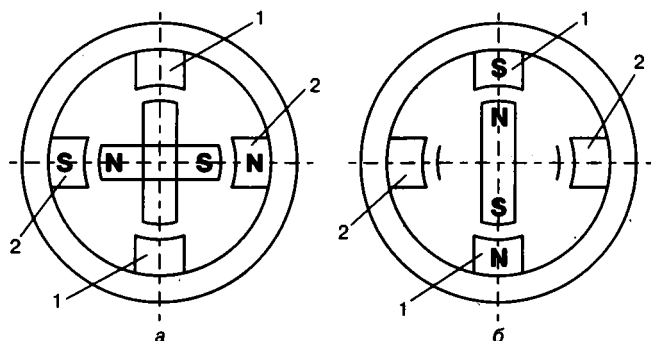


Рис. 42.1. Две ситуации при работе шагового двигателя:

а — оси магнитных полей статора и ротора совпадают; *б* — оси магнитных полей статора и ротора не совпадают; 1 — вертикальные полюса; 2 — горизонтальные полюса;

ONLINE ВИДЕО



Принцип работы
шагового
двигателя

Отключение катушек 2-2 и подключение катушек 1-1 вызовет скачкообразный поворот магнитного поля статора на 90° . Ротор также повернется на 90° вслед за магнитным полем статора (рис. 42.1, б). Ротор шагового двигателя занимает определенное фиксированное положение, соответствующее наибольшей магнитной проводимости относительно возбужденных статорных полюсов.

Если отклонить ротор от этого равновесного положения на некоторый угол, то магнитная проводимость для потока уменьшится, силовые линии магнитного поля деформируются, и возникнет синхронизирующий момент, возвращающий ротор в прежнее положение.

На статоре шагового реактивного двигателя имеются явно выраженные полюсы с обмоткой возбуждения. Ротор его представляет собой зубчатое колесо без обмотки возбуждения. Катушки статора двигателя получают поочередно импульсы тока, образуя магнитное поле, бегущее определенными скачками по окружности статора. Явнополюсный ротор двигателя синхронно следует за этим полем статора соответствующими дискретными шагами.

Шаговый электродвигатель ШД-1С

Шаговый электродвигатель ШД-1С предназначен для работы в устройствах средств автоматики.

Технические характеристики двигателя приведены в табл. 42.1.

Основные параметры электродвигателя ШД-1С

Таблица 42.1

Параметр	Значение
Напряжение питания (постоянный ток), В	27
Потребляемый ток, А	0,18
Номинальная частота, шаг/с	100
Максимальная частота при реверсе, шаг/с	50
Максимальный статический момент, Н·м	0,015
Единичный угол отработки, град	15
Масса, кг	0,125
Режим работы – Продолжительный	

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯШаговый
электродвигатель
ШД-1С

Четырехфазные шаговые электродвигатели магнитоэлектрического типа ШДМ-7Ф и ШДМ-7ФА

Четырехфазные шаговые электродвигатели магнитоэлектрического типа ШДМ-7Ф и ШДМ-7ФА предназначены для отработки дискретных угловых перемещений при переключении его обмоток, осуществляемом специальным электронным коммутирующим устройством.

Структура условного обозначения: ШДМ-7Ф(А):

- ♦ ШДМ — шаговый двигатель магнитоэлектрического типа;
- ♦ 7 — условное обозначение габарита;
- ♦ Ф — с внутренней магнитной фиксацией ротора;
- ♦ А — модификация исполнения двигателя.

Условия эксплуатации:

- ♦ температура окружающей среды при эксплуатации — от -60 до $+70$ °С;
- ♦ верхнее значение относительной влажности воздуха или другого газа без конденсации влаги — 98 % при температуре 40 °С и более низких температурах;
- ♦ пониженное атмосферное давление — $53,6$ кПа (400 мм рт. ст.);
- ♦ двигатели стойки к воздействию смены температур от -60 до $+190$ °С;
- ♦ двигатели стойки к воздействию инея с последующим его оттаиванием по ГОСТ 20.57.406–81.

Изготовитель гарантирует качество двигателей при соблюдении режимов работы и условий эксплуатации, правил хранения и транспортирования, а также указаний по установке и монтажу по ГОСТ РВ 50726.6–94, ОСТ 160.512.012–75.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯЧетырехфазные
шаговые
электродвигатели
магнитоэлектриче-
ского типа ШДМ-7Ф

Основные технические данные приведены в табл. 42.2.

Основные технические данные

Таблица 42.2

Параметр	Значение параметра для двигателей типов	
	ШДМ-7Ф	ШДМ-7ФА
Номинальное напряжение питания, В	27±2,7	27±2,7
Номинальный вращающий момент, Н·м: – в продолжительном режиме – в кратковременном режиме	0,118 0,157	0,0588
Номинальный момент инерции нагрузки, кг·м	0,98·10 ⁻⁵	0,98·10 ⁻⁵
Номинальная частота, шаг/с, не менее	40	70
Номинальный шаг, град	22,5	22,5
Максимальная приемистость, шаг/с, не менее	70	115
Потребляемый ток в режиме фиксированной стоянки под током, А, не более	2,65	2,65
Статическая погрешность отработки шагов при холостом ходе, град, не более	±1	±1
Статический фиксирующий момент, Н·м, не менее	392·10 ⁻⁴	294·10 ⁻⁴
Потребляемый ток в режиме фиксированной стоянки под током при температуре окружающей среды –60 °С, А, не более	3,8	3,8
Момент инерции ротора электродвигателей, кг·м	0,82·10 ⁻⁵	0,82·10 ⁻⁵
Сопротивление обмоток постоянному току, приведенное к температуре 20 °С, Ом	23–29	23–29
Максимальный статический синхронизирующий момент при напряжении питания 27 В, Н·м, не менее	0,5	0,4
Индуктивность обмотки, Гн	0,0295	0,0295
Масса электродвигателя, кг, не более	1,9	1,9

Схема электрическая принципиальная подключения двигателя к электронному коммутаторному устройству изображена на рис. 42.2.

Двигатели имеют активный (с возбуждением от постоянных магнитов) ротор и статор с четырьмя обмотками управления. В режиме фиксированной стоянки под током в

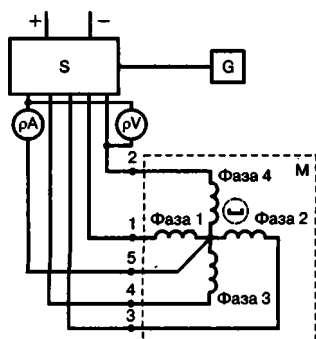


Рис. 42.2. Схема электрическая принципиальная подключения двигателя к электронному коммутаторному устройству:

G – генератор импульсов; S – электронное коммутаторное устройство; M – двигатель; pA – амперметр; pV – вольтметр

каждый момент времени находятся под напряжением две обмотки управления. Образующееся при этом магнитное поле удерживает активный ротор в определенном положении.

В режиме дискретного вращения осуществляется коммутация обмоток фаз статора в последовательности, указанной на рис. 42.3. При этом происходит дискретное перемещение магнитного поля статора, что приводит к дискретному повороту ротора с единичным шагом 22,5°.

Форма импульсов напряжения:

U — напряжение питания;

t — время;

a — длительность фронта импульсов, $a < 0,05 T$;

b — временной сдвиг между импульсами, $b/T = 0,25 \pm 0,05$;

t_1 — длительность импульса напряжения в обмотке фазы, $t_1/T = 0,5 \pm 0,07$;

T — период импульса напряжения в обмотке фазы.

Направление вращения вала со стороны присоединительного фланца — правое при подаче напряжения отрицательной полярности на вывод 5 двигателя и напряжения питания положительной полярности на остальные выводы в последовательности 1, 4-1, 2-2, 3-3, 4-1, 4 и т. д.

При изменении направления вращения вала двигателя коммутацию обмоток следует осуществлять в последовательности 1, 4-3, 4-2, 3-1, 2-1, 4 и т. д.

Статор двигателя состоит из магнитопровода с четырехфазной обмоткой. Магнитопровод набран из листов магнитомягкого материала толщиной 0,35 мм. Обмотка выполнена медным проводом круглого сечения и уложена в шестнадцать изолированных пазах магнитопровода.

Выводы от обмотки, выполненные двумя параллельными проводами сечением 0,12 мм каждый, выходят через изолирующую втулку в щите и подпаиваются к лепесткам панели. Панель крепится к торцу щита двумя винтами. Корпус и щит выполнены из немагнитного материала.

Статор впрессован в корпус. Для исключения перемещения статора в корпусе на магнитопроводе выполнены лыски, а в корпусе — отверстия. Лыски и отверстия при сборке совмещают и заливают клеем холодного отверждения.

Ротор двигателя типа «сборной звездочки» имеет восемь магнитных полюсов.

Магнитная система ротора состоит из постоянных магнитов с направленной кристаллизацией и восьмигранной магнитопроводящей втулки. Магниты установлены на грани втулки и опрессованы термореактивным пресс-материалом.

Втулка напрессована на вал. Вал изготовлен из стали, обладающей повышенной коррозионной стойкостью. Установка ротора в двигатель производится с магнитным шунтом. Ротор вращается в двух шариковых радиальных однорядных подшипниках.



Рис. 42.3. Последовательность коммутации обмоток фаз

На вал подшипники насажены до упора в заплечик. Наружные обоймы подшипников установлены в гнездах щита и корпуса. Ротор имеет осевой люфт величиной до 0,2 мм. Осевой люфт обеспечивается установкой регулировочных шайб. Осевое перемещение ротора ограничивается кольцами. Крепление щита к корпусу осуществляется сваркой. Защитные шайбы предохраняют от попадания посторонних частиц внутрь двигателя.

|| Электродвигатели шаговые ДШР-39, ДШР-46, ДШ-48

Электродвигатели шаговые ДШР-39, ДШР-46, ДШ-48 применяются для работы в качестве исполнительного элемента в вычислительной технике, в системах автоматического управления и контроля с применением в микропроцессорной технике, принтерах, контрольно-кассовых аппаратах, аппаратуре магнитной записи, медицинских приборах.

Параметры электродвигателей шаговые ДШР-39, ДШР-46, ДШ-48 приведены в табл. 42.3.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
шаговые ДШР-39,
ДШР-46, ДШ-48

Параметры электродвигателей ДШР-39, ДШР-46, ДШ-48

Таблица 42.3

Основные параметры	ДШР-39	ДШР-46	ДШ-48
Напряжение питания, В	12	12	12
Номинальный вращающий момент, Н·м	0,006	0,0025	0,006
Максимальный статический момент, Н·м	0,07	0,02	0,034
Потребляемый ток, А	0,2	0,2	0,2
Номинальный шаг, град	1,8	1,8	1,8
Масса, не более, кг	0,22	0,08	0,13

|| Шаговые электродвигатели ДШР-57, ДШР-80

Шаговые электродвигатели ДШР-57 и ДШР-80 предназначены для преобразования электрических импульсов в дискретные угловые перемещения высокой точности.

Они представляют собой двухфазную машину, предназначенную для преобразования последовательности управляющих импульсных прямоугольных сигналов в дискретное угловое перемещение вала. **Конструктивно** двигатели относятся к индукторному типу, в котором для получения небольшого углового шага (угла поворота выходного

вала) используется принцип электромагнитного редуцирования и имеется подмагничивание осевым магнитным потоком, который создается постоянными магнитами, установленными на роторе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Перспективны для использования в станко- и приборостроении, в механизмах вычислительной техники и автоматического управления. По своим динамическим характеристикам ДШР-57 и ДШР-80 не уступают лучшим зарубежным аналогам.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Шаговый
электродвигатель
ДШР-80

Условия эксплуатации: температура окружающей среды $-45^{\circ}\text{C} / +40^{\circ}\text{C}$, относительная влажность — до 80 % при температуре $+15^{\circ}\text{C}$.

Отличительные особенности: ДШР-57 — высокая точность позиционирования, ДШР-80 — высокое быстродействие.

Для управления двигателем используется блок управления, который обеспечивает:

- ♦ схему коммутации фаз двигателя – четырехтактную биполярную парную;
- ♦ за счет изменения чередования управляющих импульсов происходит изменение направления вращения (реверс);
- ♦ направление вращения правое при следующем чередовании управляющих импульсов напряжения одной полярности на выводах: 1-3; 3-2; 2-4; 4-1;
- ♦ направление вращения левое при следующем чередовании управляющих импульсов напряжения одной полярности на выводах: 1-4; 4-2; 2-3; 3-1;
- ♦ поддержание (ограничение) тока в обмотках фаз на уровне $6+0,2\text{ A}$.

Основные технические характеристики
шаговых электродвигателей Таблица 42.4

Характеристики	ДШР-57	ДШР-80
Напряжение питания, В	27	48
Номинальная частота, шаг/с	500	2000
Частота отработки шагов, шаг/с, max	5000	20000
Номинальный шаг, град	1,8	1,5
Погрешность, шаг	5	28
Потребляемый ток, А	1,5	3,0
Вращающий момент, Н·м	0,06	0,1
Момент инерции нагрузки, кг·м ²	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Масса, кг, max	0,39	2,5
Габаритные размеры, мм	57×57×60	80×80×180

Основные технические характеристики приведены в табл. 42.4.

Электродвигатели шаговые ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3

Электродвигатели шаговые ДШИ-200-1, ДШИ-200-2, ДШИ-200-3 предназначены для обработки дискретных угловых перемещений.

Электродвигатель шаговый ДШИ-200-1 изготавливается в четырех исполнениях: ДШИ-200-1-1, ДШИ-200-1-2, ДШИ-200-1-3, ДШИ-200-1-4. Электродвигатель изготовлен в исполнении УХЛ категории 4.1 по ГОСТ 15150-69. Максимально допустимый ток в фазе электродвигателя 2А. Средний ресурс электродвигателя 5550 ч. Все характеристики электродвигателя снимались при питании обмоток управления от усилителя мощности.

Порядок установки. Крепление электродвигателя производится за фланец с помощью винтов. Винты необходимо предохранить от самоотвинчивания. Механические доработки корпуса и вала электродвигателя не допускаются. При монтаже ударные нагрузки на вал, натяжение выводных проводов более 5Н (0,5 кгс) не допускается. Разборка электродвигателя запрещается.

Основные технические характеристики приведены в табл. 42.5.

Основные технические характеристики шаговых электродвигателей

Таблица 42.5

Параметры	ДШИ-200-1	ДШИ-200-2	ДШИ-200-3
Максимальный статический момент, Н·м	0,25	0,46	0,84
Единичный шаг, град	1,8	1,8	1,8
Погрешность обработки шага, %	3	3	3
Максимальная частота, Гц	1200	1000	1000
Ток питания в фазе, А	1,5	1,5	1,5
Напряжение питания, В	30	30	30
Потребляемая мощность, Вт	8,8	11,8	16,7
Масса, кг	0,35	0,54	0,91

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатель
шаговый
ДШИ-200-1

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Конструкция

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Электродвигатель постоянного тока – электрическая машина, в которой обмотка возбуждения расположена на сердечниках полюсов и питается постоянным током.

Магнитный поток проходит от северного полюса N через якорь к южному полюсу S и от него через ядро снова к северному полюсу. Сердечники полюсов и ядро также изготавливаются из ферромагнитных материалов. Электрическая машина постоянного тока состоит из двух основных частей:

- ♦ неподвижной части (индуктора);
- ♦ вращающейся части (якоря с барабанной обмоткой).

На рис. 43.1 изображена конструктивная схема машины постоянного тока.

Индуктор состоит из станины 1 цилиндрической формы, изготовленной из ферромагнитного материала, и полюсов с обмоткой возбуждения 2, закрепленных на станине. Обмотка возбуждения создает основной магнитный поток.

Магнитный поток может создаваться постоянными магнитами, укрепленными на станине. Якорь состоит из следующих элементов: сердечника 3, обмотки 4, уложенной в пазы сердечника, коллектора 5. Сердечник якоря для уменьшения потерь

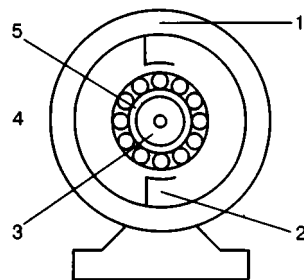


Рис. 43.1. Конструктивная схема машины постоянного тока

на вихревые точки набирается из изолированных друг от друга листов электротехнической стали.

Рассмотрим работу машины постоянного тока на модели (рис. 43.2), где 1 — полюсы индуктора, 2 — якорь, 3 — проводники, 4 — контактные щетки.

Проводники якорной обмотки расположены на поверхности якоря. Контактные щетки размещены на линии геометрической нейтрали, проведенной посредине между полюсами. Якорь машины вращается в направлении, указанном стрелкой.

ПРИМЕЧАНИЕ

Направление ЭДС, индуктированных в проводниках якорной обмотки, определяется по правилу правой руки.

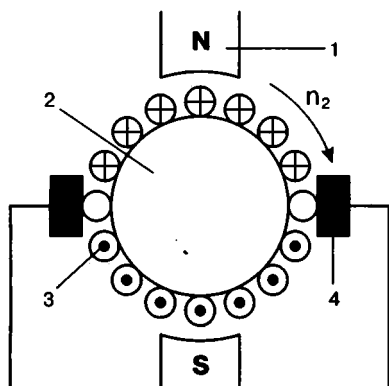


Рис. 43.2. Модель машины постоянного тока

На рис. 43.2 крестиком обозначены ЭДС, направленные от нас, точками — ЭДС, направленные к нам. Проводники соединяют между собой так, чтобы ЭДС в них складывались. Для этого соединяют последовательно конец проводника, расположенного в зоне одного полюса, с концом проводника, расположенного в зоне полюса противоположной полярности.

Два проводника, соединенные последовательно, образуют один виток или одну катушку. ЭДС проводников, расположенных в зоне одного полюса, различны по величине. Наибольшая ЭДС индуктируется

в проводнике, расположенном под серединой полюса, ЭДС, равная нулю, — в проводнике, расположенном на линии геометрической нейтрали.

Если соединить все проводники обмотки по определенному правилу последовательно, то результирующая ЭДС якорной обмотки равна нулю, ток в обмотке отсутствует. Контактные щетки делят якорную обмотку на две параллельные ветви. В верхней параллельной ветви индуктируется ЭДС одного направления, в нижней параллельной ветви — противоположного направления. ЭДС, снимаемая контактными щетками, равна сумме электродвижущих сил проводников, расположенных между щетками. В параллельных ветвях действуют одинаковые ЭДС, направленные встречно друг другу.

ONLINE ВИДЕО



Конструкция
двигателя
постоянного тока

Принцип действия

ПРАВИЛО

ЭДС, снимаемая контактными щетками, равна сумме электродвижущих сил проводников, расположенных между щетками. В параллельных ветвях действуют одинаковые ЭДС, направленные встречно друг другу.

На рис. 43.3 показана схема замещения якорной обмотки. При подключении к якорной обмотке сопротивления в параллельных ветвях возникают одинаковые токи, через сопротивление R_H протекает ток I_a . ЭДС якорной обмотки пропорциональна частоте вращения якоря n_2 и магнитному потоку индуктора Φ :

$$E = C_e \times n_2 \times \Phi,$$

где C_e — константа.

В реальных электрических машинах постоянного тока используется специальное контактное устройство — **коллектор**. Коллектор устанавливается на одном валу с сердечником якоря и состоит из отдельных изолированных друг от друга и от вала якоря медных пластин. Каждая из пластин соединена с одним или несколькими проводниками якорной обмотки. На коллектор накладываются неподвижные контактные щетки. С помощью контактных щеток вращающаяся якорная обмотка соединяется с сетью постоянного тока или с нагрузкой.

Под действием напряжения, подведенного к якорю двигателя, в обмотке якоря появится ток I_a . При взаимодействии тока с магнитным полем индуктора возникает электромагнитный вращающий момент

$$M_{эм} = C_m \times I_a \times \Phi,$$

где C_m — коэффициент, зависящий от конструкции двигателя.

На рис. 43.4 изображен схематично двигатель постоянного тока, выделен проводник якорной обмотки.

Ток в проводнике направлен от нас. Направление электромагнитного вращающего момента определится по правилу левой руки. Якорь вращается против часовой стрелки. В проводниках якорной обмотки индуцируется ЭДС, направление которой определяется пра-

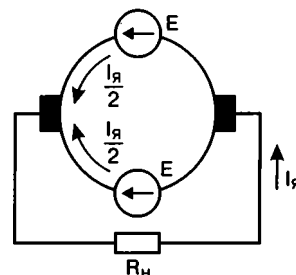


Рис. 43.3. Схема замещения якорной обмотки машины постоянного тока

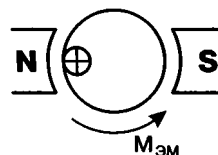


Рис. 43.4. Схема двигателя постоянного тока с выделенным проводником якорной обмотки

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ

Электродвигатели
постоянного тока

ONLINE ВИДЕО



Электродвигатель
постоянного тока.
Принцип работы

ONLINE ВИДЕО



Схема двигателя
постоянного тока.
Принцип работы

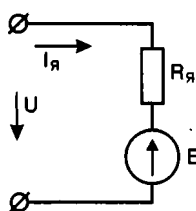


Рис. 43.5. Схема
замещения якорной
обмотки двигателя

вилом правой руки. Эта ЭДС направлена встречно току якоря, ее называют противо-ЭДС.

В установившемся режиме электромагнитный вращающий момент $M_{эм}$ уравнивается противодействующим тормозным моментом M_2 механизма, приводимого во вращение:

$$M_{эм} = M_2.$$

На рис. 43.5 показана схема замещения якорной обмотки двигателя. ЭДС направлена встречно току якоря.

В соответствии со вторым законом Кирхгофа $-E = -U + I_я \times R_я$, откуда $U = E + I_я \times R_я = C_e \times \Phi \times n_2 + I_я \times R_я$.

Магнитный поток Φ зависит от тока возбуждения $I_в$, создаваемого в обмотке возбуждения. Из формулы выше видно, что частоту вращения двигателя постоянного тока n_2 можно регулировать следующими способами:

- ♦ способ 1 — изменением тока возбуждения с помощью реостата в цепи обмотки возбуждения;
- ♦ способ 2 — изменением напряжения U на зажимах якорной обмотки;
- ♦ способ 3 — изменением магнитного потока машины.

Чтобы изменить направление вращения двигателя на обратное (реверсировать двигатель), необходимо изменить направление тока в обмотке якоря или индуктора.

Электродвигатели постоянного тока 6П

Электродвигатели постоянного тока серии 6П (аналоги серий электродвигателей 2П, 4П, 5П) предназначены для создания регулируемых электроприводов с высокими динамическими и эксплуата-

ционными показателями, а также комплектации бумагоделательных, красильно-отделочными и подъемно-транспортных машин, полимерного оборудования, буровых станков и вспомогательных агрегатов экскаваторов.

Электродвигатели серии 6П габаритов 200—280 мм, мощностью до 200 кВт **предназначены** для работы в продолжительном номинальном режиме S1.

Двигатели серии 6П имеют диапазон регулирования частоты вращения 1:5 при регулировании током возбуждения и 1:1000 при тиристорном регулировании напряжения в цепи якоря. Машины этой серии имеют несколько конструктивных исполнений.

Двигатели закрытого и обдуваемого исполнений со степенью защиты IP44 мощностью до 10 кВт изготавливают с полностью шихтованным магнитопроводом статора, запрессованным в круглый чугунный или алюминиевый корпус.

Способ охлаждения — IC0041 (без вентиляции) или IC0141 с поверхностным охлаждением вентилятором, установленным на валу.

Двигатели выполняют без корпуса при прямоугольном сечении пакета статора, способ охлаждения — IC06 или IC05.

ПРИМЕЧАНИЕ

Электродвигатели рассчитаны для установки в закрытых помещениях с невзрывоопасной окружающей средой, не содержащей токопроводящую пыль в концентрациях, снижающих параметры машин.

В табл. 43.1 приведены технические данные двигателей серии 6П.

Технические данные двигателей серии 6П

Таблица 43.1

Тип электро- двигателя	Напряжение якоря, В	Мощность, кВт	Номинальная / максимальная частоты вращения, об/мин	Тип электро- двигателя	Напряжение якоря, В	Мощность, кВт	Номинальная / максимальная частоты вращения, об/мин
6ПН200S	220	13	1120/3000	6ПН225S	220	8,5	500/1800
6ПН200S	220	22	1600/3500	6ПН225S	440	37	1500/1850
6ПН200M	220	30	1600/3500	6ПН225S	440	22	1000/-
6ПН200M	440	75	3150/3500	6ПН225M	220	48	1500/3000
6ПН225S	220	37	1500/3000	6ПН225M	220	32	1060/2500
6ПН225S	220	22	1000/2500	6ПН225M	220	20	750/2500
6ПН225S	220	15	750/2500	6ПН225M	440	32	1060/2250
6ПН225S	220	12,5	600/2100	6ПН250S	220	60	1500/2800

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Электродвигатели
постоянного
тока 6П

Таблица 43.1 (продолжение)

Тип электро- двигателя	Напряжение якоря, В	Мощность, кВт	Номинальная / максимальная частоты вращения, об/мин	Тип электро- двигателя	Напряжение якоря, В	Мощность, кВт	Номинальная / максимальная частоты вращения, об/мин
6ПН250S	220	38	1060/2500	6ПФМ225M	220	37	1050/3000
6ПН250S	220	14	530/1500	6ПФМ225M	440	37	1060/2250
6ПН250S	440	50	1500/1800	6ПФМ250S	220	67	1500/2800
6ПН250M	220	80	1500/2800	6ПФМ250S	440	56	1500/1800
6ПН250M	440	71	1500/2800	6ПФМ250S	440	45	1050/2250
6ПН250M	440	48	1000/1500	6ПФМ250M	220	80	1500/2800
6ПН280S	220	106	1500/2600	6ПФМ250M	440	80	1500/2800
6ПН280S	220	68	1000/2850	6ПФМ250M	440	55	1000/1500
6ПН280S	220	45	750/2000	6ПФМ280S	220	125	1500/2400
6ПН280M	440	123	1500/1900	6ПФМ280S	440	120	1500/2100
6ПФМ200S	220	22	1600/3500	6ПФМ280S	440	90	1180/2600
6ПФМ200S	440	22	1600/3500	6ПФМ280S	440	145	1500/1900
6ПФМ200M	220	30	1500/3500	6ПФМ280S	440	100	1000/2400
6ПФМ200M	440	30	1000/3000	6ПФМ280M	440	145	1500/1900
6ПФМ225S	220	45	1500/3000	6ПФМ280M	440	100	1000/2400
6ПФМ225S	440	40	1500/2700	6ПФМ280L	220	122	1000/2000
6ПФМ225S	440	26,5	1000/1250	6ПФМ280L	440	200	1700/2000
6ПФМ225M	220	55	1500/3000	6ПФМ280L	440	118	1000/2000

Двигатели

постоянного тока 4П

Электродвигатели общего назначения 4П предназначены для регулируемых электроприводов, питаемых как от полупроводниковых преобразователей, так и от иных источников питания (генераторов, аккумуляторных батарей).

Промышленные электродвигатели 4П рассчитаны на эксплуатацию при высоте над уровнем моря до 1000 метров, температуре окружающей среды +1...+ 40°C, при относительной влажности окружающего воздуха 80%.

Коэффициент пульсации якоря — 15 %.
Степень защиты — IP44. Изоляция обмоток — класс F.

Особенности электродвигателей 4П:

- ♦ направление вращения вала — реверсивное
- ♦ могут комплектоваться тахогенератором ТП-75-20-0,2, ТП-80.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Двигатели
постоянного
тока 4П

- ♦ двигатели 4П выпускаются в общепромышленном и экспортном исполнении.
- ♦ охлаждение электродвигателей может быть естественным, с наружным обдувом от вентилятора на валу двигателя и от независимого электровентилятора.

ПРИМЕЧАНИЕ

*Электродвигатели 4П имеют независимое возбуждение, класс изоляции обмоток F и допускают перегрузку по току якоря 4*1 ном. в течение 12 секунд.*

Двигатели выпускаются в общепромышленном и экспортном исполнении. Технические характеристики приведены в табл. 43.2.

Технические характеристики

Таблица 43.2

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Номинальное напряжение, В	Ток якоря, А	Масса, кг
4ПО80А2	0,225	1000	110/220	3,2/1,6	18
	0,33	1500		4,5/2,25	
	0,5	2200		6,3/3,1	
	0,67	3000		8,5/4,2	
4ПО80В1	0,33	1000	110/220	4,3/2,07	20
	0,5	1500		6,7/3,3	
	0,675	2200		8,5/4,2	
	1,0	3000		12,0/5,9	
4ПБ80А2	0,16	1000	110/220	2,52/1,26	18
	0,225	1500		3,0/1,5	
	0,33	2200		4,1/2,1	
	0,50	3000		6,3/3,1	
4ПБ80В1	0,225	1000	110/220	3,0/1,5	20
	0,33	1500		4,4/2,2	
	0,5	2200		6,1/3,1	
	0,72	3000		8,3/4,2	
4ПО100S1	0,33	750	110/220	4,5/2,1	29
	0,5	1000		6,6/3,15	
	0,67	1500		8,3/4,05	
	1,0	2200		10,2/5,8	
	1,45	3000		17,2/8,6	
4ПО100S2	0,5	750	110/220	6,6/3,3	33
	0,675	1000		9,0/4,5	
	0,1	1500		11,4/5,85	
	1,35	2200		15,7/7,8	
	2,0	3000		22,7/11,0	
4ПО100L1	0,675	750	110/220	8,8/4,4	37
	1,0	1000	110/220	12,4/6,2	
	1,35	1500	110/220	15,7/7,8	
	2,0	2200	110/220	22,9/11,4	
	2,7	3000	220	14,8	
4ПБ100S1	0,225	750	110/220	2,8/1,53	29
	0,33	1000		4,3/2,2	
	0,5	1500		6,0/3,0	
	0,675	2200		7,8/3,9	
	1,0	3000		11,9/5,8	
4ПБ100S2	0,33	750	110/220	4,5/2,2	33
	0,45	1000		5,4/2,7	
	0,675	1500		8,2/4,1	
	1,0	2200		11,3/5,7	
	1,35	3000		15,0/7,5	

Таблица 43.2 (продолжение)

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Номинальное напряжение, В	Ток якоря, А	Масса, кг
4ПБ100Л1	0,405	750	110/220	5,4/2,7	37
	0,54	1000	110/220	6,8/3,4	
	1,0	1500	110/220	11,9/5,9	
	1,17	2200	110/220	13,5/6,8	
	1,62	3000	220	8,8	
4П0112М1	1,35	1000	110/220	16,4/8,1	54
	2,0	1500	220	11,3	
	2,7	2200	220	15,3	
	3,6	3000	220	19,9	
4П0112М2	1,35	750	220	8,7	56
	2,0	1000	220	11,6	
	2,25	1500	110	25,2	
	2,7	1500	220	15,3	
	3,6	2200	220	19,5	
	5,0	3000	220	26,1	
4ПБ112М1	0,5	750	110/220	6,1/3,0	54
	0,675	1000		8,1/4,0	
	1,17	1500		13,8/6,9	
	1,35	2200		15,3/7,6	
	2,0	3000		21,6/10,8	
4ПБ112М2	0,9	1000	110/220	10,4/5,2	56
	1,35	1500	110/220	14,8/5,0	
	2,0	2200	110/220	20,8/10,5	
	2,7	3000	220	14,6	

Коллекторные двигатели постоянного тока типа ДПМ

Двигатели ДПМ с возбуждением от постоянных магнитов с пазовым якорем имеют следующее **конструктивное исполнение**:

- ♦ Н1 (1Т) — с одним выходным концом вала (с трибкой на валу);
- ♦ Н2 — с двумя выходными концами вала (размеры концов вала одинаковы);
- ♦ Н3 (3Т) — с одним выходным концом вала и встроенным центробежным контактным регулятором частоты вращения;
- ♦ Н6 — с одним выходным концом вала, таходатчиком, являющимся измерительным органом в системе стабилизации частоты вращения, и электронным регулятором частоты вращения, выполненным в виде отдельного блока.

Крепление двигателей всех исполнений — за корпус (магнит) с помощью немагнитных металлических деталей. Двигатели исполнений Н1, Н2 предназначены для работы при обоих направлениях вращения, причем изменение направления вращения на ходу, без предварительной остановки двигателя, не допускается, за исключением двигателей ДПМ-20-Н1-08Т, ДПМ-25-Н-07Т, ДПМ-30-Н1-03Т.

Двигатели одного типа исполнений Н1 и Н2 имеют аналогичные параметры, за исключением двигателя ДПМ-30-Н1-01, аналогом которого

является двигатель ДПМ-30-Н2-02, и двигателя ДПМ-30-Н1-02, аналог которого ДПМ-30-Н2-01.

Режим работы двигателей:

- ♦ ДПМ-20-Н1-08Т, ДПМ-25-Н1-07Т, ДПМ-30-Н1-03Т — работа 30 мин при непрерывном изменении направления вращения на ходу через каждые 10 с, перерыв 5 мин (1 цикл);
- ♦ ДПМ-25-Н3-01, ДПМ-25-Н3-03 — работа 30 мин, перерыв 5 мин.

В табл. 43.3 приведены технические данные двигателей ДПМ-Н1-Н2 (U — напряжение питания; P_n — номинальная мощность; n — скорость вращения; M_n — номинальный момент на валу; $M_{пн}$ — пусковой момент; I_n — номинальный ток; $I_{пн}$ — пусковой ток). В табл. 43.4 приведены технические параметры двигателей ДПМ.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Коллекторные
двигатели
постоянного тока
типа ДПМ

Технические данные двигателей ДПМ-Н1-Н2

Таблица 43.3

Тип	U, В	P_n , Вт	n , об/мин	M_n , Н·м	$M_{пн}$, Н·м	I_n , А	$I_{пн}$, А	КПД, %
ДПМ-20-Н1, Н2-01	29	0,46	9000	0,49	4,9	0,1	0,7	16
ДПМ-20-Н1, Н2-02	27	0,41	4000	0,98	1,96	0,11	0,3	14
ДПМ-20-Н1, Н2-04	6	0,04	2000	0,196	0,59	0,1	0,3	7
ДПМ-20-Н1, Н2-05	14	0,04	2000	0,196	0,98	0,07	0,15	4
ДПМ-20-Н1, Н2-05	27	0,92	4500	1,96	3,92	0,2	0,5	17
ДПМ-20-Н1-08Т	27	0,92	4500	1,96	3,43	0,25	0,5	14
ДПМ-20-Н1, Н2-12	12	1,23	6000	1,96	4,9	0,4	1,5	26
ДПМ-20-Н1, Н2-12А	14	1,1	6000	1,76	4,9	0,3	1	26
ДПМ-20-Н1, Н2-13	12	0,69	4500	1,47	3,92	0,28	0,8	21
ДПМ-20-Н1, Н2-16	6	0,92	9000	0,98	5,9	0,65	4,5	24
ДПМ-20-Н1, Н2-17	6	0,92	9000	1,47	5,9	0,65	2,5	24
ДПМ-25-Н1, Н2-01	29	3,22	9000	3,43	5,9	0,4	2,5	28
ДПМ-25-Н1, Н2-02	27	0,46	3800	2,94	9,8	0,13	0,6	13
ДПМ-25-Н1, Н2-02А	27	0,46	4500	0,98	4,9	0,1	0,6	17
ДПМ-25-Н1, Н2-03	12	2,77	6000	4,41	9,8	0,85	3,5	27
ДПМ-25-Н1, Н2-04	27	1,28	2500	4,9	7,85	0,22	0,5	22
ДПМ-25-Н1, Н2-05	15	1,28	2500	4,9	7,85	0,28	0,8	30
ДПМ-25-Н1, Н2-07	27	2,31	4500	4,9	11,8	0,28	1	30
ДПМ-25-Н1-07Т	27	2,54	4500	5,39	12,3	0,35	1	27
ДПМ-25-Н1, Н2-10А	14	2,31	4500	4,9	11,8	0,5	2	30
ДПМ-25-Н1Т-01	27	1,85	9000	1,96	11,8	0,38	2,3	18
ДПМ-30-Н1, Н2-01/02	29	6,47	9000	6,86	34,3	0,75	5	30
ДПМ-30-Н1, Н2-02/01	27	2,67	2600	9,8	19,6	0,3	1	33
ДПМ-30-Н1, Н2-03	27	4,62	4500	9,8	29,4	0,6	2,5	29
ДПМ-30-Н1-03Т	27	6	4500	12,74	24,6	0,85	2,5	26
ДПМ-30-Н1, Н2-04	26	5,65	5500	9,8	24,6	0,7	3,0	31

Таблица 43.3 (продолжение)

Тип	U, В	P _н , Вт	n, об/мин	M _н , мН·м	M _р , мН·м	I _н , А	I _р , А	КПД, %
ДПМ-30-Н1, Н2-05	27	4,31	6000	6,86	24,6	0,5	3,5	32
ДПМ-30-Н1, Н2-09	12	6,16	6000	9,8	34,3	1,4	9	37
ДПМ-30-Н1, Н2-10А	14	4,62	4500	9,8	27,5	1	5	33
ДПМ-30-Н1, Н2-19	12	2,57	2500	9,8	19,6	0,75	2,5	29
ДПМ-35-Н1, Н2-01	27	13,87	9000	14,7	68,6	1,5	11	34
ДПМ-35-Н1, Н2-02	27	5,39	3500	14,7	49	0,65	2,5	31
ДПМ-35-Н1-03	6	4,25	1800	22,6	34,3	2,5	8,5	28
ДПМ-35-Н1, Н2-04	27	12,32	6000	19,6	68,6	1,3	6	35

Технические параметры двигателей

Таблица 43.4

Тип	U, В	P _н , Вт	n, об/мин	M _н , мН·м	M _р , мН·м	I _н , А	I _р , А	КПД, %	d, %	н
ДПМ-20-Н3-01	27	0,92	9000	0,98	4,9	0,24	1,5	14	4	Л
ДПМ-20-Н3-09	12	0,92	4500	1,96	3,92	0,55	1,5	14	4	П, Л
ДПМ-25-Н3-01	27	0,62	6000	0,98	11,8	0,37	2,5	6	3	Л
ДПМ-25-Н3-02А	28	2	9000	2,16	11,8	0,8	5	9	4	П
ДПМ-25-Н3-02Б	27	3,7	9000	3,92	9,8	0,75	5	18	5	Л
ДПМ-25-Н3-02Г	28	2	9000	2,16	11,8	0,6	5	12	3	П, Л
ДПМ-25-Н3-03	12	0,62	6000	0,98	11,8	0,6	5	9	3	Л
ДПМ-25-Н3-03А	14	1,85	6000	2,94	9,8	0,9	6,8	15	3	П, Л
ДПМ-25-Н3-04	28	2,47	12000	1,96	11,8	0,65	5	14	3	П, Л
ДПМ-25-Н3-05	24	0,92	4500	1,96	9,8	0,4	1,5	10	4,5	П, Л
ДПМ-25-Н3-09	24	1,23	6000	1,96	9,8	0,45	3	11	4	П, Л
ДПМ-25-Н3-16	27	3	5200	5,49	9,8	0,7	3	16	4	П, Л
ДПМ-25-НЗТ-01Б	27	2,82	9000	2,16	11,8	0,6	5	12	3	П, Л
ДПМ-30-Н3-01	27	6,47	9000	6,86	39,2	1	6,5	24	4	П, Л
ДПМ-30-Н3-01А	23	6,47	9000	6,86	29,4	1,25	8,5	23	4	П, Л
ДПМ-30-Н3-01А	28	2,47	12000	1,96	19,6	1	8	9	2	П

Схемы включения электродвигателей постоянного тока

Схемы включения двигателей постоянного тока показаны на рис. 43.6, а — к.

- ♦ рис. 43.6, а — ДПМ-25-Н3-02Г, ДПМ-25-НЗТ-01Б, ДПМ-20-Н3-09;
- ♦ рис. 43.6, б — ДПМ-25-Н3-01;
- ♦ рис. 43.6, в — ДПМ-20-Н3-01, ДПМ-25-Н3-02Б;
- ♦ рис. 43.6, г — ДПМ-30-Н3-01А;
- ♦ рис. 43.6, д — ДПМ-25-Н3-03А;
- ♦ рис. 43.6, е — ДПМ-25-Н3-04, ДПМ-30-Н3-01, ДПМ-30-Н3-02;
- ♦ рис. 43.6, и — ДПМ-25-Н3-03;
- ♦ рис. 43.6, к — ДПМ-25-Н3-05, ДПМ-25-Н3-09;
- ♦ рис. 43.6, и, к — ДПМ-25-Н3-02А, ДПМ-25-Н3-16.

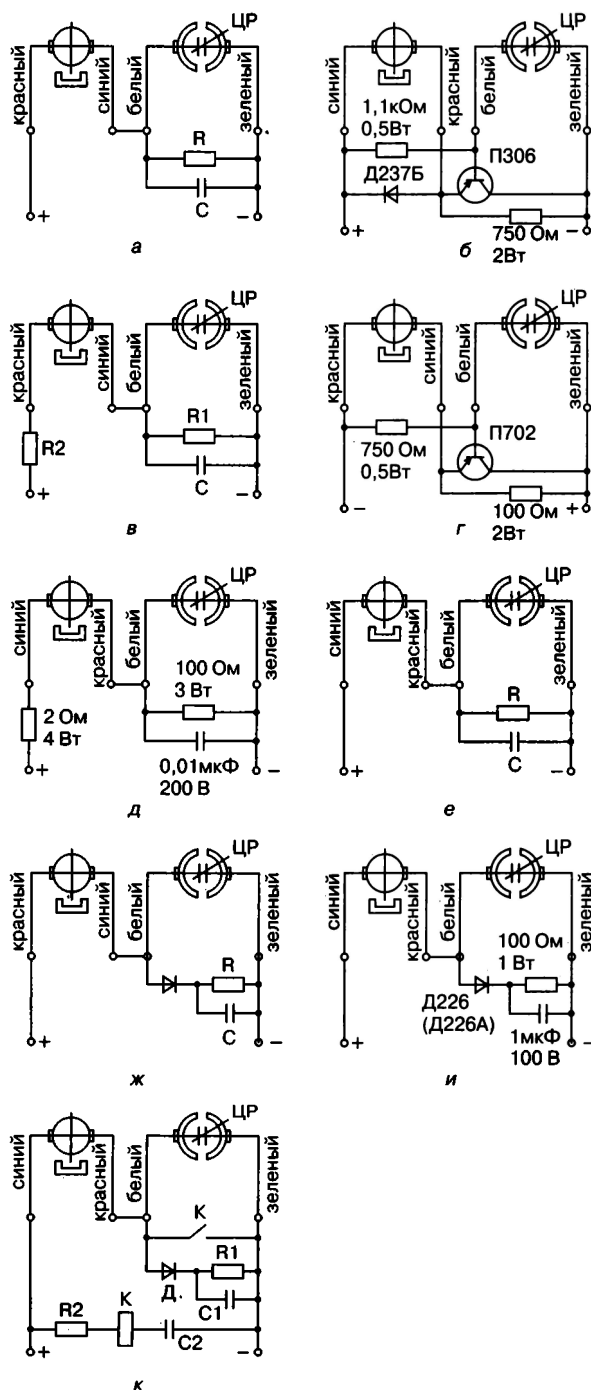


Рис. 43.6. Схемы включения двигателей

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Диагностика электродвигателей – способ своевременного обнаружения неисправностей, которые могут привести к аварийному выходу электрической машины из строя.

Выход из строя одной детали сразу сказывается на работоспособности и эксплуатационном ресурсе всего электродвигателя.

После определения неисправного элемента следует выяснить причины возникновения отказа для недопущения повтора при дальнейшем использовании электрической машины. Затем принимается решение о целесообразности ремонта (восстановления) двигателя.

Дефектовка электродвигателей может выполняться:

- ♦ на выведенном в ремонт двигателе;
- ♦ на работающем оборудовании.

ПРИМЕЧАНИЕ

Диагностика электродвигателей на оборудовании, которое находится в ремонте, значительно проще и информативней.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Причины
неисправностей
электродвигателей*

ONLINE ВИДЕО



*1500 и 3000 оборотов,
в чем отличие внутри*



*Из-за чего сгорают
электродвигатели*



*Искрят щетки,
как проверить якорь*



*Для чего нужен ноль?
Почему у трехфазного
двигателя нет нуля,
и куда девается ток?*



*Как проверить якорь
электродвигателя*



*Диагностика
однофазного
электродвигателя
с пусковой обмоткой*



*Измерение числа
оборотов двигателя
в домашних условиях*



*Измерение числа
оборотов двигателя
в домашних условиях*



*Имитатор неисправ-
ностей асинхронных
электродвигателей*



*Из-за чего сгорают
электродвигатели.
Рассмотрим на примере
насоса Grundfos 11кВт*



*Испытание
электродвигателя
после ревизии 4AM355S4
250кВт 1500 об.*



*Как в однофазном
электродвигателе
с тремя выводами
разобраться?*



*Как определить рабочую
и пусковую обмотку*



*Как определить обороты
электромотора*



*Как проверить исправ-
ность электродвигателя?*



*Электродвигатель.
Ревизия перед
подключением*



*Как определить неис-
правность электродвига-
теля мегаомметром*



*Как правильно прозво-
нить обмотки электро-
моторов любого типа!*



Как проверить подшипники асинхронного электродвигателя



Как проверить трехфазный асинхронный электродвигатель?



Как проверить исправность якоря простым способом



Настоящий прозвон асинхронного электродвигателя!



Как проверить якорь и статор в домашних условиях



Как найти начало и конец обмоток асинхронного электродвигателя



Осмотр электродвигателя ДАЗО4-450-8МУ1 (500 кВт, 750 об./мин)



Подбор рабочего конденсатора к трехфазному электродвигателю



Правильный прозвон электродвигателя и неисправности ротора



Электродвигатель 4МТН225М8. Испытание на холостом ходе



Расчет мощности двигателя по размерам



Определение КЗ витков в статорных обмотках асинхронных моторах











Проверка обмоток электродвигателя



Процесс сборки асинхронного двигателя



Как электродвигатель проверить мультиметром

 <p><i>Проверка сопротивления изоляции обмотки электрического двигателя</i></p>	 <p><i>Определение начала и конца обмоток трехфазного электродвигателя</i></p>	 <p><i>Определение схемы обмоток асинхронного электродвигателя</i></p>
 <p><i>Проверка асинхронного трехфазного двигателя на КЗ и обрыв обмотки</i></p>	 <p><i>Проверка якоря и статора в домашних условиях</i></p>	 <p><i>Определение начал и концов обмоток асинхронного двигателя!</i></p>
 <p><i>Проверка сопротивления между обмотками электродвигателя</i></p>	 <p><i>Чем отличается асинхронный электродвигатель от синхронного</i></p>	 <p><i>Что будет, если перепутать начало и конец обмотки двигателя</i></p>
 <p><i>Прозвонка 3-х фазного электродвигателя на работоспособность</i></p>	 <p><i>Разбор электродвигателя. Как устроен электродвигатель</i></p>	 <p><i>Разборка советского электродвигателя. Ускоренная версия</i></p>
 <p><i>Расположение контактов трехфазного двигателя</i></p>	 <p><i>Ротор — не всегда якорь или «маленький ликбез»</i></p>	 <p><i>Как определить начало и конец обмоток</i></p>

РЕМОНТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

|| Наиболее распространенные неисправности электродвигателей

При эксплуатации электродвигателей в них по разным причинам возникают **неисправности**, которые могут привести к перерывам в работе станков и других производственных механизмов. Для того чтобы такие перерывы возможно меньше сказывались на выполнении предприятия производственных планов, необходимо уметь быстро найти причину неисправности и устранить ее.

ПРИМЕЧАНИЕ

Необходимость в быстрейшем устранении повреждений обуславливается также и тем, что работа электродвигателя, имеющего небольшое повреждение, может привести к развитию повреждения и необходимости более сложного ремонта.

Наиболее **распространенными неисправностями электрической части** являются:

- ♦ короткие замыкания внутри обмоток электродвигателя и между ними;
 - ♦ замыкания обмоток на корпус;
 - ♦ обрывы в обмотках или во внешней цепи (питающие провода и пусковая аппаратура).
- В результате указанных неисправностей может иметь место:
- ♦ отсутствие возможности запускать электродвигатель;
 - ♦ опасный нагрев его обмоток;

- ♦ ненормальная скорость вращения электродвигателя;
- ♦ ненормальный шум (гудение и стук);
- ♦ неравенство токов в отдельных фазах.

Из причин **механического характера**, вызывающих нарушение нормальной работы электродвигателей, чаще всего наблюдаются неисправности в работе **подшипников**. Проявляется это в перегреве подшипников, вытекании из них масла, а также в появлении ненормального шума.

Сводная таблица неисправностей электродвигателей

В табл. 45.1 дана сводная таблица неисправностей электродвигателей.

Характеристика неисправностей электродвигателей

Таблица 45.1

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором	
Двигатель не разворачивается	Отсутствует ток в статоре из-за перегорания предохранителя или выключения неисправного автоматического выключателя
Двигатель не разворачивается сам, но при разворачивании от руки работает толчками и сильно гудит	Обрыв в одной фазе сети или внутренний обрыв в обмотке статора при соединении фаз «звездой»
Двигатель вращается вхолостую, но при нагрузке останавливается	Пониженное напряжение в сети, неправильное соединение фаз обмотки статора «звездой». Если обмотка соединена «треугольником», то, вероятно, имеется обрыв в цепи одной из фаз обмотки статора
Двигатель гудит, ротор вращается медленно, ток во всех трех фазах разный и даже на холостом ходу превышает номинальный	<ul style="list-style-type: none"> ♦ обрыв одного или нескольких стержней обмотки ротора; ♦ неправильное соединение начала и конца обмотки статора (фаза «перевернута»)
Двигатель нагревается при номинальной нагрузке	<ul style="list-style-type: none"> ♦ витковое замыкание в обмотке статора; ♦ ухудшение условий вентиляции в результате загрязнения вентиляционных каналов
Недопустимо низкое сопротивление изоляции обмотки статора	<ul style="list-style-type: none"> ♦ увлажнение или сильное загрязнение изоляции обмотки статора; ♦ старение или повреждение изоляции
Двигатель вибрирует во время работы и после отключения при частоте вращения ротора, близкой к номинальной	<ul style="list-style-type: none"> ♦ нарушение соосности валов; ♦ неуравновешенность ротора (дисбаланс)
Двигатель сильно вибрирует, но вибрация прекращается после отключения его от сети. Двигатель сильно гудит, ток в фазах разный, один из участков статора быстро нагревается	Короткое замыкание обмотки статора
Асинхронные двигатели с фазным ротором	
Двигатель не развивает номинальную частоту вращения	<ul style="list-style-type: none"> ♦ нарушение контакта в двух или трех фазах пускового реостата; ♦ нарушение электрической цепи между пусковым реостатом и обмоткой ротора
Двигатель медленно увеличивает скорость, ротор сильно нагревается даже при небольшой нагрузке	<ul style="list-style-type: none"> ♦ замыкание части обмотки ротора на заземленный корпус двигателя; ♦ нарушение изоляции между контактными кольцами и валом ротора

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Двигатель не развивает скорость ротора под нагрузкой, гудит, ток статора пульсирует	Нарушение контакта в месте пайки обмотки ротора, соединениях ее с контактными кольцами или в соединительных проводах
Повышенное искрение между щетками и контактными кольцами	<ul style="list-style-type: none"> плохая притертость или повышенная загрязненность щеток; заедание щеток в обоймах щеткодержателей; недостаточное нажатие щеток на контактные кольца; нарушение контакта в цепи щеток
Двигатель начинает вращаться при разомкнутой цепи ротора без нагрузки. При пуске под нагрузкой медленно разворачивается и сильно нагревается	<ul style="list-style-type: none"> межвитковые замыкания в обмотке ротора; заземление обмотки ротора в двух местах; замыкание между контактными кольцами в результате их загрязнения пылью от щеток
Синхронные машины	
Генератор дает низкое напряжение на холостом ходу	<ul style="list-style-type: none"> скорость генератора ниже синхронной; неисправность возбuditеля; неправильное соединение обмотки статора
Генератор дает низкое напряжение при нагрузке	<ul style="list-style-type: none"> большая индуктивность нагрузки; снижение скорости генератора
Неодинаковое напряжение в фазах генератора при нагрузке	<ul style="list-style-type: none"> несимметричная нагрузка фаз; распайка соединений фаз обмотки статора
Двигатель медленно разворачивается	<ul style="list-style-type: none"> низкое напряжение питающей сети; обрыв стержней в пусковой обмотке
Двигатель не достигает синхронной скорости	<ul style="list-style-type: none"> слишком большая механическая нагрузка на валу двигателя; неисправность пусковой обмотки
Двигатель при нагрузке снижает скорость	<ul style="list-style-type: none"> чрезмерная нагрузка, превышающая максимальный вращающий момент двигателя; снижение напряжения сети; неисправность обмотки ротора
Машина сильно вибрирует	<ul style="list-style-type: none"> нарушение балансировки ротора; замыкание витков в одной из катушек ротора; «блуждающие» замыкания витков в обмотке ротора
Пусковая обмотка двигателя или успокоительная обмотка генератора сильно нагревается	<ul style="list-style-type: none"> частые выпадения машины из синхронизма (снижение частоты вращения); распайка соединений стержней обмотки с замыкающими кольцами
Машины постоянного тока	
Искрение под всеми щетками на холостом ходу	<ul style="list-style-type: none"> щетки установлены не на магнитной нейтрали или расстояния между отдельными bracketами неодинаковые; щетки неправильно установлены в щеткодержателях; сильно загрязнен коллектор
Искрение под частью щеток на холостом ходу	<ul style="list-style-type: none"> неодинаковые расстояния между bracketами по окружности коллектора; отдельные bracketы слабо закреплены и вибрируют; отдельные щетки неплотно прилегают к коллектору или очень прижаты к нему; загрязнены или окислены контакты в токособирающих кольцах, между щеткодержателями и bracketами, щеткодержателями и щетками
Машина начинает искрить при частичной нагрузке, а на холостом ходу не искрит	<ul style="list-style-type: none"> щетки находятся не на нейтрали; неправильно включена обмотка добавочных полюсов, что дает неправильное чередование главных и добавочных полюсов
Щетки равномерно искрят при нагрузке, а на холостом ходу машина не искрит	<ul style="list-style-type: none"> большой или малый зазор между якром и добавочными полюсами; отдельные добавочные полюсы слабо прижаты; не поставлены прокладки между станиной и полюсами

Характеристика неисправностей	Возможные причины
Щетки искрят, генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или работает с ненормальной скоростью, обмотка якоря местами сильно нагревается	<ul style="list-style-type: none"> витковое замыкание в обмотке якоря; некоторые соседние пластины имеют задиры, между которыми происходит замыкание; замыкание витков в катушке от оставшегося при пайке олова;
Щетки искрят, наблюдается почернение коллекторных пластин. После чистки чернеют одни и те же коллекторные пластины. Изоляция между коллекторными пластинами выгорела	<ul style="list-style-type: none"> нарушение соединений между обмоткой якоря и коллектором; отпаялись уравнивательные соединения
Якорь сильно нагревается даже в ненагруженной машине, а щетки одного полюса искрят сильнее щеток других полюсов	<ul style="list-style-type: none"> неравномерный зазор в машине; плохая центровка при монтаже машины; износ подшипников
При работе машины наблюдается легкое круговое искрение, по поверхности коллектора со щеток одного полюса на щетки другого полюса перескакивают отдельные искры	<ul style="list-style-type: none"> коллектор сильно загрязнен в результате сильного износа щеток; неровная поверхность коллектора; несоответствующий тип щеток; плохой уход за машиной
Щетки дрожат; искрят, очень шумят; коллектор и щетки сильно нагреваются	<ul style="list-style-type: none"> биение коллектора, вызванное его неровной поверхностью; между пластинами выступает изоляция; неправильная установка щеток
Круговой огонь по коллектору	<ul style="list-style-type: none"> щетки установлены не на нейтрали; обмотка добавочных полюсов включена неправильно, поэтому главные и добавочные полюсы неправильно чередуются
Вся машина равномерно перегрета	<ul style="list-style-type: none"> перегрузка машины; вентиляционные пути и каналы забиты; не работает вентилятор
Генератор плохо возбуждается, а двигатель плохо разворачивается или разворачивается толчками	<ul style="list-style-type: none"> витковое замыкание в обмотке якоря; замыкание отдельных коллекторных пластин
Перегрев обмотки возбуждения	<ul style="list-style-type: none"> большой ток возбуждения; витковое замыкание в обмотке возбуждения; неправильно соединены катушки возбуждения
Генератор не возбуждается	<ul style="list-style-type: none"> генератор утратил остаточный магнетизм; неправильное направление вращения; оборвана цепь параллельной обмотки возбуждения или сопротивление цепи превышает критическое; короткое замыкание в обмотке якоря между пластинами коллектора; обрыв обмотки якоря; неправильное положение щеток
Генератор возбуждается, но дает пониженное напряжение на холостом ходу	<ul style="list-style-type: none"> недостаточная частота вращения; щетки находятся не на нейтрали; неправильное соединение катушек обмотки возбуждения
Генератор на холостом ходу дает номинальное напряжение, но при нагрузке оно резко снижается	<ul style="list-style-type: none"> в генераторе смешанного возбуждения последовательная обмотка включена встречно и размагничивает поток полюсов; обмотки добавочных полюсов включены неправильно
Двигатель при включении не вращается	Разрыв цепи тока якоря в результате перегорания предохранителей, обрыва цепи в реостате или в двигателе
Двигатель под нагрузкой не запускается, хотя в якоре есть ток	Неправильное включение обмотки возбуждения, которое приводит к резкому ослаблению магнитного потока, витковое замыкание в обмотке возбуждения
Скорость двигателя при номинальном напряжении выше или ниже номинальной	При скорости выше номинальной магнитный поток ослаблен за счет включенных в цепь возбуждения сопротивлений или щетки смещены с нейтрали против направления вращения

ONLINE ВИДЕО



*Гудит и греется
электродвигатель.
Причина*



*Искрит одна щетка.
Ремонт статора вместо
перемотки*



*Как разобрать и отре-
монтировать трехфаз-
ный электродвигатель*



*Когда привезли в ремонт
электродвигатель*



*Почему сгорел
электродвигатель*



*Обрыв стержней ротора
асинхронного двигателя*



*Привезли
в ремонт
электродвигатели*



*Разновидность
неисправности якоря
коллекторного мотора*



*Ремонт
асинхронного
мотора*



*Ремонт статорной об-
мотки электродвигателя*



*Ремонт
электродвигателей*



*Ремонт
электродвигателей*



*Неисправность асинхрон-
ного электродвигателя,
диагностика ($P=15$ кВт,
 $0,4$ кВ, $I_{ном}=30$ А)*



*Неисправности
электродвигателей, ана-
лиз и профилактическое
обслуживание. Часть 1*



*Перегрев
электродвигателя
по электрическим
причинам. Часть 2*



Однофазный асинхронный двигатель гудит и не крутится. Асинхронный двигатель греется



Почему коллектор искрит? Тянет дугу? Как восстановить...?



Коллектор тянет дугу! Как устранить это! Болгарка ДВТ125



Ремонт электродвигателя



Ремонт электродвигателя! Не запускается?



Ремонт электродвигателя Siemens



Ремонт электродвигателя 220 вольт, прозвонка, подбор конденсаторов своими руками



Ремонтируем электродвигатели. Запчасти для электродвигателя



Ремонтируем электродвигатели. Рабочий день электромонтера. В ремонт 11 кВт



Ремонтируем электродвигатели. Рабочий день электромонтера. В ремонт 5,5 кВт



Своими руками как проверить на обрыв обмотки электродвигателя без приборов



Чистка коллектора ротора (якоря) в бытовых условиях

ПЕРЕМОТКА ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

|| Методы определения места повреждения || изоляции обмотки

Прежде всего, необходимо разъединить фазные обмотки и измерить сопротивление изоляции каждой фазной обмотки от магнитопровода или, по крайней мере, проверить целостность изоляции.

Для определения места повреждения могут быть использованы методы:

- ♦ измерения напряжения между концами обмотки и магнитопроводом;
- ♦ определения направления тока в частях обмотки;
- ♦ деления обмотки на части и метод «прожигания».

При первом методе на фазную обмотку с поврежденной изоляцией подается пониженное переменное или постоянное напряжение, измеряют напряжение между концами обмотки и магнитопроводом. По соотношению этих напряжений можно судить о положении места повреждения обмотки относительно ее концов. Этот метод не обеспечивает достаточной точности при малом сопротивлении обмотки.

Второй метод заключается в том, что постоянное напряжение подается на объединенные в общую точку концы фазной обмотки и на магнитопровод. Для возможности регулирования и ограничения тока в цепь включают реостат. Направления токов в обеих частях обмотки, разграниченных точкой соединения с магнитопроводом, будут противоположными. Если поочередно касаться двумя проводами от милливольтметра концов каждой катушечной группы, то стрелка прибора будет отклоняться в одном направлении до тех пор, пока провода от милливольтметра не будут присоединены к концам катушечной группы с

поврежденной изоляцией. На концах следующих катушечных групп отклонение стрелки изменится на противоположное.

У катушечной группы с поврежденной изоляцией отклонение стрелки будет зависеть от того, к какому из концов ближе место повреждения изоляции.

Величина напряжения на концах этой катушечной группы будет меньше, чем на других катушечных группах, если повреждение изоляции не находится вблизи концов катушечной группы. Таким же образом производится дальнейшее определение места повреждения изоляции внутри катушечной группы.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Пошаговая
инструкция
перемотки
электродвигателей
своими руками*

Признаки замыкания в обмотках

Возможны следующие замыкания в обмотках электрических машин переменного тока между:

- ♦ витками одной катушки;
- ♦ катушками или катушечными группами одной фазы;
- ♦ катушками разных фаз.

Основным признаком, по которому можно найти замыкание в обмотках электродвигателя переменного тока, является нагрев короткозамкнутого контура. Для этого необходимо ощупать обмотку электродвигателя после ее отключения.

ВНИМАНИЕ

Ощупывание обмотки следует производить только при выключенной обмотке!

Чтобы найти дефект в фазном роторе асинхронного двигателя, ротор затормаживают и включают статор в сеть. В случае замыкания значительной части обмотки ротора или если двигатель имеет большую мощность, затормаживание при номинальном напряжении становится невозможным, так как вызывает большую силу тока в статоре и срабатывание защиты двигателя. В таких случаях испытание рекомендуется производить при пониженном напряжении.

В некоторых случаях короткозамкнутую часть обмотки электродвигателя можно сразу определить по внешнему виду — по обуглившейся изоляции.

СОВЕТ

При наличии параллельных ветвей в обмотке короткое замыкание в одной из ветвей фазы (при значительном числе замкнувшихся витков) может вызвать нагрев и другой ветви, не имеющей короткого замыкания, так как последняя оказывается замкнутой витками дефектной ветви обмотки.

Фазу, имеющую замыкание, можно найти по несимметрии потребляемого тока из сети. При соединении обмотки электродвигателя звездой (рис. 46.1, а) в фазе, имеющей замыкание, ток (А3) будет больше, чем в двух других фазах.

При соединении обмотки электродвигателя треугольником (рис. 46.1, б) в двух фазах сети, к которым присоединена дефектная фаза, токи (А1 и А3) будут больше, чем в третьей фазе (А2).

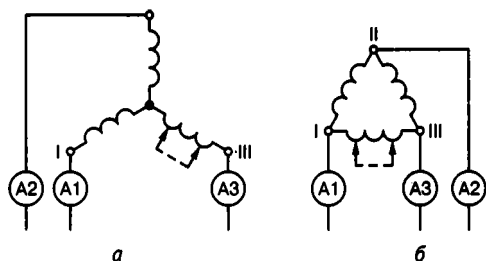


Рис. 46.1. Пояснение признаков замыкания в обмотках при соединении звездой (а) и треугольником (б)

Определение дефектной фазы

Опыт определения дефектной фазы рекомендуется производить при пониженном напряжении ($1/3$ – $1/4$ номинального) в случае асинхронного двигателя:

- с фазным ротором обмотка последнего может быть разомкнута;
- с короткозамкнутым ротором или же в случае синхронного двигателя ротор может вращаться или быть заторможенным.

При проведении опыта с синхронным двигателем в неподвижном состоянии его обмотка возбуждения должна быть замкнута накоротко или же на разрядное сопротивление.

В опыте с неподвижной синхронной машиной токи в ее фазах будут различаться даже в том случае, если машина исправна, что объясняется магнитной асимметрией ее ротора. При поворачивании ротора эти токи будут изменяться, однако при исправной обмотке пределы их изменений будут одинаковы.

Диагностика || обмоток ||

В тех случаях, когда необходимо выяснить, имеется ли дефект в статорной обмотке или роторной обмотке, поступают следующим образом.

Статорную обмотку включают на пониженное напряжение ($1/3$ – $1/4$ номинального) при разомкнутом роторе и измеряют напряжение на кольцах ротора, медленно проворачивая ротор.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если напряжения на кольцах ротора (попарно) не равны между собой и меняются в зависимости от положения ротора по отношению к статору, то это указывает на замыкание в статорной обмотке.

При замыкании в роторной обмотке (при исправной статорной обмотке) напряжение между кольцами ротора будет неодинаковым, не будет меняться в зависимости от положения ротора.

Опыт может быть произведен при питании ротора и измерении напряжения на зажимах статора, при этом получится обратная картина. Подводимое к ротору напряжение должно составлять $1/3$ – $1/4$ номинального напряжения на кольцах ротора, т. е. напряжения на кольцах при неподвижном роторе и статоре, включенном на номинальное напряжение.

После выявления, какая из обмоток (роторная или статорная) имеет соединение между витками, определяют дефектную фазу, катушечную группу или катушку рассмотренными выше способами.

Метод последовательного || деления на части ||

В сложных случаях (при замыкании большого числа катушек) или когда короткозамкнутую ветвь по каким-либо причинам не удастся выявить, прибегают к методу деления обмотки на части. Для этого обмотку делят сначала пополам и проверяют мегаомметром соединение между собой этих частей. Затем одну из этих частей делят снова на две части, и каждую из них проверяют на соединение с первой половиной. И так далее до тех пор, пока не будут найдены катушки, имеющие соединение.

Для наглядности на **рис. 46.2** схематически представлен этот способ нахождения дефекта в фазе, имеющей восемь катушечных групп, при наличии соединения между катушками 2 и 6 катушечных

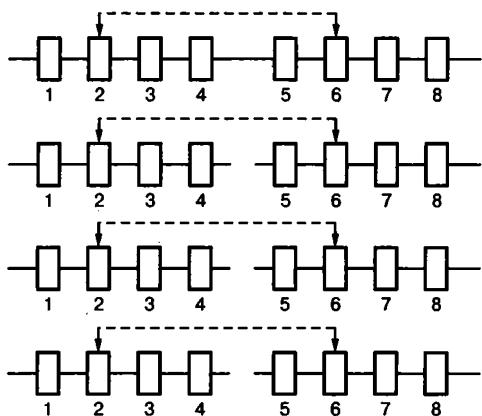


Рис. 46.2. Нахождение короткого замыкания между катушками одной фазы

одной из фаз, имеющей соединение, разделяют на две части и мегаомметром проверяют наличие соединений каждой такой половины со второй фазой. Затем ту часть, которая соединена с другой фазой, снова разделяют на две части, и каждую из них снова проверяют и т. д.

Метод последовательного деления на части применяют при нахождении замыкания в обмотках, имеющих параллельные ветви. В этом случае необходимо дефектные фазы разделить на параллельные ветви и определить сначала, между какими ветвями имеется соединение, а уж затем применить к ним этот метод.

Ремонт обмотки с удалением из схемы поврежденных катушек

Если отключение электродвигателя из-за повреждения его обмотки вызвало остановку важного оборудования, то проще и быстрее всего заменить поврежденный электродвигатель резервным.

При отсутствии резервного электродвигателя продолжительность ликвидации аварийного положения будет зависеть от того, насколько быстро удастся восстановить поврежденный электродвигатель. Даже частичная перемотка электродвигателя с заменой нескольких поврежденных катушек, если они расположены рядом друг с другом, займет не менее 4–6 дней. При расположении поврежденных катушек в разных местах по окружности статора потребуются полная перемотка статора электродвигателя, на что времени уходит еще больше.

В этих условиях целесообразно, если число поврежденных катушек невелико, выполнить аварийный (временный) ремонт обмотки статора путем удаления из ее схемы поврежденных катушек.

групп. Деление обмотки на части показано в последовательном порядке.

Способ последовательного деления на равные части позволяет обойтись меньшим числом распаек, чем при делении всей обмотки на катушечные группы.

Если произошло замыкание между двумя фазами, то место соединения находят аналогично предыдущему, разъединяя обмотки пофазно. Катушки

Какое число катушек обмотки электродвигателя допустимо выключить из схемы?

Если напряжение, подводимое к электродвигателю, равно или ниже нормального, то в каждой фазе можно выключить до 10% числа катушек, приходящихся на одну фазу. Например, если на фазу приходится 24 катушки, то из каждой фазы можно выключить не более $24 \times 0,1 = 2,4$ катушки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Поскольку поврежденная катушка должна быть выключена полностью, то число выключаемых катушек должно быть целым числом, в данном случае не более двух. Во всех трех фазах в данном случае можно выключить шесть катушек.

При удалении из схемы не более 10% общего числа катушек, приходящихся на фазу, на каждой из оставшихся в работе катушек напряжение относительно номинального повысится не более чем на 10%, что вполне допустимо.

Если подводимое к электродвигателю напряжение превышает номинальное, в каждой фазе можно выключить только такое количество катушек, при котором на каждой из оставшихся в работе катушек повышенное напряжение не превысило бы 110% номинального. Например, если напряжение, подведенное к электродвигателю, составляет 105% от номинального, то можно удалить из схемы не более 5% числа катушек в фазе.

ВНИМАНИЕ

Если напряжение, подведенное к электродвигателю, равно 110%, то удаление поврежденных катушек из схемы приведет к перегреву стали статора.

В исключительных случаях для ликвидации аварийного положения и при таком напряжении целесообразно идти на временное выключение поврежденных катушек.

В короткозамкнутых витках при работе электродвигателя будет проходить недопустимо большой ток, который вызовет сгорание не только этих витков, но приведет к перегреву и повреждению изоляции витков в соседних пазах.

Поэтому в выведенных из схемы поврежденных катушках следует кусачками перекусить все витки и концы их отогнуть таким образом, чтобы исключить случайное образование короткозамкнутых витков при работе электродвигателя.

Для этого важно **не допустить касания концов проводников:**

- ♦ одного паза с концами проводников другого паза;
- ♦ к активной стали и корпусу статора, так как при этом могут создаваться короткозамкнутые витки.

Соединение между собой концов проводников одного и того же паза не опасно.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если изоляция витков повреждена в обоих пазах, принадлежащих этим виткам, то витки следует перекусить с обеих сторон статора. Перекушенные концы витков катушки, если они надежно отогнуты и при работе не коснутся стали или корпуса электродвигателя, можно не изолировать.

Концы схемных проводников, отключенные от поврежденных катушек, должны быть надежно соединены перемычками для восстановления целостности фазной цепи.

Как показывает опыт, электродвигатели с удаленными из схемы катушками могут успешно работать годами. Однако при очередном капитальном ремонте электродвигателя целесообразно поврежденные катушки заменить новыми.

Измерение сопротивления обмоток электродвигателей по постоянному току

Цели проведения измерений сопротивления обмоток электродвигателей по постоянному току:

- ♦ выявление дефектов (некачественных соединений, витковых замыканий);
- ♦ поиск ошибок в схеме соединений;
- ♦ уточнение параметров, используемых при расчетах и наладке режимов, регуляторов и др.

Измерения, особенно у крупных электродвигателей, следует выполнять с особой тщательностью и высокой точностью. Сопротивление обмоток электродвигателей постоянному току измеряют либо с помощью амперметра и вольтметра, либо методом двойного моста.

При измерении сопротивления особое значение имеет правильное **определение температуры обмотки**. Для измерения температуры применяют как заложенные температурные индикаторы, так и встраиваемые термометры и температурные индикаторы, которые должны быть введены не позднее, чем за 15 мин до начала измерения сопротивления.

Устанавливают для измерения температуры обмоток электродвигателей мощностью:

- ♦ до 10 кВт — один термометр или температурный индикатор;
- ♦ до 100 кВт — не менее двух;
- ♦ от 100 до 1000 кВт — не менее трех;
- ♦ свыше 1000 кВт — не менее четырех.

За температуру обмоток принимается среднее арифметическое измеренных значений.

ПРИМЕЧАНИЕ

При измерении сопротивлений обмоток электродвигателя в практически холодном состоянии температура обмоток не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на $\pm 3^\circ\text{C}$.

Если невозможно непосредственно измерить температуру обмоток, электродвигатель должен находиться в нерабочем состоянии до измерения сопротивления обмоток в течение времени, достаточного для того, чтобы все части электродвигателя приняли температуру окружающей среды. Изменение температуры окружающей среды за это время не должно превышать $\pm 5^\circ\text{C}$. За температуру обмоток электродвигателя принимают температуру окружающей среды в момент измерения сопротивлений. Измерение сопротивления повторяют несколько раз.

ONLINE ВИДЕО



*Перемотка
электродвигателя
15 кВт 1500 об/мин.*



*Почему после перемотки
электродвигатель
долго не работает*



*Схема перемотки
электродвигателя
Citycoco*



*Процесс перемотки
электродвигателя
5,5 кВт 1000 об/мин.
Для начинающих*



*Процесс перемотки
электродвигателя
7,5 кВт 750 об/мин.*

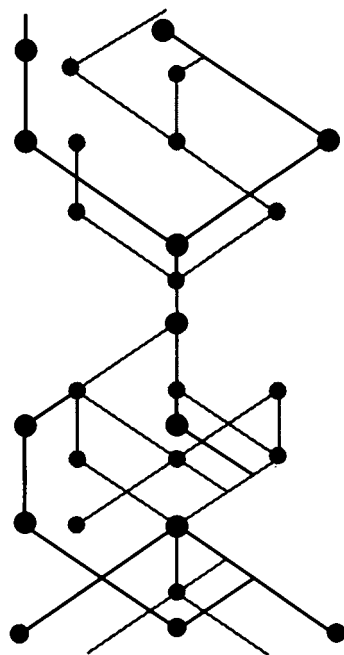


*Перемотка электродви-
гателя своими руками.
Двигатель 3 кВт.
1500 об/мин.*

 <p><i>Перемотка электродвигателя</i></p>	 <p><i>Перемотка электродви- гателя 1500 об/мин.</i></p>	 <p><i>Правильная схема перемотки моторов</i></p>
 <p><i>Трехфазный электродви- гатель, схема подклю- чения и реверса</i></p>	 <p><i>Как подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть</i></p>	 <p><i>Как подключить двига- тель 380 на 220 легко быстро просто</i></p>
 <p><i>Как быстро и просто подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть</i></p>	 <p><i>Подключение асин- хронного двигателя. Определение типа двигателя</i></p>	 <p><i>Подключение асинхронного однофаз- ного электродвигателя 220 вольт</i></p>
 <p><i>Подключение электродвигателя 380 на 220 В</i></p>	 <p><i>Подключение трехфазного двигателя к однофазной сети</i></p>	 <p><i>Подключение электродвигателя 380 на 220 В</i></p>
 <p><i>Этому не учат, а стоило бы. Чем отличается звезда от треугольника?</i></p>	 <p><i>Подключение электромотора 380/220V звездой и треугольником</i></p>	 <p><i>Подключить трехфазный двигатель в однофазную сеть. Пусковой и рабочий конденсаторы</i></p>

АППАРАТЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОММУТАЦИИ

- *Выключатели автоматические*
- *Концевые выключатели*
- *Пакетные выключатели*
- *Электронные и электромагнитные пускатели*
- *Реле в устройствах защиты*
- *Реле времени*
- *Реле контроля фаз*
- *Реле максимального и минимального напряжения*
- *Реле промежуточные*
- *Реле тепловые токовые*
- *Реле токовые*
- *Указательные реле*
- *Твердотельные оптоэлектронные реле*



ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКИЕ

Выключатели автоматические серии АЕ1000 (однополюсные)

Выключатели автоматические серии АЕ1000 (однополюсные) предназначены для защиты осветительных электрических цепей переменного тока напряжением 380 В частоты 50 и 60 Гц при перегрузках и токах короткого замыкания и для нечастых (до 30 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей вручную. Выключатели выпускаются для ремонтных целей.

ONLINE ВИДЕО



Устройство ВА
советского
производства

Структура условного обозначения автоматических выключателей серии АЕ1000 АЕ10312У2:

- ♦ АЕ10312У2 — серия;
- ♦ АЕ10312У2 — порядковый номер разработки;
- ♦ АЕ10312У2 — номинальный ток;
- ♦ АЕ10312У2 — число полюсов;
- ♦ АЕ10312У2 — вид максимального расцепителя тока: 1 — электромагнитный и тепловой; 2 — тепловой;
- ♦ АЕ10312У2 — климатическое исполнение и категория размещения.

Присоединение внешних проводников допускается переднее и заднее. Присоединительные зажимы выключателей рассчитаны на непосредственное присоединение сечением от 1 до 6 мм².

Выключатели автоматические серии АЕ2000

Выключатели автоматические серии АЕ2000 предназначены для проведения тока в нормальном режиме в электрических цепях напряжением до 380 В, переменного тока частоты 50 и 60 Гц, для защиты электрических цепей от токов короткого замыкания и токов перегрузки, для защиты, пуска и остановки асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в час.

Структура условного обозначения автоматических выключателей серии АЕ2000 **АЕ20 46100 00-УЗ-А:**

- ♦ **АЕ20** 46100 00-УЗ-А — серия;
- ♦ **АЕ20** 46100 00-УЗ-А — порядковый номер разработки;
- ♦ **АЕ20** **4**6100 00-УЗ-А — размер выключателя в зависимости I_{ном}
- ♦ **АЕ20** **46**100 00-УЗ-А — число полюсов;
- ♦ **АЕ20** 46**1**00 00-УЗ-А — наличие свободных контактов;
- ♦ **АЕ20** 461**00** 00-УЗ-А — наличие дополнительных расцепителей;
- ♦ **АЕ20** 4610**0** 00-УЗ-А — исполнение в зависимости от компенсации и регулировки номинального тока теплового расцепителя;
- ♦ **АЕ20** 46100 **00**-УЗ-А — степень защиты по ГОСТ 14255-69;
- ♦ **АЕ20** 46100 00-**УЗ**-А — климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69, ГОСТ 15543-70;
- ♦ **АЕ20** 46100 00-УЗ-**А** — класс износостойкости.

Возможные обозначения автоматических выключателей серии АЕ2000:

- ♦ размер выключателя в зависимости от номинального тока: 2 — 16 А; 3 — 25 А; 4 — 63 А; 5 — 100 А; 6 — 160 А;
- ♦ число полюсов: 2 — двухполюсные с электромагнитным расцепителем в габарите трехполюсного; 3 — трехполюсные с электромагнитным расцепителем; 4 — однополюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями; 5 — двухполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями в габарите трехполюсного; 6 — трехполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями; 7 — четырехполюсные с электромагнитным расцепителем; 8 — четырехполюсные с электромагнитным и тепловым расцепителями;
- ♦ наличие свободных контактов: 1 — без свободного контакта; 2 — 1з; 3 — 1р; 4 — 1з и 1р;

ONLINE ВИДЕО



Обзор выключа-
теля АЕ 2056
МР 100-00 УЗА,
660В, 50Гц, 63А

- ♦ наличие дополнительных расцепителей напряжения: 0 — отсутствует; 1 — минимальный; 2 — независимый; 3 — минимальный и независимый.

Исполнение в зависимости от компенсации и регулировки номинального тока теплового расцепителя:

- ♦ Р — регулировка номинального тока тепловых расцепителей и температурная компенсация;
- ♦ Н — регулировка номинального тока тепловых расцепителей без температурной компенсации;
- ♦ Б — без регулировки и компенсации для расцепительных пунктов (с уменьшенными габаритами);
- ♦ О — без регулировки и компенсации.

Степень защиты по ГОСТ 14255–69: **00** — IP00; **20** — IP20; **54** — IP54.
Класс износостойкости: **А** — первый; **Б** — второй.

ONLINE ВИДЕО



*Установка
выдвижного
устройства
на стационарные
автоматические
выключатели серий
BA57-39 и BA51-39*

Выключатели автоматические типа BA51, BA52

Выключатели автоматические типа BA51, BA52 предназначены для отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей.

Структура условного обозначения автоматических выключателей серии BA — **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ**:

- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — серия выключателя;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — номинальный ток;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — число полюсов и количество максимальных расцепителей тока;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — исполнение максимальных расцепителей тока по зоне защиты;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — исполнение;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — вид привода;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — исполнение по дополнительным механизмам;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — степень защиты по ГОСТ 14255–89: IP20, IP00;
- ♦ **BA25 32х 10 ГОСТ УЗ** — климатическое исполнение и категория размещения.

Возможные обозначения автоматических выключателей серии ВА:

- ♦ серия выключателя: 1 — средней коммутационной способности; 2 (7) — повышенной коммутативной способности;
- ♦ номинальный ток: 25 — 25 А; 35 — 250 А; 37 — 400 А; 39 — 630 А;
- ♦ число полюсов и количество максимальных расцепителей тока: 3 — 3 полюса с расцепителями максимального тока в каждом полюсе; 4 — 2 полюса с расцепителями максимального тока в двух полюсах в 3-полюсном конструктивном исполнении выключателя;
- ♦ исполнение максимальных расцепителей тока по зоне защиты: 2 (3) — расцепитель в зоне токов короткого замыкания; 4 — расцепитель в зонах короткого замыкания и перегрузки;
- ♦ вид привода и способ установки выключателя: 1 — ручной привод, стационарное исполнение; 3 — электромагнитный привод, стационарное исполнение; 5 — ручной дистанционный привод, выдвижное исполнение; 7 — электромагнитный привод, выдвижное исполнение;
- ♦ исполнение по дополнительным механизмам: 0 — отсутствуют; 5 — ручной дистанционный привод для оперирования через дверь распределительного устройства выключателем стационарного исполнения с ручным приводом; 6 — устройство для блокировки положения «отключено» выключателя стационарного исполнения с ручным приводом.

ONLINE ВИДЕО

Автоматический
выключатель
ВА51-39
и ВА57-39

**Автоматические выключатели
серии АП 50Б**

Автоматические выключатели серии АП 50Б предназначены для защиты от перегрузок и коротких замыканий электрических цепей напряжением до 220 В постоянного тока, до 500 В переменного тока частоты 50/60 Гц, оперативных включений и отключений указанных цепей с частотой до 30 включений в час, в том числе для пуска, защиты и отключения электродвигателей.

Структура условного обозначения автоматических выключателей серии АП — **АП 3МТ Д-У2**:

- ♦ **АП 3МТ Д-У2** — серия;
- ♦ **АП 3МТ Д-У2** — количество и вид максимального расцепителя тока;
- ♦ **АП 3МТ Д-У2** — дополнительные расцепители;
- ♦ **АП 3МТ Д-У2** — климатическое исполнение и категория размещения.

Возможные обозначения автоматических выключателей серии АП:

- ♦ максимальные расцепители тока: М — электромагнитный; Т — тепловой;
- ♦ дополнительные расцепители: Н — минимальный расцепитель напряжения; Д — независимый расцепитель; О — максимальный расцепитель тока в нулевом проводе;
- ♦ климатическое исполнение (У, ХЛ, Т) и категории размещения (2, 3, 5): УЗ, ТЗ, ХЛ5 — без дополнительной оболочки; У2, Т2, ХЛ5 — в дополнительной оболочке IP54.

ONLINE ВИДЕО



*Автоматический
выключатель АП50Б.
Устройство и работа*



*Автоматический
выключатель
серии АП50Б*



*Видеообзор:
устройство и работа
автомата типа АП-50
и модульной серии*

КОНЦЕВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Выключатели путевые серии ВПК

Выключатели путевые ВПК 2010, ВПК 2110, ВПК 2111, ВПК 2112, ВК-300 предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного напряжения до 660 В, частотой 50 и 60 Гц и постоянного напряжения до 440 В под воздействием управляющих упоров в определенных точках пути контролируемого объекта.

Основные технические характеристики выключателей ВПК приведены в табл. 48.1.

Технические характеристики выключателей серии ВПК

Таблица 48.1

Тип	Напряжение, В		Номинальный ток, А	Рабочий ход привода, мм	Усилие прямого срабатывания, Н	Коммутационная износостойкость, циклов В/О	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
	Переменное	Постоянное						
ВПК2110	660	440	10	5,3	15	2,0 × 106	0,3	84 × 55 × 48
ВПК2111	660	440	10	5,3	15	2,0 × 106	0,3	117 × 55 × 48
ВПК2112	660	440	10	7,5	15	2,0 × 106	0,3	106 × 55 × 48
ВК-300	660	440	16	10,5	80	2,0 × 106	0,3	122 × 60 × 67

ONLINE ВИДЕО



Выключатель путевой
конечный ВПК-2010



Устройство путевого
выключателя



Выключатель
ВПК-2110

Конечные выключатели рычажные серии КУ-700А

Выключатели серии КУ-700А предназначены для включения и выключения цепей управления механизмов и применяются в качестве путевых.

Технические характеристики конечных выключателей рычажных серии КУ-700А приведены в табл. 48.2.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Конечные выключатели рычажные
серии КУ-700А

Технические характеристики конечных выключателей рычажных серии КУ-700А

Таблица 48.2

Характеристика	Значение
Основные технические характеристики	
частота включений в час	до 600
ток продолжительного режима, А	16
раствор контактов, мм	9
контактное нажатие, Н	0,25±0,025
Включаемый ток, А	
переменное напряжение до 500 В	50
постоянное напряжение 100, 220, 440 В	25
Предельная скорость привода, м/мин	
КУ-701А (рычаг с роликом)	150

Характеристика	Значение
КУ-703А (груз с противовесом)	не ограничена
КУ-704А (рычаг пластинчатый)	100
Отключаемый ток, А	
переменное напряжение до 500 В	16;
постоянное напряжение	(100 В) 2,5 (220 В) 1,5 (440 В) 0,5
Габаритные размеры, мм / масса, кг	
КУ-701А	133×158×202/2,7
КУ-703А	133×178×202/9,9
КУ-704А	133×158×202/2,7

ONLINE ВИДЕО



Конечный выключатель
серии КУ 701
от «ЭнергоТехКомплект»



Концевой выключатель
КУ 701 Y2



Выключатели конечные.
Назначение и обзор раз-
ных типов конечников

ПАКЕТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Пакетные выключатели серии ПВ

Пакетные выключатели серии ПВ предназначены для работы в качестве вводных выключателей, выключателей цепей управления и распределения электрической энергии и для ручного управления асинхронными электродвигателями в электрических цепях напряжением до 440 В переменного тока частотой 50, 60 и 400 Гц и до 240 В постоянного тока.

Пакетные выключатели ПВП предназначены для установки в щитовых устройствах жилых домов и промышленных предприятий в качестве коммутационных аппаратов в электрических цепях с номинальным напряжением до 440 В переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Исполнения:

I — крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 4 мм, заднее присоединение внешних проводов;

II — крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 24 мм, заднее присоединение внешних проводов;

III — крепление задней скобой, установка внутри шкафа, переднее присоединение внешних проводов;

IV — крепление за оболочку.

Габаритные и установочные размеры выключателей ПВ и ПВП приведены далее в **табл. 49.1**.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*Пакетные
выключатели
и переключатели
серии ПВ, ПП*

ONLINE ВИДЕО



*Пакетный выключатель
ПВ продажа, типы,
схема, характеристики
пакетников*



*Пакетный переключатель (выключатель).
Принцип работы
и устройство пакетника*



*Пакетный выключатель:
устройство и немного
о ловле «зайчиков»*

Пакетные выключатели серии ВП

Выключатели пакетные серии ВП предназначены для работы в электрических цепях напряжением до 380 В переменного тока частотой 50 Гц и до 220 В постоянного тока в качестве вводных выключателей, выключателей цепей управления и распределения электрической энергии и для ручного управления асинхронными двигателями.

Масса (в зависимости от исполнения) составляет 0,15–0,75 кг. Технические характеристики **пакетных выключателей серии ВП** приведены в табл. 49.1. Пакетные выключатели изготавливаются в исполнениях, приведенных в табл. 49.2.

Технические характеристики пакетных выключателей серии ВП

Таблица 49.1

Род тока	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А			
		ВП1-16	ВП2-16, ВП3-16	ВП2-40, ВП3-40	ВП2-63, ВП3-63
Переменный (50 Гц)	220	8	16	40	63
	380	–	10	25	40
Постоянный	220	8	16	–	–

Виды исполнения пакетных выключателей

Таблица 49.2

Исполнение	Способ крепления	Способ монтажа	Присоединение внешних проводников	Степень защиты
I	Скобами	Установка за панелью толщиной 4 мм	Заднее	IP00
II		Установка за панелью толщиной 24 мм		
III	За основание	Внутри шкафа на панели	Переднее	IP30
IV (только ВПх-16)	За оболочку	–		

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ

ONLINE ВИДЕО



*Магнитный
пускатель. Что
это и для чего?*

Назначение пускателей

Электронные и электромагнитные ускатели предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором переменного напряжения до 660 В частоты 50 Гц. При наличии тепловых реле пускатели осуществляют защиту управляемых

электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании включающей катушки помехоподавляющим устройством или при тиристорном управлении.

Пускатели электронные ПЭ-001—ПЭ-004

Пускатели электронные типов ПЭ-001—ПЭ-004 предназначены для пуска одно- и трехфазных двигателей от однофазной сети без конденсаторов. Основу пускателей составляет электронный преобразователь фаз одноканальный А1 или двухканальный А2, которые поставляют самостоятельно или встроенными в корпус ПНВС-10У2 согласно табл. 50.1.

Характеристики пускателей электронных

Таблица 50.1

Тип пускателя	Одноканальный преобразователь А1	Двухканальный преобразователь А2	Время пуска не более, с	Мощность двигателя не более, кВт	ПНВС-10У2
ПЭ-001	+	–	3	2,5	–
ПЭ-002	–	+	3	2,5	–
ПЭ-003	+	–	3	2,5	+
ПЭ-004	–	+	3	2,5	+

Пускатели ПЭ-001, ПЭ-002 имеют **встроенный резистор для сдвига фазных токов** во времени. В пускателях ПЭ-003, ПЭ-004 преобразователь фаз и резистор встроены в ПНВС-10У2.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Пускатели
электронные
ПЭ-001 – ПЭ-004

|| Пускатели || ПМ12

Пускатели ПМ12 предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска, непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных двигателем с короткозамкнутым ротором переменного напряжения до 380В частоты 50 и 60 Гц.

При наличии тепловых реле пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз. Пускатели пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании включающей катушки помехоподавляющим устройством или при тиристорном управлении.

Структура обозначения пускателей ПМ12 — ПМ12-025240-УЗ-Б:

- ♦ **ПМ12**-025240-УЗ-Б — пускатель ПМ12
- ♦ ПМ12-**025240**-УЗ-Б — номинальный ток, А;
- ♦ ПМ12-025**240**-УЗ-Б — исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле;
- ♦ ПМ12-02524**0**-УЗ-Б — исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок;
- ♦ ПМ12-025240-УЗ-**Б** — исполнение пускателей по числу и исполнению контактов вспомогательной цепи;
- ♦ ПМ12-025240-УЗ-Б — климатическое исполнение;
- ♦ ПМ12-025240-УЗ-**Б** — исполнение по износостойкости.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Магнитные
пускатели серии
ПМ-12

Номинальный ток: 010 — 10 А; 025 — 25 А; 040 — 40 А; 063 — 63 А; 100 — 100 А; 160 — 160 А; 250 — 250 А.

Исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле: 1 — нереверсивный пускатель без теплового реле; 2 — нереверсивный пускатель с тепловым реле; 5 — реверсивный пускатель без теплового реле, с механической блокировкой и степенью защиты IP00; 6 — реверсивный пускатель с тепловым реле, с электрической и механической блокировками.

Исполнение пускателей по степени защиты IP и наличию кнопок: 0 — IP00 без кнопок; 1 — IP54 с кнопкой R; 2 — IP54 с кнопками П+С; 3 — IP54 с кнопками П+С+Л; 4 — IP40 без кнопок; 5 — IP20 без кнопок; 6 — IP40 с кнопками П+С; 7 — IP40 с кнопками П+С+Л.

Исполнение по износостойкости: А — 0,32 млн. циклов; Б — 0,1 млн. циклов; В — 0,03 млн. циклов.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМ12 приведены в табл. 50.2.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМ12

Таблица 50.2

Наименование	Напряжение управления, В	Дополнительные контакты (з — замыкающий, р — размыкающий)	Кнопки	Степень защиты	Тепловое реле, ток, А
ПМ12-010100	220, 380	3з2р	Нет	IP00	Нет
ПМ12-010200	220, 380	3з2р	Нет	IP00	7–10
ПМ12-010140	220, 380	3з2р	Нет	IP40	Нет
ПМ12-010240	220, 380	3з2р	Нет	IP40	7–10
ПМ12-010160	220, 380	2з1р	П, С	IP40	Нет
ПМ12-010270	220, 380	2з1р	П, С	IP40	7–10
ПМ12-010500	220, 380	4з2р	Нет	IP00	Нет
ПМ12-010640	220, 380	4з2р	Нет	IP40	7–10
ПМ12-025100	220, 380	1з	Нет	IP00	Нет
ПМ12-025110	220, 380	1з	Нет	IP54	Нет
ПМ12-025220	220, 380	1з	П, С	IP54	21,3–25
ПМ12-025501	220, 380	2р	Нет	IP00	Нет
ПМ12-063111	220 380	2з2р	Нет	IP54	Нет
ПМ12-063151	220 380	2з2р	Нет	IP20	Нет
ПМ12-063221	220, 380	2з2р	П, С	IP54	53,5–63
ПМ12-063621	220, 380	2з2р	П, П, С	IP54	53,5–63
ПМ12-100110	220, 380	2з2р	Нет	IP54	Нет
ПМ12-100140	220, 380	2з2р	Нет	IP40	Нет
ПМ12-100150	220, 380	2з2р	Нет	IP20	Нет
ПМ12-100210	220, 380	2з2р	Нет	IP54	85,0–115,0
ПМ12-100220	220, 380	2з2р	П, С	IP54	85,0–115,0
ПМ12-100240	220, 380	2з2р	Нет	IP40	85,0–115,0
ПМ12-100250	220, 380	2з2р	Нет	IP20	85,0–115,0
ПМ12-100260	220, 380	2з2р	П, С	IP40	85,0–115,0
ПМ12-100500	220, 380	4з2р	Нет	IP00	Нет

Таблица 50.2 (продолжение)

Наименование	Напряжение управления, В	Дополнительные контакты (з — замыкающий, р — размыкающий)	Кнопки	Степень защиты	Тепловое реле, ток, А
ПМ12-100640	220, 380	4з2р	Нет	IP40	85,0–115,0
ПМ12-160110	220, 380	2з2р	Нет	IP54	Нет
ПМ12-160140	220, 380	2з2р	Нет	IP40	Нет
ПМ12-160150	220, 380	2з2р	Нет	IP20	Нет
ПМ12-160210	220, 380	2з2р	Нет	IP54	136–184
ПМ12-160220	220, 380	2з2р	П, С	IP54	136–184
ПМ12-160240	220, 380	2з2р	Нет	IP40	136–184
ПМ12-160250	220, 380	2з2р	Нет	IP20	136–184
ПМ12-160260	220, 380	2з2р	П, С	IP40	136–184
ПМ12-160500	220, 380	4з2р	Нет	IP00	Нет
ПМ12-160640	220, 380	4з2р	Нет	IP40	136–184
ПМ12-250150	220, 380	2з2р	Нет	IP00	Нет
ПМ12-250500	220, 380	2з2р	Нет	IP00	Нет

Габаритные размеры пускателей типа ПМ

Таблица 50.3

Наименование	Материал корпуса	Н, мм	Л, мм	В, мм
ПМ12-010100	Нет	39	56	104
ПМ12-010200	Нет	39	94	104
ПМ12-010140	Сталь	104	171	121
ПМ12-010240	Сталь	104	171	121
ПМ12-010160	Сталь	104	171	126
ПМ12-010270	Сталь	104	171	126
ПМ12-010500	Нет	83	73	110
ПМ12-010640	Сталь	137	181	122
ПМ12-025100	Нет	53	76	92
ПМ12-025110	Сталь	132	230	138
ПМ12-025220	Сталь	132	230	140
ПМ12-025501	Нет	113	85	102
ПМ12-063111	Сталь	205	235	171
ПМ12-063151	Нет	87	112	115
ПМ12-063221	Сталь	205	300	173
ПМ12-063621	Сталь	221	300	173
ПМ12-100110	Сталь	243	386	215
ПМ12-100140	Сталь	243	348	201
ПМ12-100150	Нет	119	144	138
ПМ12-100210	Сталь	322	595	235
ПМ12-100220	Сталь	322	595	235
ПМ12-100240	Сталь	322	555	228
ПМ12-100260	Сталь	322	555	228
ПМ12-100500	Нет	293	151	146
ПМ12-100640	Сталь	450	555	233
ПМ12-160110	Сталь	230	480	322

Таблица 50.3 (продолжение)

Наименование	Материал корпуса	H, мм	L, мм	B, мм
ПМ12-160140	Сталь	223	440	322
ПМ12-160150	Нет	162	175	137
ПМ12-160210	Сталь	235	595	322
ПМ12-160220	Сталь	235	595	322
ПМ12-160240	Сталь	228	555	322
ПМ12-160250	Нет	264	264	140
ПМ12-160260	Сталь	228	555	322
ПМ12-160500	Нет	176	182	340
ПМ12-160640	Сталь	207	168	430
ПМ12-250150	Нет	162	200	145
ПМ12-250500	Нет	197,5	208	365

ONLINE ВИДЕО



Пускатели ПМ12



*Магнитный пускатель
ПМ-12. Что делать
при установке нового
пускателя?*



*Пускатель
или контактор?
Чем отличается пуска-
тель от контактора?*

Пускатели электромагнитные серии ПМЕ

Пускатели электромагнитные серии ПМЕ предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором переменного напряжения 660 В частоты 50 и 60 Гц. При наличии трехполюсных тепловых реле серий РТТ и РТЛ пускатели осуществляют защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз.

Пускатели пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники при шунтировании включающей катушки помехоподавляющим устройством или при тиристорном управлении. Предназначены для дистанционного пуска непосредствен-

ным подключением к сети и отключения трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Дополнительные функции: реверсирование, при наличии тепловых реле — защита двигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, в т. ч. возникающих при выпадении одной из фаз, изменение схемы включения обмоток Y/Δ.

Структура условного обозначения — ПМЕ 222: 2 — величина пускателей в зависимости от номинального тока; 2 — степень защиты; 2 — назначение и наличие теплового реле:

ПМЕ 222 — серии ПМЕ

ПМЕ 222 — величина пускателей в зависимости от номинального тока: 1 — 10 А; 2 — 25 А;

ПМЕ 222 — степень защиты: 1 — IP00; 2 — IP30; 3 — IP54;

ПМЕ 222 — назначение и наличие теплового реле: 1 — нереверсивный без теплового реле; 2 — нереверсивный с тепловым реле; 3 — реверсивный без теплового реле; 4 — реверсивный с тепловым реле.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМЕ приведены в табл. 50.4, а габаритные размеры приведены в табл. 50.5.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМЕ

Таблица 50.4

Наименование	Напряжение, В	Степень защиты	Тепловое реле, А
ПМЕ 211	220, 380	IP00	Нет
ПМЕ 212	220, 380	IP00	21–25
ПМЕ 221	220, 380	IP30	Нет
ПМЕ 222	220, 380	IP30	21–25

Габаритные размеры пускателей серии ПМЕ

Таблица 50.5

Наименование	Материал корпуса	В, мм	Л, мм	Н, мм
ПМЕ 211	Нет	88	92	116
ПМЕ 212	Нет	88	136	116
ПМЕ 221	Сталь	145	216	155
ПМЕ 222	Сталь	145	216	155

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Пускатели
электромагнитные
серии ПМЕ

ONLINE ВИДЕО



Загудел магнитный
пускатель ПМЕ-211.
Как избавиться
от этого?

ONLINE ВИДЕО



Подключение
электромагнитного
пускателя
ПМЕ 211

Магнитные пускатели серии ПМА

Пускатели электромагнитные серии ПМА предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором переменного напряжения 660 В частоты 50 и 60 Гц.

Структура условного обозначения ПМА — ПМА 3110:

- ♦ **ПМА** 3110 — магнитный пускатель ПМА;
- ♦ ПМА **3**110 — величина пускателей в зависимости от номинального тока (3 — 40 А; 4 — 63 А; 5 — 100 А; 6 — 160 А);
- ♦ ПМА 3**1**10 — назначение и наличие теплового реле (1 — нереверсивный без теплового реле; 2 — нереверсивный с тепловым реле; 3 — реверсивный без теплового реле с электрической блокировкой; 4 — реверсивный с тепловым реле с электрической блокировкой; 5 — реверсивный без теплового реле с электрической и механической блокировками; 6 — реверсивный с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 — нереверсивный с аппаратом позисторной защиты АЗП; 8 — реверсивный с АЗП и механической блокировкой; 9 — нереверсивный с аппаратом позисторной защиты УВТЗ-1М; 0 — реверсивный с УВТЗ-1М и с механической и электрической блокировками);
- ♦ ПМА 31**1**0 — степень защиты и наличие кнопок (0 — IP00 без кнопок; 1 — IP40 без кнопок; 2 — IP54 без кнопок; 3 — IP40 с кнопками П+С; 4 — IP54 с кнопками П+С; 5 — IP40 с кнопками П+С+сигнальная лампа; 6 — IP54 с кнопками П+С+ сигнальная лампа);
- ♦ ПМА 311**0** — род тока цепи управления (0 — переменный; 1 — постоянный).

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМА представлены в табл. 50.6.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМА

Таблица 50.6

Параметры	ПМА 3000	ПМА 4000	ПМА 5000	ПМА 6000
Номинальный ток, А	40	63	100	160
Номинальное напряжение, В, катушек управления при постоянном токе	24, 48, 60, 110, 220, 600			
Номинальное напряжение, В, катушек управления при частоте цепи управления ~50 Гц	24, 36, 127, 220, 380, 440, 500, 600			
Номинальное напряжение, В, катушек управления при частоте цепи управления ~60 Гц	24, 115, 220, 380, 400			

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

*Соответствие
и взаимозамена
пускателей серий
ПМА и ПМ12*

ONLINE ВИДЕО

Магнитный пускатель ПМА 3102 УХЛ4. Схема подключения с кнопочной станцией

ONLINE ВИДЕО

Разборка магнитного пускателя ПМА-310. Серебро, медь, карюолит

Выпускаются в **четырёх исполнениях**: открытое и закрытое с тепловым реле и без. Ток теплового реле пускателя соответствует номинальному току пускателя. Напряжение главной цепи пускателей ПМА составляет 380–660 В. Степень защиты соответствует IP00, IP40, IP54.

|| Магнитные пускатели серии ПМЛ

Пускатели электромагнитные серии ПМЛ предназначены для применения в стационарных установках для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором переменного напряжения 660 В частоты 50 и 60 Гц.

Структура условного обозначения магнитных пускателей серии ПМЛ — ПМЛ 1220:

- 1 — величина пускателей в зависимости от номинального тока;
- 2 — назначение и наличие теплового реле;
- 2 — степень защиты и наличие кнопок;
- 0 — число контактов вспомогательной цепи.

Возможные обозначения магнитных пускателей серии ПМЛ:

- ♦ величина пускателей в зависимости от номинального тока (1 — 10 А; 2 — 25 А; 3 — 40 А; 4 — 63 А);
- ♦ назначение и наличие теплового реле (1 — нереверсивный без теплового реле; 2 — нереверсивный с тепловым реле; 5 — реверсивный пускатель без теплового реле с электрической и механической блокировками; 6 — реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 — пускатель звезда-треугольник);

- ♦ степень защиты и наличие кнопок (0 — IP00 без кнопок; 1 — IP54 без кнопок; 2 — IP54 с кнопками П+С; 3 — IP54 с кнопками П+С+сигнальная лампа).

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМЛ приведены в табл. 50.7.

Основные технические параметры магнитных пускателей серии ПМЛ

Таблица 50.7

Параметры пускателей	100 В	110 В	210 В	220 В	230 В
Величина номинального тока, А	10–63				
Исполнение и наличие термореле	Нереверсивный без термореле		Нереверсивный с термореле		
Степень защиты и наличие кнопок	IP00	IP54 без кнопок	IP54 без кнопок	IP54 с кнопками [Пуск] [Стоп]	IP54 с кнопками [Пуск] [Стоп] и сигнальной лампой

Габаритные размеры пускателей серии ПМЛ

Таблица 50.8

Наименование	В, мм	Л, мм	Н, мм	Наименование	В, мм	Л, мм	Н, мм
ПМЛ 1100, ПМЛ 1101	64	78	74*	ПМЛ 3100	75	127	107*
ПМЛ 1110, ПМЛ 1111	103	180	125	ПМЛ 3110, ПМЛ 3120	164	280	166
ПМЛ 1210, ПМЛ 1220	87	160	116	ПМЛ 3220, ПМЛ 3230	164	280	166
ПМЛ 1501	103	78	78*	ПМЛ 3500	165	127	137*
ПМЛ 1611, ПМЛ 1621	123	280	130	ПМЛ 3610, ПМЛ 3620	258	309	171
ПМЛ 2100, ПМЛ 2101	76	88	89*	ПМЛ 4100	75	127	107*
ПМЛ 2210, ПМЛ 2220	142	270	136	ПМЛ 4110, ПМЛ 4210	164	280	166
ПМЛ 2230	101	185	142	ПМЛ 4220, ПМЛ 4230	164	280	166
ПМЛ 2501	128	100	149*	ПМЛ 4500	165	126	137*
ПМЛ 2611, ПМЛ 2621	123	280	143	ПМЛ 4610, ПМЛ 4620	258	309	171

Примечание. * — Размер без учета приставки ПКЛ (ПКЛ — приставка контактная фронтального присоединения для пускателей до 80 А).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Пускатели магнит-
ные серии ПМА

ONLINE ВИДЕО



Пускатель магнит-
ный ПМЛ или ПМЕ.
Какой лучше?

ONLINE ВИДЕО



Пускатели
серии ПМЛ

РЕЛЕ В УСТРОЙСТВАХ ЗАЩИТЫ

Классификация реле

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Реле – это устройство для коммутации электрических цепей по сигналу извне (англ. Relay – смена, эстафета, дорожная станция, где заменяли лошадей; франц. relais, от relayer – сменять, заменять).

Любое релейное устройство, как и реле для коммутации электрических цепей, состоит из **двух основных частей**:

- ♦ релейного элемента (с двумя состояниями устойчивого равновесия);
- ♦ группы электрических контактов, которые замыкаются (или размыкаются) при переключении релейного элемента.

По способу подключения к главной электрической цепи реле разделяются на:

- ♦ первичные, подключаемые непосредственно к главной электрической цепи;
- ♦ вторичные, подключаемые через индуктивную или емкостную связь.

По способу воздействия на отключающее электрическую установку различают реле:

- ♦ прямого действия (непосредственно воздействуют на отключающее устройство);
- ♦ косвенного действия (воздействуют через промежуточный элемент).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Какие виды
релейной защиты
существуют

По назначению реле подразделяются на:

- ♦ измерительные, предназначенные для срабатывания с определенной точностью при заранее установленном значении воздействующей величины в пределах непрерывного диапазона ее изменения;
- ♦ логические, предназначенные для срабатывания или возврата при дискретном изменении воздействующей величины.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

*Измерительное реле, выполняющее функции нескольких реле, объединенных логической связью, называется **комбинированным**.*

Измерительные реле

Измерительные реле, предназначенные для срабатывания при значениях воздействующей величины, больших заданного, называются максимальными реле, при значениях воздействующей величины, меньших заданного, — минимальными реле.

По виду воздействующей величины измерительные реле различают:

- ♦ тока
- ♦ напряжения;
- ♦ мощности;
- ♦ сдвига фаз;
- ♦ направления мощности;
- ♦ сопротивления;
- ♦ симметричных составляющих;
- ♦ частоты.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Что такое
измерительное
реле?*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Логические реле
и ПЛК:
зачем это нужно
и как работает?*

Логические реле

Помимо **измерительных реле** в устройствах защиты широкое распространение получили **логические реле**. Сюда относятся реле:

- ♦ промежуточные для расширения функций других реле;
- ♦ указательные для указания срабатывания других реле;

- ♦ времени для срабатывания с регулируемой выдержкой времени, имеющей заданную точность;
- ♦ замедленное для срабатывания или возврата со специально предусмотренным замедлением.

Реле защиты

По принципу действия **реле защиты** разделяются на следующие группы:

- ♦ электромагнитные реле (работа основана на воздействии магнитного поля обтекаемой током обмотки на ферромагнитный якорь);
- ♦ поляризованные реле (электромагнитное реле со вспомогательным поляризующим магнитным полем);
- ♦ магнитоэлектрические реле (работа основана на взаимодействии постоянного магнита и обтекаемой током реле обмотки);
- ♦ индукционные реле (работа основана на взаимодействии магнитных полей неподвижных обмоток с магнитными полями токов, индуцируемых в подвижном элементе);
- ♦ полупроводниковые реле (работа основана на использовании свойств полупроводниковых приборов).

ONLINE ВИДЕО



*Защита от переплюсовки
напряжения на реле.
Две схемы.
Как это работает?*



*Надежная защита от
перепадов напряжения.
Устройство защиты
Барьер*



*Защита от короткого
замыкания на реле
и кнопки. Работает
быстрее предохранителя*

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле времени:
типы, применение,
принцип работы

Назначение и основные характеристики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Реле времени – это устройства, предназначенные для автоматического включения или выключения электрической цепи через заданный промежуток времени, чтобы обеспечивать задержку срабатывания в электрических схемах управления различным оборудованием.

Реле времени применяются повсеместно — в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве, в системах освещения, в бытовой технике и многих других областях. Они позволяют автоматизировать процессы включения и выключения, устанавливать необходимую последовательность срабатывания разных механизмов.

Существует множество разновидностей реле времени, отличающихся принципом действия и конструкцией. Они могут быть электромагнитными, моторными, электронными, пневматическими и другими.

Основные технические характеристики представлены в табл. 52.1.

Основные технические характеристики

Таблица 52.1

Тип реле	Диапазон выдержек времени	Диапазон питающих напряжений, В		Количество контактов замыкающих/размыкающих/переключающих
		Постоянный ток	Переменный ток	
2РВМ	Суточное	-	220	2/-/-
ВС-43-3	1 с–60 ч	-	12–240	-/-/3
ВС-43-6	1 с–60 ч	-	12–240	-/-/6
ВС-33	0,2 с–60 ч	-	24–240	1/1/1
ВЛ-54	0,1 с–30 ч	-	220	-/-/2

Таблица 52.1 (продолжение)

Тип реле	Диапазон выдержек времени	Диапазон питающих напряжений, В		Количество контактов замыкающих/размыкающих/переключающих
		Постоянный ток	Переменный ток	
ВЛ-55	0,1 с–30 с	–	220	–/–/2
ВЛ-56	0,1 с–100 ч	24–220	110–220	–/–/3
ВЛ-59	0,1 с–1000 с	24–220	110–240	–/–/1
ВЛ-64	0,1 с–30 ч	24–220	110–220	1/1/–
ВЛ-65	0,1 с–30 ч	–	110–240	1/1/–
ВЛ-66	0,1 с–99 ч	24–220	110–240	1/1/–
ВЛ-67	0,1 с–99 ч	24–220	110–240	1/1/–
ВЛ-68	0,1 с–99,9 ч	24–220	110–240	1/1/–
ВЛ-69	0,1 с–99 с	24–220	110–240	1/1/–
ВЛ-66-С	0,1 с–99 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-67-С	0,1 с–99 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-68-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-69-С	0,1 с–100 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-73	0,1 с–99 ч	24–110	24–220	1/1/1
ВЛ-74	0,1 с–99 ч	24–110	24–220	–/–/2
ВЛ-75	0,1 с–99 ч	24–110	24–240	–/–/2
ВЛ-76	0,1 с–99 ч	24–110	24–240	–/–/2
ВЛ-77	0,1 с–99 ч	24–110	24–240	–/–/2
ВЛ-78	0,1 с–99 ч	110	110–240	1/1/–
ВЛ-79	0,1 с–29,7 с	110, 220	110–240	–/–/2
ВЛ-74-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-75-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-76-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-77-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–
ВЛ-78-С	0,1 с–999 ч	24–220	24–220	1/1/–

Реле времени серии РВ-100, РВ-200

Реле времени серии РВ-100, РВ-200 применяются в схемах защиты и автоматики для получения регулируемой выдержки времени. Контактные устройства реле типов РВ-114, РВ-124, РВ-134, РВ-144, РВ-217, РВ-227, РВ-237, РВ-247 имеют:

- ♦ один конечный замыкающий контакт с регулируемой выдержкой времени и один мгновенный переключающий;
- ♦ реле типов РВ-113, РВ-127, РВ-133, РВ-143 — один конечный с регулируемой выдержкой времени и один мгновенный замыкающий контакты;

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле времени
серии РВ-100,
РВ-200

- ♦ реле типов РВ-112, РВ-128, РВ-132, РВ-142, РВ-218, РВ-228, РВ-238, РВ-248 — один скользящий, один конечный замыкающий с регулируемой выдержкой времени и один мгновенный переключающий контакты.

Масса реле не более 1,5 кг.

Характеристики реле приведены в табл. 52.2.

Характеристика реле времени серии РВ-100, РВ-200

Таблица 52.2

Тип реле	Пределы регулирования времени, с	Род тока, напряжение, В	Тип реле	Пределы регулирования времени, с	Род тока, напряжение, В
PB-112	0,1–1,3	Постоянный, 24, 48, 110, 220	PB-215	1–20	Постоянный, 24, 48, 110, 220
PB-113			PB-217	0,1–1,3	
PB-114			PB-218		
PB-124				PB-225	50 Гц. Переменный, 100, 110, 127, 220, 380
PB-127	0,25–3,5	Постоянный, 24, 48, 110, 220	PB-227	0,25–3,5	
PB-128			PB-228		
PB-132			PB-235		
PB-133	0,5–9	Постоянный, 24, 48, 110, 220	PB-237	0,5–9	
PB-134			PB-238		
PB-142			PB-245		
PB-143	1–20		PB-247	1–20	
PB-144		PB-248			

РЕЛЕ КОНТРОЛЯ ФАЗ

Реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13

Реле контроля трехфазного напряжения (реле обрыва фаз) ЕЛ-11, ЕЛ-12, ЕЛ-13 предназначены для использования в схемах автоматического управления для контроля наличия и симметрии напряжений. Реле могут также использоваться для контроля наличия и порядка чередования фаз в системах трехфазного напряжения, защиты от недопустимой асимметрии фазных напряжений и работы на двух фазах:

- источников и преобразователей электрической энергии — реле ЕЛ-11;
- трехфазных асинхронных двигателей общепромышленных серий мощностью до 100 кВ·А — реле ЕЛ-12;
- трехфазных крановых асинхронных двигателей и реверсивных электроприводов мощностью до 75 кВ·А — реле ЕЛ-13.

Крепление осуществляется на DIN-рейку и под винт.

Основные технические характеристики приведены в табл. 53.1.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле контроля
трехфазного
напряжения ЕЛ-11,
ЕЛ-12, ЕЛ-13

Основные технические параметры реле контроля трехфазного напряжения

Таблица 53.1

Параметры	ЕЛ-11	ЕЛ-12	ЕЛ-13
Номинальное линейное напряжение по исполнениям, В:			
частоты 50 Гц	100, 110, 220, 380, 400, 415	100, 220, 380	220, 380
частоты 60 Гц	220, 380, 400	-	220, 380
Допустимое колебание напряжения от номинального значения	-10 %...+15 %		
Срабатывание реле при:			
однофазном снижении напряжения	$(0,6 \pm 0,05)U_{\text{фн}}$	$(0,7 \pm 0,05)U_{\text{фн}}$	$(0,75 \pm 0,05)U_{\text{фн}}$
симметричном снижении фазных напряжений	$>0,7U_{\text{фн}}$	$>0,5U_{\text{фн}}$	$>0,5U_{\text{фн}}$
обрыве одной, двух или трех фаз	срабатывает	срабатывает	срабатывает
обратном порядке чередования фаз	срабатывает	срабатывает	не срабатывает

Таблица 53.1 (продолжение)

Параметры	ЕЛ-11	ЕЛ-12	ЕЛ-13
Климатическое исполнение и категория размещения	У3, Т3		УХЛ2, Т2
Диапазон выдержек, с	0,1–10		
Габаритные размеры, мм	45 × 70 × 100		
Масса реле, кг, не более	0,3		

Реле контроля фаз РКФ-М04-1-01, РКФ-М04-1-03

Реле контроля фаз РКФ-М04-1-01, РКФ-М04-1-03 предназначены для:

- ♦ обнаружения кратковременных пропаданий напряжения по одной, двум или всем трем фазам в схемах АПВ для обеспечения нормального перезапуска системы (например, при срабатывании АВР);
- ♦ обнаружения кратковременных пропаданий напряжения по одной, двум или всем трем фазам (от 10 мс);
- ♦ контроля асимметрии фаз, порядка чередования фаз, обрыва фаз, «слипания» фаз.

Ширина корпуса 22,5 мм. Не требует дополнительного напряжения питания. Широкий диапазон напряжения контроля. Коммутируемый ток до 8 А при напряжении 250 В.

Работа реле. При подключении реле в соответствии с нижеприведенной схемой реле работает с памятью, т. е. после обнаружения кратковременного провала сети исполнительное реле отключается до снятия напряжения питания. Включение реле происходит через 1 с после включения питания при нормальном напряжении. При обнаружении аварийной ситуации длительностью более 0,5 с реле работает без памяти, т. е. после восстановления параметров сети до нормы реле включается автоматически через 1 с.

ПРИМЕЧАНИЕ

При желании режим памяти можно отключить. Для этого необходимо снять перемычку между клеммами L1 и L3. В этом режиме при обнаружении кратковременного провала сети исполнительное реле отключается на 1 с. При длительных отклонениях параметров сети от нормы реле работает аналогично режиму с памятью.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле контроля
фаз РКФ-М04-1-01,
РКФ-М04-1-03

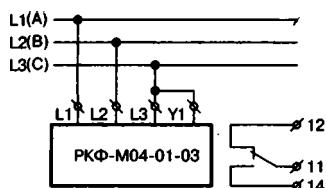


Рис. 53.1. Схема включения реле

Устанавливается на монтажную шину DIN EN 50022 или на ровную поверхность. Переднее подключение проводов питания и коммутируемых электрических цепей. Конструкция клемм обеспечивает надежный зажим проводов сечением до 2,5 мм². Схема включения реле показана на рис. 53.1.

Технические характеристики приведены в табл. 53.2.

Технические характеристики

Таблица 53.2

Параметр		Значение
Номинальное напряжение питания		АС 400 В, 50–60 Гц
Допустимое напряжение питания		АС 260–520 В
Потребляемая мощность, В·А, не более		3
Минимальная длительность обнаруживаемого провала напряжения по любой фазе, мс		10
Наличие памяти коротких провалов		Есть
Контроль асимметрии фаз		> 30 %
Контроль порядка чередования фаз		Есть
Контроль обрыва фазы		Есть
Контроль снижения линейного напряжения		< 290 В
Контроль повышения линейного напряжения		> 520 В
Время включения $t_{\text{вкл}}$, с, не более		1
Время выключения, $t_{\text{выкл}}$, с, не более		0,5
Коммутируемый ток / напряжение		5А/250 В АС
Коммутируемая мощность		1000 Вт
Число циклов под нагрузкой		100000
Число механических циклов		1000000
Температура окружающей среды		–25...+55 °С
Температура хранения		–40...+60 °С
Габаритные размеры, мм, и степень защиты	РКФ-М04-1-01	70 × 45 × 96 Р40 – корпус, 1Р10 – клеммы
	РКФ-М04-1-03	22,5 × 75 × 47,5 Р40 – корпус, 1Р20 – клеммы

РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО И МИНИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Реле максимального напряжения типов РН 51, РН 53, РН 151, РН 153

Реле максимального напряжения типов РН 51, РН 53, РН 151, РН 153 (ТУ 16-523.500-83) применяются в схемах релейной защиты и автоматики энергетических систем в качестве измерительных органов, реагирующих на повышение напряжения.

Реле напряжения постоянного тока серии РН 51, РН 151 применяются в схемах релейной защиты и автоматики энергетических систем для контроля изоляции цепей постоянного тока напряжением до 220 В.

Реле напряжения переменного тока РН 53, РН 153 предназначены для применения в схемах релейной защиты и автоматики энергетических систем в качестве органов, реагирующих на повышение напряжения. Реле применяются в цепях переменного тока с номинальной частотой 50–60 Гц. Реле производятся с двумя диапазонами шкалы.

Маркировка на шкале наносится по нижнему диапазону. Переключение с первого диапазона на второй осуществляется включением в цепь реле добавочного резистора. Контактная система реле состоит из 1з и 1р контактов, разрывная мощность которых составляет при напряжении до 220 В и токе до 2 А: 60 Вт в цепи постоянного тока с индуктивной нагрузкой и 300 ВА в цепи переменного тока.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



*Реле напряжения
серии РН*

Условия эксплуатации. Климатическое исполнение УХЛ или О, категория размещения «4» по ГОСТ 15150-69. Диапазон рабочих температур окружающего воздуха от -40 до +55 °С.

Группа механического исполнения — М39 по ГОСТ 17516.1-90.

Степень защиты: оболочки реле — IP40, контактных зажимов для присоединения внешних проводников — IP00 по ГОСТ 14255-69.

Конструкция. Все элементы схемы реле смонтированы внутри корпуса, состоящего из основания (цоколя) и съемного прозрачного кожуха. Реле напряжения типа РН 153 выпускаются в унифицированном корпусе «СУРА» I габарита несъемного исполнения.

Конструктивное исполнение по способу присоединения внешних проводников:

- ♦ РН-51 — переднее, заднее (винтом или шпилькой);
- ♦ РН-151 — переднее, заднее (винтом).

Структура условного обозначения:

- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — реле напряжения;
- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — наличие цифры 1 означает реле в унифицированной оболочке;
- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — номер разработки;
- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — назначение реле: реле максимального напряжения;
- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — напряжение максимальной уставки, В: 1,4; 6,4; 32;
- ♦ РН-Х51/ХХ ХХ — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

ONLINE ВИДЕО



Как настроить реле напряжения — верхний и нижний предел

Типы исполнения реле РН 51

Таблица 54.1

Тип реле	Сопротивление, Ом		Контакты реле
	Последовательное соединение обмоток	Параллельное соединение обмоток	
РН 51/6,4	2400	600	1 замыкающий
РН 51/1,4	96	24	
РН 51/32	15400	3850	

Типы исполнения реле РН 53

Таблица 54.2

Тип реле	Р _{ном} , В·А, не более	Класс точности	Контакты реле	
PH 53/60	0,5	5	1 замы- кающий 1 размы- кающий	
PH 53/200	0,5			
PH 53/400	0,6			
PH 54/48	0,5			
PH 54/160	0,5			
PH 54/320	0,6	10	1 замы- кающий 1 размы- кающий	
PH 53/60Д	5 В·А при напряжении 100 В			
PH 153/60	0,5			
PH 153/200	0,5	5		
PH 153/400	0,6			
PH 154/48	0,5			
PH 154/160	0,5			
PH 154/320	0,6	10		
PH 153/60Д	5 В·А при напряжении 100 В			

Типы исполнения реле приведены в табл. 54.1 и табл. 54.2.

Сводная таблица основных параметров реле приведены в табл. 54.3, а сводная таблица вспомогательных параметров реле — в табл. 54.4.

Основные параметры реле напряжения типов

РН 51, РН 53, РН 153 и минимального напряжения типов РН 54, РН 154

Таблица 54.3

Тип реле	Исполнение реле по характеру изменения входной воздействующей величины	Номинальное напряжение, В		Напряжение срабатывания, В		Коэффициент возврата	Род тока
		I диапазон	II диапазон	I диапазон	II диапазон		
РН 53/60	Максимальное	30	60	15–30	30–60	Не менее 0,8	Переменный частоты 50 и 60 Гц
РН 153/60		30	60	15–30	30–60		
РН 53/200		100	200	50–100	100–200		
РН 153/200		100	200	50–100	100–200	Не менее 0,8	
РН 53/400		200	400	100–200	200–400		
РН 153/400		200	400	100–200	200–400		
РН 53/60Д	Минимальное	100	200	15–30	30–60	Не более 1,25	Переменный частоты 50 и 60 Гц
РН 153/60Д		100	200	15–30	30–60		
РН 54/48		30	60	12–24	24–48		
РН 154/48		30	60	12–24	24–48		
РН 54/160		100	200	40–80	80–160		
РН 154/160		100	200	40–80	80–160		
РН 54/320	Максимальное	200	400	80–160	160–320	Не менее 0,5	Постоянный
РН 154/320		200	400	80–160	160–320		
РН 51/1,4		6	12	0,7	1,4		
РН 51/6,4		24	60	3,2	6,4		
РН 51/32		48	100	16	32		

Вспомогательные параметры

Таблица 54.4

Характеристика	Значение	
Время замыкания замыкающего контакта реле максимального напряжения, с, не более: при отношении входного напряжения к напряжению срабатывания, равном	1,2 2,0 2,0 (РН 53/60Д) 2,0 (РН 153/60Д) 1,2 (РН 51) 2,0 (РН 51)	0,1 0,03 0,05 0,05 0,2 0,06
Время замыкания размыкающего контакта реле минимального напряжения, с, не более: при отношении входного напряжения к напряжению срабатывания, равном	0,5 0,6 0,8	0,1 0,12 0,15
Время размыкания замыкающего контакта реле минимального напряжения при уменьшении напряжения возврата до 0,8 напряжения срабатывания или до нуля, с, не более		0,05
Коммутационная способность контактов реле при напряжении от 24 В до 250 В или токе не более 2 А: в цепях постоянного тока с постоянной времени индуктивной нагрузки не более 0,005 с, Вт		60
Коммутационная способность контактов реле при напряжении от 24 В до 250 В или токе не более 2 А: в цепях переменного тока с коэффициентом мощности не менее 0,5, В·А		0,5
Коммутационная износостойкость, циклы В-О (включения-отключения)		2500
Габаритные размеры РН 153, РН 154, мм, не более		66 × 140 × 181

Таблица 54.4 (продолжение)

Характеристика	Значение
Габаритные размеры РН 51, РН 53, РН 54, мм, не более	67 × 128 × 158
Масса реле, кг, не более: РН 51, РН 53, РН 54 РН 153, РН 154	0,75 0,85

Примечание. Конструктивное исполнение по способу присоединения внешних проводников — переднее, заднее (винтом или шпилькой)

Реле минимального напряжения типов РН 54, РН 154

Реле минимального напряжения типов РН 54, РН 154 (ТУ 16-523.500-83) применяются в схемах релейной защиты и автоматики энергетических систем в качестве измерительных органов, реагирующих на понижение напряжения.

Условия эксплуатации. Климатическое исполнение УХЛ или О, категория размещения «4» по ГОСТ 15150-69.

Диапазон рабочих температур окружающего воздуха: от –40 до +55 °С.

Группа механического исполнения — М39 по ГОСТ 17516.1-90.

Степень защиты: оболочки реле — IP40, а контактных зажимов для присоединения внешних проводников — IP00 по ГОСТ 14255-69.

Конструкция. Все элементы схемы реле смонтированы внутри корпуса, состоящего из основания (цоколя) и съемного прозрачного кожуха. Реле напряжения типа РН 154 выпускаются в унифицированном корпусе «СУРА» I габарита несъемного исполнения и приспособлены для переднего или заднего под винт присоединения внешних проводников.

Расшифровка РН-54:

- ♦ РН (X)54 XX X4 — реле;
- ♦ РН (X)54 XX X4 — напряжения;
- ♦ РН (X)54 XX X4 — наличие цифры 1 означает реле в унифицированной оболочке
- ♦ РН (X)54 XX X4 — номер разработки
- ♦ РН (X)54 XX X4 — реле минимального напряжения;
- ♦ РН (X)54 XX X4 — напряжение максимальной уставки: 48;160;320;
- ♦ РН (X)54 XX X4 — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

ONLINE ВИДЕО



Какое реле напряжения надежнее?
Рейтинг реле контроля напряжения

Технические характеристики реле РН 54, РН 154 приведены в табл. 54.5.

Технические характеристики реле РН 54, РН 154

Таблица 54.5

Тип реле	Номинальное напряжение, В		Напряжение срабатывания, В		Коэффициент возврата	Род тока
	Диапазон					
	I	II	I	II		
РН 54/48	30	60	12-24	24-48	не более 1,25	Переменный частоты 50 и 60 Гц
РН 54/160	100	200	40-80	80-160		
РН 54/320	200	400	80-160	160-320		

Примечание. Исполнение реле по характеру изменения входной воздействующей величины — минимальное

Сводная таблица основных параметров реле была приведена в табл. 54.3, а сводная таблица вспомогательных параметров реле — в табл. 54.4.

Реле сдвига фаз РН-55

Реле сдвига фаз РН-55 применяется в схемах автоматического повторного включения линий с двусторонним питанием в качестве органа, контролирующего наличие напряжения на линии и угол сдвига фаз между векторами напряжения на линии и на шинах подстанции. Имеет две обмотки напряжения, один замыкающий и один размыкающий контакты.

ПРИМЕЧАНИЕ

Реле срабатывает при углах сдвига фаз между векторами напряжения в пределах от 20 до 40° при номинальном напряжении.

Рекомендуемые условия эксплуатации:

- ♦ оптимальный температурный режим для слаженной работы системы — не ниже -20°C и не выше +55°C;
- ♦ вибронгрузки на систему не должны превышать диапазон частоты в 10—100 Гц при ускорении в 0,25g;
- ♦ запрещена установка реле в рабочем пространстве, способном по каким-либо причинам негативно сказаться на работе системы.

ONLINE ВИДЕО



Реле выбора фаз. Как? Зачем?
Схемы

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Техническое
описание реле
сдвига фаз
серии RH 55

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле сдвига фаз
серии RH 55

Структура условного обозначения RH 55/XX X4.

- ♦ RH 55/XX X4 — реле напряжения;
- ♦ RH 55/XX X4 — номер разработки;
- ♦ RH 55/XX X4 — двухзначное или трехзначное число (90, 120, 130, 160, 200 — сумма номинальных напряжений цепей обмоток реле);
- ♦ RH 55/XX X4 — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Технические характеристики реле сдвига фаз RH-55 приведены в табл. 54.6.

Технические характеристики реле сдвига фаз RH-55 Таблица 54.6

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, В	90; 120; 130; 160; 200
Ток контактов, А	0,1–2
Максимальное коммутируемое напряжение, В	250
Габаритные размеры, мм, не более	67 × 128 × 158
Масса, кг, не более	0,85

Номинальные напряжения цепей реле сдвига фаз RH-55 приведены в табл. 54.7.

Номинальные напряжения цепей реле сдвига фаз RH-55

Таблица 54.7

Тип реле		RH-55/90	RH-55/120	RH-55/130	RH-55/160	RH-55/200
Номинальные напряжения цепей, В	первой	60	60	100	100	100
	второй	30	60	30	60	100

Реле минимального напряжения с оперативным питанием НЛ-5

Реле минимального напряжения с оперативным питанием НЛ-5 предназначены для коммутации электрических цепей в устройствах защиты и автоматики энергетических систем при достижении входным напряжением определенного, предварительно установленного уровня.

Используются в качестве измерительных реле, реагирующих на понижение напряжения в схемах защиты автоматики.

Реле относятся к статическим реле переменного тока частоты 50 Гц, с дискретной установкой уставок напряжения срабатывания или отпущения и шкалой с числовыми отметками.

Реле изготавливаются в исполнениях У3 и Т3. Диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 55°C.

Технические характеристики реле минимального напряжения с оперативным питанием НЛ-5 приведены в табл. 54.8.

Технические характеристики реле минимального напряжения с оперативным питанием НЛ-5

Таблица 59.8

Характеристика	Значение
Диапазон уставок напряжений срабатывания, В	10–50; 40–200; 100–500
Номинальное напряжение, В	400;
Номинальное напряжение питания постоянного и переменного тока 50 Гц, В	220;
Коэффициент возврата	1,05;
Потребляемая мощность, В·А:	
по цепи питания	5;
по измерительной цепи	0,1–0,2;
Погрешность срабатывания, %	5;
Габариты, мм	140 × 70 × 135;
Масса, кг	0,8.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Реле минимального
напряжения НЛ-5*

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Реле напряжения
НЛ5. Руководство по
эксплуатации. ААПЦ.
648232.001 РЭ*

Реле максимального напряжения НЛ-6

Реле максимального напряжения НЛ-6 предназначены для применения в качестве измерительных реле, реагирующих на повышение напряжения в схемах защиты автоматики. Должны выдерживать в продолжительном режиме напряжение питания, равное 1,2 номинального значения. Средняя основная погрешность в любой точке шкалы с числовыми отметками не превышает 5% от уставки, разброс — не более 1,5%.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



*Реле максимального
напряжения НЛ-6*

ПРИМЕЧАНИЕ

При отсутствии внешних толчков и вибрации в реле НЛ-6 не должно быть разрыва цепи замыкающих контактов при напряжении 1,1 напряжения срабатывания и выше, и размыкающих контактов при напряжении 0,9 напряжения срабатывания и ниже.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле напряжения
НЛ6. Руководство
по эксплуатации.
ААПЦ. 648232.001 РЭ

Время замыкания замыкающего контакта реле НЛ-6 при изменении контролируемого напряжения от нуля до 1,2 напряжения уставки не более 0,05 с, а при изменении напряжения от нуля до двухкратного напряжения уставки не более 0,04 с.

Реле НЛ-6 имеют один замыкающий и один размыкающий контакт, коммутирующие токи от 0,02 до 2 А при напряжении от 24 до 250 В и мощности в цепи постоянного тока не более 60 Вт при $t \leq 0,005$ с и не более 30 Вт при $t = 0,02$ с; цепи переменного тока не более 300 ВА при $\cos \varphi \geq 0,5$.

Технические характеристики реле максимального напряжения НЛ-6 приведены в табл. 54.9.

Технические характеристики реле
максимального напряжения НЛ-6

Таблица 54.9

Характеристика	Значение
Диапазон уставок напряжений срабатывания, В	15–30; 30–60; 50–100; 100–200; 200–400
Коэффициент возврата, не менее	0,9
Потребляемая мощность, В·А (по исполнению)	1,0–2,5
Время срабатывания, с, не более	0,05
Коммутируемая мощность:	
постоянного тока	60 Вт
переменного тока при $\cos \varphi = 0,5$	500 В·А
Погрешность срабатывания, %, не более	5
Габариты, мм	140 × 70 × 135
Масса, кг	0,5

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле максимального
напряжения НЛ-7

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле напряжения
НЛ7. Руководство по
эксплуатации. ААПЦ.
648232.001 РЭ

Реле минимального напряжения НЛ-7

Реле минимального напряжения без оперативного питания НЛ-7 предназначены для коммутации электрических цепей в устройствах защиты и автоматики энергетических систем при достижении входным напряжением определенного, предварительно установленного уровня. Используются в качестве измерительных реле, реагирующих на понижение напряжения в схемах защиты и автоматики.

Реле относятся к статическим реле переменного тока частоты 50 Гц, с дискретной установкой уставок напряжения срабатывания или отпускания и шкалой с числовыми отметками. Реле изготавливаются в исполнениях УЗ и ТЗ. Диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 55°С.

Технические характеристики реле максимального напряжения НЛ-7 приведены в табл. 54.10.

Технические характеристики
реле НЛ-7

Таблица 54.10

Характеристика	Значение
Диапазон уставок напряжений срабатывания, В (номинальное напряжение)	12–30 (30); 24–50 (60); 40–90 (110); 80–180 (220); 100–300 (400)
Коэффициент возврата, не менее	1,05
Потребляемая мощность, В·А (по исполнению)	1,0–2,5
Время срабатывания, с, не более	0,1
Разброс, %, не более	1,5
Погрешность срабатывания, не более, %	5
Габариты, мм	140 × 70 × 136
Масса, кг	0,5

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле РНФ 1М.
Принцип действия

Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М

Реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М предназначены для защиты различных электрических установок при несимметричных коротких замыканиях. Имеет один замыкающий и один размыкающий контакты.

Климатическое исполнение — УХЛ или О.

Диапазон рабочих температур от – 20°С до + 40°С при встраивании в комплектные устройства – до + 55°С; вибрационные нагрузки (вибропрочность) 0,25g в вертикальном направлении в диапазоне частот от 10 до 35 Гц.

Условные обозначения РНФ 1М Х4.

- ♦ **РНФ 1М Х4** — реле напряжения фильтровое;
- ♦ **РНФ 1М Х4** — порядковый номер разработки;
- ♦ **РНФ 1М Х4** — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Технические характеристики реле напряжения обратной последовательности РНФ-1М приведены в табл. 54.11.

Технические характеристики
реле РНФ-1М

Таблица 54.11

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, В (линейное)	100
Номинальная частота, Гц	50 или 60
Пределы уставки напряжения срабатывания, В	6–12
Коэффициент возврата реле, не менее	0,75
Максимальный ток контактов, А	2
Диапазон коммутируемых напряжений, В	24–250
Габаритные размеры, мм, не более:	
переднее присоединение	232 × 170 × 206
заднее присоединение	218 × 200 × 179
Масса, кг, не более	4

Реле контроля напряжения РЭВ-821 и РЭВ-825

Реле контроля напряжения РЭВ-821 и РЭВ-825 применяются для контроля напряжения с ненормируемым коэффициентом возврата. Втягивающие катушки реле изготавливаются на нормированные напряжения: 24, 48, 110 и 220 В.

Контакты реле позволяют на месте эксплуатации путем несложной пересборки одних и тех же деталей изменить исполнение контактов в пределах общего количества 2 или 4 (применение 4 размыкающих контактов заводом не рекомендуется, т. к. при этом надежная работа реле не обеспечивается).

Присоединение внешних проводов к катушкам и контактам реле — переднее.

Контакты:

- ♦ РЭВ-821-1 — замыкающий и 1 размыкающий [10 А].
- ♦ РЭВ-825-2 — замыкающих и 2 размыкающих [10 А].

Коммутируемый ток — постоянный. Диапазон контролируемых напряжений — 24 В; 48 В; 110 В; 220 В. Исполнения РЭВ-821, РЭВ-825.

Пределы регулировки напряжения втягивания реле при холодной катушке приведены в табл. 54.12.

Пределы регулировки напряжения втягивания реле при холодной катушке

Таблица 54.12

Тип реле	Исполнение контактов	Напряжение втягивания, В, в % от U_n	Масса, кг	Габариты, мм
РЭВ-821	1 «З», 1 «Р»	25–80	3,5	110 × 190 × 180
РЭВ-825	2 «З», 2 «Р»	35–80	3,5	150 × 200 × 180

Примечание. При трех «Р» контактах пределы регулировки напряжения втягивания повышаются.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле контроля
напряжения
РЭВ-821 и РЭВ-825

РЕЛЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Промежуточные реле: назначение, где применяются и как их выбирают

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Промежуточное реле – классификация, назначение, подключение и особенности срабатывания

Принцип действия и таблица параметров

Реле электромагнитные промежуточные предназначены для гальванической развязки между силовыми цепями и цепями управления, дистанционного включения нагрузки путем подачи управляющего напряжения на обмотку реле, а также для использования в качестве промежуточных.

Переключение контактов реле осуществляется подачей управляющего напряжения на контакты управления, при этом на лицевой панели загорается индикатор включения реле.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Промежуточное реле – электромагнитная катушка с сердечником, подключаемая либо на постоянный, либо на переменный ток (это основные виды промежуточных реле).

При появлении напряжения на катушке возникает электромагнитная сила, притягивающая якорь, который, в свою очередь, замыкает подвижные контакты (обычно закрепленные на нем)

ONLINE ВИДЕО



Зачем нужны
промежуточные
реле и как их
использовать

с неподвижными, закрепленными на корпусе. При этом замыкаются или размыкаются группы контактов.

Эти контакты играют свою роль в цепях управления, то есть включают цепи сигнализации или защиты, размыкают (замыкают) цепь питания катушки магнитного пускателя электродвигателя.

Параметры промежуточных реле приведены в табл. 55.1.

Параметры промежуточных реле

Таблица 55.1

Тип реле	Напряжение питания, В		Коммутирующий ток, А	Коммутирующее напряжение, В		Количество контактов замыкающих/размыкающих/переключающих
	Постоянный ток	Переменный ток 50 Гц		Постоянный ток	Переменный ток 50 Гц	
ПЭ-37	12–220	12–380	0,025–6	12–220	12–440	2–8/0–4/–
ПЭ-38	10–80	–	0,01–6	12–220	12–380	1–2/1/2
ПЭ-39	12–48	–	0,02–8	12–220	6–380	2/–/–
РЭП-20	12–220	12–440	0,01–6	12–220	12–440	2–8/0–4/–
РЭП-15	12–220	12–415	0,01–6	12–220	12–660	2–8/0–4/–
РП-8	24–220	–	0,01–2	24–250	24–250	7/7/–
РП-9	–	100–220	0,01–2	24–250	24–250	7/7/–
РП-11	24–220	–	0,01–2	24–250	24–250	1/1/2
РП-12	–	100–220	0,01–2	24–250	24–250	1/1/2
РП-16	12–220	100–220	0,05–5	24–220	100–220	4/3/–
РП-23	24–220	–	0,01–5	24–250	24–250	4/1/–
РП-25	–	100–220	0,01–5	24–250	24–250	4/1/–
РП-250	24–220	–	0,01–5	24–250	24–250	5/–/– или 4/1/–
РП-21	6–110	12–240	0,01–6	12–220	12–380	0–4/0–2/0–4
РЭ-16	24–220	110–220	0,01–16	0–440	0–660	1–4/0–2/–
РПУ-2	12–220	12–415	0,01–6	12–220	12–380	2–8/2–8/0–4
РПУ-3М	24–220	–	0,05–10	24–440	24–660	5/3/–
РЭВ-822	24–220	–	–	–	–	1/1/–
РЭВ-826	24–220	–	–	–	–	2/2/–

Реле промежуточные РПУ-2

Реле промежуточные РПУ-2 предназначены для работы в электрических цепях управления и промышленной автоматики переменного тока напряжением до 415 В, частоты 50 Гц и постоянного тока напряжением до 220 В. Реле РПУ-2 выпускаются в открытом, закрытом и закрытом под винт вариантах исполнения.

Структура условного обозначения реле РПУ-2-01002У3А

Таблица 55.2

Условное обозначение	Расшифровка
РПУ-2-01002У3А	Реле промежуточное универсальной серии
РПУ-2-01002У3А	Еиповой индекс, содержащий: индекс исполнения по степени защиты, способу крепления реле и конструкции выводов для присоединения внешних проводов: ♦ 0 – IP00, крепление реле винтами, подсоединение внешних проводников заднее пайкой; ♦ M1 – то же; 5 – IP40, крепление реле гайками на шпильках, подсоединение внешних проводников заднее пайкой; ♦ M2 – IP40, крепление реле винтами, подсоединение внешних проводников заднее пайкой
РПУ-2-01002У3А	Индекс исполнения по роду тока: 1 – реле постоянного тока; 6 – реле переменного тока
РПУ-2-01002У3А	Соответственно количество замыкающих (2; 4; 6; 8) размыкающих (2; 4) и переключающих контактов (2; 4)
РПУ-2-01002У3А	Климатическое исполнение (У) и категория размещения (3) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-89
РПУ-2-01002У3А	Исполнение реле по износостойкости, А – реле с износостойкостью класса А

Основные характеристики реле РПУ-2 приведены в табл. 55.3.

Основные характеристики реле РПУ-2

Таблица 55.3

Характеристики	РПУ-2М5	РПУ-2М9
Габаритные размеры, мм, не более	90 × 90 × 59	85 × 96 × 63
Масса реле, кг, не более	0,45	0,35
Способ присоединения контактов реле	пайка	винт
Номинальный ток, А	6,0	
Количество контактов	2–8	
Номинальное напряжение цепи контактов, В: реле постоянного тока реле переменного тока	12–220 12–380	
Коммутационная износостойкость, млн циклов, не менее	4	
Диапазон напряжений питания постоянного тока, В	12, 24, 48, 60, 110, 220	
Диапазон напряжений питания переменного тока частоты 50 Гц, В	12, 24, 36, 40, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415	
Диапазон напряжений питания переменного тока частоты 60 Гц, В	36, 110, 220, 380, 440	

Реле промежуточные РПУ-3М

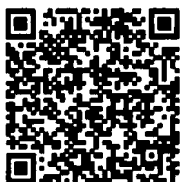
Реле электромагнитные постоянного тока РПУ-3М применяются в схемах автоматического управления в качестве многоконтактных промежуточных электромагнитных реле. С индексом Т — в цепях управления тепловозов.

Реле изготавливают с втягивающими катушками на напряжение 24, 50, 75 и 110 В постоянного тока:

- ♦ или с 8 контактами (5 замыкающих и 3 размыкающих в состоянии поставки);
- ♦ или с 4 контактами (2 замыкающих и 2 размыкающих в состоянии поставки).

ПРИМЕЧАНИЕ

На месте эксплуатации допускается пересборка контактов реле замыкающих в размыкающие и наоборот. Причем число замыкающих должно быть не более шести, а размыкающих — не более четырех для реле в исполнении с восемью контактами и числом размыкающих не более двух для реле в исполнении с четырьмя контактами.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Реле
промежуточные
РПУ-3М

Реле для тепловозов (РПУ-3МТ) изготавливаются с 6 контактами (4 замыкающих и 2 размыкающих в состоянии поставки), с 4 контактами (2 замыкающих и 2 размыкающих в состоянии поставки) и с 2 контактами (1 замыкающий и 1 размыкающий в состоянии поставки).

На месте эксплуатации допускается пересборка замыкающих контактов в размыкающие и наоборот, при этом число замыкающих и размыкающих контактов должно быть не более 4-х для исполнения с 6 контактами и не более 3 — для остальных исполнений.

Количество контактов реле (замыкающих + размыкающих + переключающих):

- ♦ РПУ-3М: 4 — (2+2+0, 6+2+0, 8+0+0); 8 — (5+3+0)
- ♦ РПУ-3МН: 2 — (1+1+0); 4 — (2+2+0); 6 — (4+2+0)

Ток контактов — 16 А.

Напряжение питания, только DC: 24 В; 48 В; 50 В; 60 В; 75 В; 110 В; 220 В.

Структура условного обозначения реле РПУ-3М-1 1 6Т У Х Л 3

Таблица 55.4

Условное обозначение	Расшифровка
РПУ-3М-11XX XX X X X	Реле промежуточное универсальное
РПУ-3М-11XX XX X X X	Номер серии
РПУ-3М-11XX XX X X X	Род тока в цепи управления (постоянный)
РПУ-3М-11XX XX X X X	Способ крепления (при помощи винтов)
РПУ-3М-11XX XX X X X	Количество контактов: 2 — 2 контакта, 4 — 4 контакта, 6 — 6 контактов, 8 — 8 контактов
РПУ-3М-11XX XX X X X	Область применения: без индекса — в цепях управления электроприводами, Т — в цепях управления тепловозов
РПУ-3М-11XX XX X X X	Климатическое исполнение (У, УХЛ, Т) и категория размещения (3 или 4)
РПУ-3М11X-X XX X X X	Коммутационная износостойкость (класс А или Б)
РПУ-3М11X-X XX X X X	Номинальное напряжение
РПУ-3М11X-X XX X X X	Номенклатурный номер

Основные характеристики:

- ♦ реле для тепловозов изготавливают с втягивающими катушками на напряжение 24, 50, 75, 110 В постоянного тока;
- ♦ реле изготавливают с 8 контактами (5 замыкающих и 3 размыкающих) или с 4 контактами (2 замыкающих и 2 размыкающих). На месте эксплуатации допускается пересборка контактов реле;
- ♦ габариты реле (в зависимости от исполнения) — 97 × 112 × 184 мм или 97 × 130 × 184 мм;
- ♦ масса реле — 2,0 кг.

ONLINE ВИДЕО

Реле
промежуточные
РПУ-3М

Реле промежуточные РП-21

Технические характеристики
промежуточных реле РП-21

Таблица 55.5

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В:	
постоянного тока	6, 12, 24, 27, 48, 60, 11
переменного тока частоты 50 Гц	12, 24, 36, 40, 110, 127, 220, 230, 240
переменного тока частоты 60 Гц	12, 24, 36, 48, 110, 220, 230, 240
Номинальное напряжение цепи контактов, В:	
реле постоянного тока	12–220
реле переменного тока	12–380
Номинальный ток, А	6
Количество контактов (замыкающих / размыкающих / переключающих)	0–4 / 0–2 / 0–4
Механическая износостойкость, млн циклов, не менее	20

Реле промежуточные РП-21 предназначены для применения в цепях управления электроприводами переменного тока напряжением до 380 В и в цепях постоянного тока напряжением до 220 В. Реле РП-21 комплектуются розетками под пайку (тип 1), под DIN-рейку (тип 2) или под винт (тип 3).

Технические характеристики промежуточных реле РП-21 приведены в табл. 55.5.

Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-37

Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-37 предназначены для работы в цепях управления электроприводами переменного тока напряжением до 440 В частоты 50 и 60 Гц, постоянного тока напряжением до 220 В.

Количество контактов реле (замыкающих + размыкающих + переключающих): 2+2+0 — ПЭ-37-22; 2+4+0 — ПЭ-37-24; 4+2+0 — ПЭ-37-42; 4+4+0 — ПЭ-37-44; 6+2+0 — ПЭ-37-62; 8+0+0 — ПЭ-37-80.

Ток контактов — 6 А.

Напряжение питания:

- AC: 12 В; 24 В; 36 В; 40 В; 110 В; 127 В; 220 В; 230 В; 240 В; 380 В; 400 В; 415 В;
- DC: 12 В; 24 В; 48 В; 60 В; 110 В; 220 В.

Структура условного обозначения реле ПЭ-ХХ-ХХ-Х-ХЗ

Таблица 55.6

Условное обозначение	Расшифровка
ПЭ-ХХ-ХХ-Х-ХЗ	Промежуточные электромагнитные реле
ПЭ- <u>ХХ</u> -ХХ-Х-ХЗ	Серия 37 — под винтовой зажим
ПЭ-ХХ- <u>ХХ</u> -Х-ХЗ	Сочетания замыкающих и размыкающих контактов реле: 80 — с 8 замыкающими, 62 — с 6 замыкающими и 2 размыкающими, 44 — с 4 замыкающими и 4 размыкающими, 42 — с 4 замыкающими и 2 размыкающими, 24 — с 2 замыкающими и 4 размыкающими, 22 — с 2 замыкающими и 2 размыкающими
ПЭ-ХХ-ХХ- <u>Х</u> -ХЗ	Номинальное напряжение
ПЭ-ХХ-ХХ-Х- <u>ХЗ</u>	Климатическое исполнение У, Т и категория размещения по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70

Технические характеристики промежуточных реле ПЭ-37 приведены в табл. 55.7.

Технические характеристики
промежуточных реле ПЭ-37

Таблица 55.7

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В:	
постоянного тока	12, 15, 24, 48, 60, 110, 220
переменного тока частоты 50 Гц	12, 24, 36, 40, 110, 127, 220, 230, 240, 350, 400, 415
переменного тока частоты 60 Гц	12, 24, 36, 40, 110, 220, 350, 440
Диапазон напряжений цепи контактов, В:	
постоянного тока	12–220
переменного тока	12–440
Номинальный ток контактов, А	6
Количество контактов замыкающих / размыкающих	2–8 / 0–4
Габаритные размеры, мм	90 × 34 × 93
Масса, кг, не более	0,28

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Промежуточное
электромагнитное
реле ПЭ-37

Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-38

Реле промежуточные электромагнитные ПЭ-38 предназначены для работы в цепях постоянного тока напряжением до 380 В частоты 50 и 60 Гц и постоянного тока напряжением до 220 В.

Наименьший рабочий ток, коммутируемый контактами при напряжении 24 В составляет 0,01 А, а при напряжении 220 В 0,005 А.

Присоединение внешних проводников — переднее либо заднее под зажимы с помощью винтов. Включение и отключение реле в про-

цессе эксплуатации необходимо производить только путем подачи напряжения на соответствующие обмотки реле.

ПРИМЕЧАНИЕ

По отдельному заказу реле с номинальным напряжением 220 В могут поставляться отрегулированными на напряжение срабатывания и возврата в пределах от 0,55 до 0,7 от номинального.

Технические характеристики промежуточных электромагнитных реле ПЭ-38 приведены в табл. 55.8.

Технические характеристики
электромагнитных реле ПЭ-38

Таблица 55.8

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В	10, 20, 30, 40, 70, 80, 100, 130
Номинальный ток контактов, А	4
Количество контактов замыкающих / размыкающих / переключающих	1-3 / 1 / 2
Номинальное напряжение цепи контактов, В:	
постоянного тока	12-220
переменного тока	12-380
Габаритные размеры, мм	14 × 33 × 36 14 × 40 × 36

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточное
РЭП-38, РЭП-38Д,
РЭП-38Д-1,
РЭП38ДН-1,
РЭП38Д-2
(взамен ПЭ-46)

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



РЭП-38Д реле
промежуточное
двухпозиционное

Реле промежуточное малогабаритное постоянного тока ПЭ-39

Реле промежуточное малогабаритное постоянного тока ПЭ-39 применяется в качестве коммутационного элемента низковольтных аппаратов и устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики электроэнергетического оборудования.

Реле предназначено для работы в цепях постоянного тока напряжением до 220 В и в цепях переменного тока напряжением до 380 В частотой 50 Гц.

Структура условного обозначения реле ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X

Таблица 55.9

Условное обозначение	Расшифровка
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Буквенное обозначение типа реле
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Номер серии
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Исполнение реле по сочетанию контактов реле: 002 — для реле с двумя переключающими контактами; 200 — для реле с двумя замыкающими контактами; 020 — для реле с двумя размыкающими контактами; 110 — с одним замыкающим и одним размыкающим контактами
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Исполнение реле по способу присоединения внешних проводников: 1 — на печатной плате; 2 — с выводами под разъемную колодку и под пайку
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Исполнение по способу присоединения проводников к разъемной колодке: 1 — с выводами под пайку; 2 — с выводами для печатной платы; 3 — с винтовыми зажимами с передним присоединением; 4 — с винтовыми зажимами с задним присоединением
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Климатическое исполнение (В) и категория размещения (3) по ГОСТ 15543.1-89
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Номинальное напряжение питающей катушки, В
ПЭ-39М-XXX-XX-B3 X X	Номинальный ток контактов, А

Условия эксплуатации. Высота над уровнем моря не более 2000 м. Температура окружающего воздуха от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность окружающего воздуха не более 98% при температуре 35°C .

Рабочее положение в пространстве — произвольное.

Вибрация в диапазоне частот от 5 до 15 Гц при ускорении 30 м/с^2 (3 g) и от 15 до 10 Гц - 100 м/с^2 (1 g).

Степень защиты: реле — IP40; зажимов — IP00 по ГОСТ 14254-80. Реле должно соответствовать требованиям безопасности, согласно ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.6-75. Реле соответствуют ТУ У3.16-14309600-003-95, ТУ У3.16-14309600-003-95.

Технические характеристики реле постоянного тока ПЭ-39 приведены в табл. 55.10.

Технические характеристики
реле постоянного тока ПЭ-39

Таблица 55.10

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В	12, 24, 27, 48
Номинальный ток контактов, А	8
Количество контактов	2 замыкающих
Номинальное напряжение цепи контактов, В:	
постоянного тока	12–220
переменного тока	6–380
Габаритные размеры, мм	$13 \times 27 \times 29$

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле промежуточные
малогабаритные
постоянного тока
ПЭ-39М

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Реле
промежуточные
РЭП-20

Реле промежуточные электромагнитные РЭП-20

Реле промежуточные электромагнитные РЭП-20 предназначены для применения в цепях управления электроприводами переменного тока напряжением до 440 В частоты 50 и 60 Гц, в цепях постоянного тока напряжением до 220 В. Изготавливаются для нужд народного хозяйства, в том числе для электрооборудования судов неограниченного района плавания.

Монтаж осуществляется с помощью колодки контактной разъемной, винтами на панель или на DIN-рейку, или без колодки под пайку.

Технические характеристики реле промежуточных электромагнитных РЭП-20 приведены в табл. 55.11.

Технические характеристики реле промежуточных электромагнитных РЭП-20 Таблица 55.11

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В:	
постоянного тока	12, 15, 24, 48, 60, 110, 220
переменного тока частоты 50 Гц	12, 24, 36, 40, 110, 220, 230, 240, 380, 440
переменного тока частоты 60 Гц	
Номинальное напряжение цепи контактов, В:	
реле постоянного тока	12–220
реле переменного тока	12–440
Номинальный ток контактов, А	6
Количество контактов замыкающих / размыкающих.	2–8 / 0–4
Коммутационная износостойкость, млн циклов, не менее	20
Масса реле (в зависимости от исполнения), кг, не более	0,25–0,30

Реле промежуточное РП-16

Реле промежуточное РП-16 предназначены для применения в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики в цепях постоянного и переменного напряжения до 220 В частоты 50 и 60 Гц.

По функциональному назначению реле РП-16 выполняются как реле переменного или постоянного тока с включающими катушками напряжения или тока и удерживающими катушками тока или напряжения или без них. Реле выпускаются в унифицированном корпусе «СУРА» габарита несъемного исполнения.

Реле предназначены для переднего или заднего присоединения внешних проводников только винтом.

Структура условного обозначения реле РП ХХ - Х Х - Х4

Таблица 55.12

Условное обозначение	Расшифровка
РП ХХ - Х Х - Х4	Реле промежуточные
РП ХХ - Х Х - Х4	Серия 16: реле незамедленные со временем включения не более 30 ms
РП ХХ - Х Х - Х4	Исполнение по функциональному назначению: 1 – постоянного тока с включающей катушкой напряжения без удерживающих обмоток; 2 – постоянного тока с включающей катушкой напряжения двумя удерживающими обмотками тока; 3 – постоянного тока с включающей катушкой напряжения тремя удерживающими обмотками тока; 4 – постоянного тока с включающей катушкой тока и удерживающей обмоткой напряжения; 5 – постоянного тока с включающей катушкой напряжения без удерживающих обмоток; 6 – постоянного тока с включающей катушкой напряжения без удерживающих обмоток с нормируемыми параметрами срабатывания и возврата; 7 – переменного тока с включающей катушкой напряжения без удерживающих обмоток
РП ХХ - Х Х - Х4	Исполнение реле по монтажным особенностям: 3 – защищенного исполнения (IP40) с винтовыми зажимами для выступающего монтажа с передним присоединением; 4 – защищенного исполнения (IP40) с винтовыми зажимами для выступающего монтажа с задним присоединением
РП ХХ - Х Х - Х4	Климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ15150-69

Технические характеристики реле РП-16 приведены в табл. 55.13.

Технические характеристики реле РП-16

Таблица 55.13

Характеристики	Значение
Номинальное напряжение, В	12, 24, 48, 110, 220
Номинальный ток, А	0,5–8,0
Количество контактов замыкающих / размыкающих	2–6/0–4
Номинальное напряжение цепи контактов, В	24–220
Диапазон токов контактов, А	0,05–5,0
Механическая износостойкость, циклов, не менее	20 000
Габаритные размеры, мм	66 × 138 × 151
Масса, кг, не более	0,8

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Реле промежуточное РП 16

Реле промежуточные электромагнитные РЭП-15

Реле промежуточные электромагнитные РЭП-15 предназначены для применения в цепях переменного напряжения до 660 В частоты 50 и 60 Гц и постоянного напряжения до 220 В. Реле, комплектуемые ограничителями перенапряжений, пригодны для работы в системах управления с применением микропроцессорной техники.

Структура условного обозначения реле РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3

Таблица 55.14

Условное обозначение	Расшифровка
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3	Обозначение вида реле: реле электромагнитные промежуточные
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3	Номер серии
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3	Количество замыкающих, размыкающих и переключающих контактов: 220 – 2 замыкающих и 2 размыкающих; 310 – 3 замыкающих и 1 размыкающий; 400 – 4 замыкающих; 420 – 4 замыкающих и 2 размыкающих; 440 – 4 замыкающих и 4 размыкающих; 620 – 6 замыкающих и 2 размыкающих; 800 – 8 замыкающих
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3	Условное обозначение рода тока в цепи включающей катушки, рода включающей катушки и вида возврата: 1 – реле переменного тока с катушкой напряжения, одностабильное; 5 – реле постоянного тока с катушкой напряжения, одностабильное
РЭП 15-ХХ0-ХXXXXX-XXX3	Условное обозначение по способу крепления: 1 – при помощи винтов; 5 – при помощи винтов или защелки
РЭП 15-ХХ0-ХХXXXX-XXX3	Условное обозначение вида и способа присоединения внешних проводников: 1 – переднее, винтовыми зажимами
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX3	Условное обозначение напряжений включающей катушки: ♦ постоянного тока: 02 – 12 В; 04 – 24 В; 09 – 48 В; 11 – 60 В; 13 – 110 В; 15 – 220 В; ♦ переменного тока частоты 50 Гц: 21 – 12 В; 22 – 24 В; 24 – 36 В; 25 – 40 В; 29 – 110 В; 34 – 220 В; 35 – 230 В; 36 – 240 В; 37 – 380 В; 38 – 400 В; 39 – 415 В; ♦ переменного тока частоты 60 Гц: 48 – 12 В; 49 – 24 В; 52 – 40 В; 55 – 110 В; 60 – 220 В; 61 – 230 В; 62 – 240 В; 63 – 380 В; 66 – 440 В
РЭП 15-ХХ0-XXXXX Х-XXX3	Условное обозначение коммутационной износостойкости: 4 – класс А, 6 – класс Б
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-ХХ Х3	Условное обозначение степени защиты: 00 – степень защиты IP00 по ГОСТ 14254-80
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-ХХ Х3	Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69: У – для умеренного климата, Т – для тропического климата
РЭП 15-ХХ0-XXXXXX-XXX 3	Категория размещения по ГОСТ 15150-69

Технические характеристики реле промежуточных электромагнитных РЭП-15 приведены в табл. 55.15.

Технические характеристики реле промежуточных электромагнитных РЭП-15

Таблица 55.15

Характеристика	Значение
Диапазон напряжений питания, В:	
постоянного тока	12–220
переменного тока 50 и 60 Гц	12–440
Номинальное напряжение цепи контактов, В:	
реле постоянного тока	12–220;
реле переменного тока	12–660
Номинальный ток, А (переменный и постоянный)	6
Количество контактов, замыкающих / размыкающих	2–8 / 0–4
Коммутационная износостойкость, млн циклов, не менее	1
Масса реле, кг (в зависимости от исполнения)	0,21; 0,35; 0,39
Габариты реле (в зависимости от исполнения), мм	40 × 58 × 69; 40 × 58 × 93; 40 × 58 × 98; 40 × 59 × 122.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточные
РЭП15

Реле промежуточные двухпозиционные РП-8, РП-9, РП-11, РП-12

Реле типов РП-8 и РП-11 предназначены для применения в цепях постоянного тока. В реле типов РП-8, РП-11 при включении первой обмотки катушки якорь срабатывает в одном направлении, а при включении второй обмотки — в обратном направлении.

Реле типов РП-9 и РП-12 — в цепях переменного тока в качестве вспомогательных реле. В реле типов РП-9, РП-12 срабатывание якоря в ту или другую сторону происходит при питании катушки за один определенный для каждого направления полупериод напряжения.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточные
двухпозиционные
РП-8, РП-9, РП-11,
РП-12

ПРИМЕЧАНИЕ

Реле промежуточные двухпозиционные РП-8, РП-9, РП-11, РП-12 выполнены на поляризованном принципе.

Структура условного обозначения РП X Х4:

- ♦ РП X Х4 — реле промежуточное;
- ♦ РП X Х4 — номер разработки (8, 9, 11, 12);
- ♦ РП X Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, 0) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69.

Технические характеристики реле промежуточных двухпозиционных РП-8, РП-9, РП-11, РП-12 приведены в табл. 55.16.

Технические характеристики реле
промежуточных двухпозиционных РП-8, РП-9, РП-11, РП-12

Таблица 55.16

Характеристика	РП-8	РП-9	РП-11	РП-12
Номинальное напряжение, В	24, 48, 110, 220	100, 110, 220	24, 48, 110, 220	100, 110, 220
Максимальный ток контактов, А	5			
Количество контактов, замыкающих / размыкающих	7/7		1/1/2	
Механическая износостойкость, млн циклов, не менее	1			
Потребляемая мощность, Вт	22	25	22	25
Габариты, мм	125 × 147 × 144		98 × 147 × 136	
Масса, кг, не более	1,5			

Реле промежуточные с выдержкой времени || РП 251, РП 252, РП 253, РП 254, РП 255 и РП 256 ||

Реле промежуточные РП 251, РП 252, РП 253, РП 254, РП 255 предназначены для применения в качестве вспомогательных реле в цепях постоянного тока, а реле РП 256 — в цепях переменного тока (ТУ16-523.483-78) в следующих случаях:

- ♦ когда требуется создание выдержки времени при срабатывании (реле типа РП 251);
- ♦ когда требуется выдержка времени при отпускании (реле типа РП 252 и типа РП 256);
- ♦ когда требуется действие реле от напряжения и удерживание от тока (реле типов РП 253 и РП 255) либо действие реле от тока и удерживание от напряжения (реле типа РП 254).

Реле промежуточные двухпозиционные серии РП-25Х применяются в качестве вспомогательных реле в цепях постоянного тока в случаях, когда требуется:

- ♦ выдержка времени при срабатывании (реле РП 251);
- ♦ выдержка времени при отпускании (реле РП 252);
- ♦ действие реле от напряжения и удерживание от тока (реле РП 253 и РП 255);
- ♦ действие реле от тока и удерживание от напряжения (реле РП 254).

ПРИМЕЧАНИЕ

Реле типа РП 254 работает с выдержкой времени на отключение, а реле типа РП 253 может срабатывать с замедлением либо без замедления на включение. Присоединение реле типа РП 256 к сети переменного тока производится через выпрямительный прибор, встроенный в реле.

Реле РП 254 работает с выдержкой времени на отключение, а реле РП 253 может срабатывать с замедлением либо без замедления на включение.

Структура условного обозначения РП ХХ Х4:

- ♦ РП ХХ Х4 — реле промежуточное;
- ♦ РП ХХ Х4 — условный номер разработки;
- ♦ РП ХХ Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, 0) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69.

Параметры реле промежуточных с выдержкой времени РП 251, РП 252, РП 253, РП 254, РП 255 в цепях постоянного тока приведены в табл. 55.17.

Параметры реле серии РП-250
в цепях постоянного тока

Таблица 55.17

Тип реле	Номинальные данные реле		
	Напряжение, В	Ток, А	Наличие контактов
РП 251	24, 48, 110, 220	—	5 замыкающих
РП 252	24, 48, 110, 220	—	5 замыкающих
РП 253	24, 48, 110, 220	1, 2, 4, 8	1 размыкающий и 4 замыкающих
РП 254	110	1, 2, 4, 8	1 размыкающий и 3 замыкающих
РП 255	24, 48, 110, 220	1, 2, 4, 8	5 замыкающих
Дополнительные параметры			
Наибольший ток контактов, А		5	
Диапазон коммутируемых напряжений, В		24–250	
Габаритные размеры, мм		67 × 128 × 170	
Масса, кг, не более		1,6	

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточное
с выдержкой времени
РП 251, РП 252, РП
253, РП 254, РП 255
и РП 256

Реле промежуточные электромагнитные РП23 и РП25

Реле промежуточные РП23 предназначены для включения в цепи напряжения постоянного тока в качестве вспомогательного реле

Реле промежуточные РП25 предназначены для включения в цепи напряжения переменного тока и имеют аналогичное назначение.

Структура условного обозначения РП ХХ Х4:

- ♦ РП ХХ Х4 — реле промежуточное;
- ♦ РП ХХ Х4 — условный номер разработки;
- ♦ РП ХХ Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, 0) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69.

Технические характеристики реле промежуточных электромагнитных РП23 и РП25 приведены в табл. 55.18.

Технические характеристики реле промежуточных
электромагнитных РП23 и РП25

Таблица 55.18

Тип реле	Номинальное напряжение, В	Потребляемая мощность	Исполнение контактов
РП23 (постоянного тока)	24, 48, 110, 220	6 Вт	4 замыкающих и 1 размыкающий
РП25 (переменного тока, 50 Гц)	100, 127, 220	10 В·А	
Дополнительные параметры			
Максимальный коммутируемый ток, А		РП Х Х4	
Диапазон коммутируемых напряжений, В		24–250	
Габаритные размеры, мм		67 × 128 × 118	
Масса, кг. не более		0.82	

Примечание. На месте эксплуатации допускается пересборка контактов реле.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточные
электромагнитные
РП23 и РП25

Реле РЭ16

Реле РЭ16 предназначены для применения в схемах электроприводов, в том числе крановых вагонов метрополитена, тепловозов, электровазов. Реле могут использоваться с приставкой времени.

Реле промежуточные серии РЭ 16 предназначены для применения в схемах НКУ электроприводов, в том числе крановых, вагонов метрополитена, тепловозов и электровазов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Реле поставляются отрегулированными на максимальную выдержку времени. ТУ 16-88 ИГФР.647115.058 ТУ

Структура условного обозначения реле РЭ 16 - XX - X X 3

Таблица 55.19

Условное обозначение	Расшифровка
РЭ 16 - XX - X X 3	Условное обозначение серии
РЭ 16 - XX - X X 3	Условное обозначение вида реле – реле промежуточное
РЭ 16 - XX - X X 3	Количество замыкающих и размыкающих контактов: 11 – 1 замыкающий и 1 размыкающий; 20 – 2 замыкающих; 22 – 2 замыкающих и 2 размыкающих; 40 – 4 замыкающих; 12 – 1 замыкающий и 2 размыкающих; 30 – 3 замыкающих.
РЭ 16 - XX - X X 3	Условное обозначение по наличию приставки времени: 1 – реле без приставки времени; 2 – реле с полупроводниковой приставкой ПВ11 с выдержкой времени до 5 с; 3 – реле с полупроводниковой приставкой ПВ11 с выдержкой времени до 10 с; 4 – реле с конденсаторной приставкой ПВ12.
РЭ 16 - XX - X X 3	Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69: У – для умеренного климата; Т – для тропического климата.
РЭ 16 - XX - X X 3	Категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Технические характеристики реле РЭС16 приведены в табл. 55.20.

Технические характеристики реле РЭС16

Таблица 55.20

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В:	24, 48, 50, 75, 100, 110, 220
Номинальное напряжение питания переменного тока	110, 220
Габариты реле, мм (в зависимости от исполнения)	73 × 76 × 120; 73 × 76 × 125; 95 × 76 × 125
Масса реле, кг (в зависимости от исполнения)	0,55; 0,65; 0,75

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**



Реле промежуточные РЭ16

Реле промежуточные РЭВ-822 и РЭВ-826

Реле РЭВ-822 и РЭВ-826 применяются в качестве промежуточных реле в цепях постоянного тока.

Реле выпускаются с одним замыкающим и одним размыкающим либо с двумя замыкающими и двумя размыкающими контактами. Контакты реле позволяют на месте эксплуатации путем несложной пересборки одних и тех же деталей изменить исполнение контактов в пределах общего количества 2 или 4 (применение четырех размыкающих контактов заводом не рекомендуется, т. к. при этом надежная работа реле не обеспечивается).

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
промежуточные
РЭВ-822 и РЭВ-826

ПРИМЕЧАНИЕ

Присоединение внешних проводов к катушкам и контактам реле – переднее. Втягивающие катушки реле изготавливаются на номинальные напряжения 24, 48, 110, 220 В.

В табл. 55.21 приведены пределы регулировки напряжения втягивания реле при холодной катушке.

Регулировки напряжения реле при холодной катушке

Таблица 55.21

Тип реле	Исполнение контактов	Напряжение втягивания, В, в % от U_n , не менее	Масса, кг	Габариты, мм
РЭВ-822	1 «З», 1 «Р»	65	3,5	110 × 190 × 180
РЭВ-826	2 «З», 2 «Р»	65	3,5	150 × 200 × 180

Примечание. При трех «Р»-контактах пределы регулировки напряжения втягивания повышаются

РЕЛЕ ТЕПЛОВЫЕ ТОКОВЫЕ

Реле электротепловые токовые серии РТТ

Реле электротепловые токовые серии РТТ предназначены для защиты трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от длительных перегрузок, возникающих при обрыве одной из фаз. Реле имеют исполнение для установки на металлических и изоляционных панелях, рейках комплектного устройства и специальное исполнение для установки с магнитными пускателями.

ПРИМЕЧАНИЕ

Трехполюсное исполнение реле, применение несменных нагревательных элементов и ускоренное срабатывание при обрыве фазы повышают надежность защиты электродвигателей по сравнению с однополюсным и двухполюсным исполнениями реле.

Типы реле, используемые с пускателями ПМЛ, ПМ12, ПМЕ, ПМА, представлены в табл. 56.1. Технические характеристики электротепловых токовых реле серии РТТ приведены в табл. 56.2.

Типы реле, используемых с пускателями

Таблица 56.1

Магнитные пускатели	Реле
ПМ12-025	РТТ-141
ПМ12-040	РТТ-2
ПМ12-063	РТТ-211
ПМ12-100	РТТ-321
ПМА3100	РТТ-2

Магнитные пускатели	Реле
ПМА6000	РТТ-321
ПМЕ20	РТТ-141
ПМЕ20	РТТ-111
ПМЛ1000	РТЛ-1XXX
ПМЛ12-010	РТТ-5-10

Магнитные пускатели	Реле
ПМЛ2100	РТЛ-2XXX
ПМЛ3100	РТТ-5-10
ПМЛ4100	РТТ-5-10

Технические характеристики электротепловых токовых реле серии РТТ

Таблица 56.2

Номинальный ток несрабатывания на средней уставке I_n , А	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания при $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$, А	Номинальный ток несрабатывания на средней уставке I_n , А	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания при $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$, А
РТТ-1 $I_n = 25\text{ А}$		20	17–23(20)
0,2	0,17–0,23	25	21–25(23)
0,25	0,21–0,29	РТТ-2 $I_n = 80\text{ А}$	
0,32	0,27–0,37	10	8,5–11,5
0,4	0,34–0,46	12,5	10,6–14,3
0,5	0,43–0,58	16	13,6–18,4
0,63	0,54–0,72	20	17–23
0,8	0,68–0,92	25	21,2–28,7
1	0,85–1,15	32	27,2–36,8
1,25	1,10–1,40	40	34–46
1,6	1,36–1,8	50	42,5–57,5(55)
2	1,7–2,3	63	53,5–63(60)
2,5	2,1–2,9	73	52,5–72,3(68,5)
3,2	2,7–3,7	80	68–80(76)
4	3,4–4,6	РТТ-3 $I_n = 160\text{ А}$	
5	4,25–5,75	50	42,5–57,5
6,3	5,35–7,23	63	53,5–72,3
8	6,8–9,2(8,7)	80	68–92
10	8,5–11,5(10)	100	85–115(100)
12,5	10,6–14,3(12,5)	125	106–143(125)
16	13,6–18,4(16)	160	136–160(148)

Примечание. В скобках указаны значения предельно допускаемого длительного тока при температуре окружающей среды $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Реле электротепловые токовые серии РТЛ

Реле электротепловые токовые серии РТЛ предназначены для защиты трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от длительных перегрузок, возникающих при обрыве одной из фаз. Реле имеют исполнение для установки на металлических и изоляционных панелях, рейках комплектного устройства и специальное исполнение для установки с магнитными пускателями.

ПРИМЕЧАНИЕ

Трехполюсное исполнение реле, применение несменных нагревательных элементов и ускоренное срабатывание при обрыве фазы повышают надежность защиты электродвигателей по сравнению с однополюсным и двухполюсным исполнениями реле.

Типы реле, используемые с пускателями ПМЛ, ПМ12, ПМЕ, ПМА, представлены в табл. 56.3. Технические характеристики электротепловых токовых реле серии РТЛ приведены в табл. 56.4.

Типы реле, используемых с пускателями

Таблица 56.3

Магнитные пускатели	Реле	Магнитные пускатели	Реле	Магнитные пускатели	Реле
ПМ12-025	РТТ-141	ПМА6000	РТТ-321	ПМЛ2100	РТЛ-2XXX
ПМ12-040	РТТ-2	ПМЕ20	РТТ-141	ПМЛ3100	РТТ-5-10
ПМ12-063	РТТ-211	ПМЕ20	РТТ-111	ПМЛ4100	РТТ-5-10
ПМ12-100	РТТ-321	ПМЛ1000	РТЛ-1XXX		
ПМА3100	РТТ-2	ПМЛ12-010	РТТ-5-10		

Технические характеристики электротепловых токовых реле серии РТЛ

Таблица 56.4

Тип реле	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания, А	Тип реле	Диапазон регулирования номинального тока несрабатывания, А
Номинальный ток 25 А		РТЛ-1014	7–10
РТЛ-1001	0,1–0,17	РТЛ-1016	9,5–14
РТЛ-1002	0,16–0,26	РТЛ-1021	13–19
РТЛ-1003	0,24–0,4	РТЛ-1022	18–25
РТЛ-1004	0,38–0,65	Номинальный ток 80 А	
РТЛ-1005	0,61–1	РТЛ-2053	23–32
РТЛ-1006	0,95–1,6	РТЛ-2055	30–41
РТЛ-1007	1,5–2,6	РТЛ-2057	38–52
РТЛ-1008	2,4–4	РТЛ-2059	47–64
РТЛ-1010	3,8–6	РТЛ-2061	54–74
РТЛ-1012	5,5–8	РТЛ-2063	63–86

РЕЛЕ ТОКОВЫЕ

Классификация, принцип действия и характеристики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Токовые реле – чувствительные устройства, реагирующего на увеличение тока в электросети выше установленного значения. Используются для защиты сети и источника питания при перегрузке по току или вследствие короткого замыкания.

ПРИМЕЧАНИЕ

Токовые реле могут подключаться по различным схемам (в звезду, неполную звезду, фильтр токов нулевой последовательности, на разность токов). Реагировать на ток прямой, нулевой либо обратной последовательности, использоваться на защиты линий, генераторов, трансформаторов и пр.

По способу подключения реле тока в схему:

- ♦ первичные, являющиеся частью привода автоматических выключателя и применяются в электроустановках с номинальным напряжением до 1000В;
- ♦ вторичные, подключаемые через трансформаторы тока.

По методу действия токовые реле:

- ♦ прямого действия — воздействующие на отключение выключателя;
- ♦ косвенного действия — своими контактами замыкают цепь электромагнита отключения, получающим питание от аккумуляторной батареи.

По способу исполнения токовые реле:

- ♦ индукционные (РТ-80, РТ-90);
- ♦ электромагнитные (РТ-40, РТ-140);

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Токовое реле: классификация, принцип действия, область применения

- ♦ дифференциальные (РНТ-565, РБМ-170);
- ♦ полупроводниковые, выполненные на современной микропроцессорной базе (РСТ-11, РСТ-13);
- ♦ действующие по принципу фильтра – реле тока обратной последовательности.

Принцип действия токового реле. В общем случае токовое реле представляет собой устройство, реагирующее на увеличение тока в защищаемой электросети, т.е. оно срабатывает при достижении в цепи заранее установленной величины тока.

ONLINE ВИДЕО



Проверка
токового реле

ПРИМЕЧАНИЕ

При уменьшении тока до ранее выставленного значения происходит возврат подвижной системы в исходное положение. Коэффициент возврата – величина, определяющаяся отношением тока возврата к току срабатывания. Он составляет 0,8–0,9.

Технические характеристики токовых реле приведены в табл. 57.1.

Технические характеристики токовых реле

Таблица 57.1

Тип реле	Ток срабатывания, А	Номинальный ток, А	Коммутирующее напряжение, В	Коммутирующий ток, А	Количество контактов (замыкающих, размыкающих, переключающих)
РТ-40	0,05–200	0,4–16	250	2	1/1/–
РТ-40/Р	65–260 25–1300	1; 5	250	2	1/1/–
РТ-40/Ф	1,75–17,6	6,3	250	2	1/1/–
РТ-40/1Д	0,15–1	6,3	250	2	1/1/–
РТ-81	2–10	5; 10	250	5 А для главных замыкающих контактов; 2 А для размыкающих; 50 А при шунтировании 150 А при шунтировании	1/–/–
РТ-82	2–10	5; 10	250		1/–/–
РТ-83	2–10	5; 10	250		2/–/–
РТ-84	2–10	5; 10	250		2/–/–
РТ-85	2–10	5; 10	250		1/1/–
РТ-86	2–10	5; 10	250		2/1/–
РТ-91	2–10	5; 10	250	См. РТ-81	1/–/–
РТ-95	2–10	5; 10	250	См. РТ-85	1/1/–
РСТ-11	0,05–120	0,4–16	250	2/1	1/1/–
РСТ-12	0,05–120	0,4–16	250	2/1	1/1/–
РСТ-13	0,05–120	0,4–16	250	2/1	1/1/–
РСТ-14	0,05–120	0,4–16	250	2/1	1/1/–
РТД-11	0,05; 0,2	–	250	0,2/0,15	1/–/–
РТД-12	0,05; 0,12	–	250	0,2/0,15	1/–/–

Примечание. Коммутирующее напряжение для всех типов составляет 250 В.

Реле максимального тока РТ-40, РТ-140

Реле максимального тока РТ-40, РТ-140 применяются в качестве измерительных реле в схемах релейной защиты, выпускаются в унифицированном корпусе «СУРА» и приспособлены для переднего или заднего под винт присоединения внешних проводников.

Коэффициент возврата реле — не менее 0,85 на первой уставке и не менее 0,8 на остальных уставках шкалы.

Реле имеет один замыкающий и один размыкающий контакты.

Номинальная частота тока — 50 и 60 Гц. Габаритные размеры 67 × 128 × 158 мм. Масса реле не более 0,85 кг.

Структура условного обозначения реле РТ Х40/ХХ Х4:

- ♦ РТ Х40/ХХ Х4 — реле тока;
- ♦ РТ Х40/ХХ Х4 — наличие цифры 1 обозначает реле в унифицированной оболочке;
- ♦ РТ Х40/ХХ Х4 — номер разработки;
- ♦ РТ Х40/ХХ Х4 — ток максимальной уставки, А: 0,2; 0,6; 2; 6; 10; 20; 50; 100; 200;
- ♦ РТ Х40/ХХ Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, 0) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Технические характеристики реле максимального тока РТ-40, РТ-140 приведены в табл. 57.2.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле
максимального
тока РТ-40, РТ-140

Технические характеристики реле максимального тока РТ-40, РТ-140

Таблица 57.2

Тип реле	Пределы уставки на ток срабатывания реле, А	Потребляемая мощность, В·А, при токе минимальной уставки	Номинальный ток, А, при соединении катушек	
			последовательно	параллельно
РТ40/0,2	0,05–0,2	0,2	0,4	1
РТ40/0,6	0,15–0,6	0,2	1,6	2,5
РТ40/2	0,5–2	0,2	2,5	6,3
РТ40/6	1,5–6	0,5	10	16
РТ40/10	2,5–10	0,5	16	16
РТ40/20	5–20	0,5	16	16
РТ40/50	12,5–50	0,8	16	16
РТ40/100	25–100	1,8	16	16
РТ40/200	50–200	8	16	16
РТ140/0,2	0,05–0,2	0,2	0,4	1
РТ140/0,6	0,15–0,6	0,2	1,6	2,5
РТ140/2	0,5–2	0,2	2,5	6,3
РТ140/6	1,5–6	0,5	10	16

Таблица 57.2 (продолжение)

Тип реле	Пределы установки на ток срабатывания реле, А	Потребляемая мощность, В·А, при токе минимальной установки	Номинальный ток, А, при соединении катушек	
			последовательно	параллельно
РТ140/10	2,5–10	0,5	16	16
РТ140/20	5–20	0,5	16	16
РТ140/50	12,5–50	0,8	16	16
РТ140/100	25–100	1,8	16	16
РТ140/200	50–200	8	16	16

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Реле тока
серии РТ-40

**Реле тока
серии РТ-40**

Реле РТ-40/Р предназначено для применения в схемах устройств резервирования отказа выключателей (УРОВ), а также в специальных схемах защиты на номинальные токи 1 или 5 А.

Реле РТ-40Ф предназначено для применения в схемах защиты установок переменного тока в тех случаях, когда требуется загробление защиты при появлении высших гармоник тока. Токи срабатывания реле при частоте 150 Гц возрастают не менее чем в 8 раз.

Реле РТ-40/1Д предназначено для применения в схемах защиты переменного тока в тех случаях, когда требуется большая кратность длительно допустимого тока к току срабатывания реле. Реле термически устойчиво при длительном протекании тока, равного 6.93 А.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вид присоединения внешних проводников: переднее или заднее (винтом или шпилькой).

Контакты: 1 замыкающий и 1 размыкающий [РТ-40/Р-1А; 5А], [РТ-40/Ф-6,3А], [РТ-40/1Д-6,3А].

Диапазон контролируемого тока:

- ♦ **РТ-40/Р1** — 0,13 А-0,26 А/0,065 А-0,13 А;
- ♦ **РТ-40/Р5** — 0,65 А-1,3А А/0,325 А-0,65 А
- ♦ **РТ-40/Ф** — 1,75 А-3,5 А/2,9 А-5,8 А/4,4 А-8,8 А/8,8 А-17,6 А;
- ♦ **РТ-40/1Д** — 0,15 А-0,3 А/0,3 А-0,6 А/0,5 А-1 А

Напряжение питания — от контролируемой цепи.

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Реле максимального
тока трехфазное
(УРОВ) РТ 40/Р

Структура условного обозначения РТ 40/РХ Х4:

- РТ 40/РХ Х4 — реле тока;
- РТ 40/РХ Х4 — номер разработки;
- РТ 40/РХ Х4 — Р — для схем УРОВ; Ф — фильтровое; 1Д — термически стойкое;
- РТ 40/РХ Х4 — номинальный ток (1 или 5 А);
- РТ 40/РХ Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, 0) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Технические характеристики реле тока серии РТ-40 приведены в табл. 57.3.

Технические характеристики реле тока серии РТ-40

Таблица 57.3

Параметр	РТ-40/Р1	РТ-40/Р5	РТ-40/Ф	РТ-40/1Д
Номинальный ток, А	1	5	6,3	6,3
Пределы токов срабатывания, А	65–260	325–1300	1,75–17,6	0,15–1
Максимальное коммутируемое напряжение, В	250			
Максимальный коммутируемый ток, А	2			
Габаритные размеры, мм, не более	179 × 218 × 170			
Масса, кг, не более	3,5			

Примечание. РТ-40/Ф Токи срабатывания реле при частоте 150 Гц возрастают не менее чем в 8 раз.
РТ-40/1Д Реле термически устойчиво при длительном протекании тока, равного 6,93 А.

Реле максимального тока

РТ81, РТ82, РТ83, РТ84, РТ85, РТ86

Реле максимального тока РТ81, РТ82, РТ83, РТ84, РТ85, РТ86 применяются для защиты электрических машин, трансформаторов и линий передачи при коротких замыканиях и перегрузках. Реле типов РТ83, РТ84, РТ86 применяются в тех случаях, когда требуется сигнализация о перегрузках.

Реле типов РТ81, РТ82 имеют один главный замыкающий контакт, действующий мгновенно при токах короткого замыкания и с выдержкой времени при перегрузках в защищаемых электроустановках. Перестановкой деталей замыкающий контакт превращается в размыкающий контакт.

Реле типов РТ83, РТ84 имеют один главный замыкающий контакт, действующий мгновенно при токах короткого замыкания, и один замыкающий сигнальный контакт, работающий с выдержкой времени при перегрузках.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле РТ-40/1Д

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле тока РТ-80,
РТ-81, РТ-82, РТ-83,
РТ-84, РТ-85, РТ-86,
РТ-90, РТ-91, РТ-95

Реле типов РТ85, РТ86, предназначенные для работы на оперативном переменном токе, имеют усиленные замыкающий и размыкающий контакты с общей точкой, причем реле типа РТ86, кроме главных контактов, имеют замыкающий сигнальный контакт, аналогично реле типа РТ84.

ПРИМЕЧАНИЕ

Усиленные замыкающий и размыкающий контакты в реле типа РТ85 могут действовать как мгновенно, так и с выдержкой времени. В реле типа РТ86 эти контакты могут действовать только мгновенно.

Основные массогабаритные характеристики:

- ♦ габаритные размеры реле, мм, не более $245 \times 149 \times 145$;
- ♦ масса, кг, не более 2,9.

Структура условного обозначения РТ-XX/X Х4

- ♦ РТ-XX/X Х4 — реле;
- ♦ РТ-XX/X Х4 — тока;
- ♦ РТ-XX/X Х4 — классификация серии реле: 8 или 9;
- ♦ РТ-XX/X Х4 — конструктивное исполнение: 1; 2; 3; 4; 5; 6;
- ♦ РТ-XX/X Х4 — номинальный ток (1 — 10 А; 2 — 5 А);
- ♦ РТ-XX/X Х4 — климатическое исполнение (УХЛ, О) и категория размещения (4) по ГОСТ 15150-69.

Технические характеристики реле максимального тока РТ81, РТ82, РТ83, РТ84, РТ85, РТ86 приведены в табл. 57.4.

Технические характеристики реле максимального тока
РТ81, РТ82, РТ83, РТ84, РТ85, РТ86

Таблица 57.4

Тип реле	Номинальный ток, А	Уставки		
		на ток срабатывания, А	на время срабатывания, с	на кратность тока элемента отсечки
РТ81/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1–4	2–8
РТ81/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1–4	2–8
РТ82/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	4–16	2–8
РТ82/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	4–16	2–8
РТ83/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1–4	2–8
РТ83/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1–4	2–8
РТ84/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	4–16	2–8
РТ84/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	4–16	2–8
РТ85/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1–4	2–8
РТ85/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1–4	2–8
РТ86/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	4–16	2–8
РТ86/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	4–16	2–8

Реле максимального тока РТ91, РТ95

Реле максимального тока РТ91, РТ95 применяются для защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях. Реле выполнены на основе реле серии РТ80 и отличаются от них характеристикой зависимости выдержки времени от тока.

Основные массогабаритные характеристики: габаритные размеры реле, мм, не более — $245 \times 149 \times 145$; масса, кг, не более — 2,9.

Реле РТ91 имеют один главный замыкающий контакт, действующий мгновенно при токах короткого замыкания и с выдержкой времени при перегрузках в защищаемых электроустановках.

Реле РТ95 имеет усиленные замыкающий и размыкающий контакты с общей точкой и предназначено для работы на оперативном переменном токе. Усиленные замыкающий и размыкающий контакты в реле типа РТ95 могут действовать как мгновенно, так и с выдержкой времени.

Технические характеристики реле максимального тока РТ91, РТ95 приведены в табл. 57.5.

Технические характеристики реле максимального тока РТ91, РТ95

Таблица 57.5

Тип реле	Номинальный ток, А	Уставки		
		на ток срабатывания, А	на время срабатывания, с	на кратность тока элемента отсечки
РТ91/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1–4	2–8
РТ91/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1–4	2–8
РТ95/1	10	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1–4	2–8
РТ95/2	5	2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5	1–4	2–8

Реле максимального тока РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14

Реле максимального тока РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14 в основном предназначены для использования в различных комплектных устройствах, от которых требуется повышенная устойчивость к механическим воздействиям. Реле имеет один замыкающий и один размыкающий контакты. Реле питаются переменным током напряжением 220 В частотой 50 Гц (РСТ 11), или часто-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле
максимального
тока типов
РТ 91 и РТ 95

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле максимального
тока РСТ11, РСТ12,
РСТ13, РСТ14

той 60 Гц (РСТ12), или постоянным током напряжением 220 В (РСТ13 и РСТ14).

Технические характеристики реле максимального тока РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14 приведены в табл. 57.5. Технические характеристики реле переменного тока приведены в табл. 57.6, а реле постоянного тока — в табл. 57.7.

Технические характеристики реле переменного тока

Таблица 57.6

Тип реле	Пределы уставки на ток срабатывания	Номинальный ток, А
РСТ11-04, РСТ12-04	0,05–0,2	0,4
РСТ11-09, РСТ12-09	0,15–0,6	6,3
РСТ11-14, РСТ12-14	0,5–2,0	6,3
РСТ11-19, РСТ12-19	1,5–6,0	10,0
РСТ11-24, РСТ12-24	5,0–20,0	16,0
РСТ11-29, РСТ12-29	15,0–60,0	16,0
РСТ11-32, РСТ12-32	30,0–120,0	16,0

Технические характеристики реле максимального тока

РСТ11, РСТ12, РСТ13, РСТ14

Таблица 57.5

Характеристика	Значение
Максимальное коммутируемое напряжение, В	250
Максимальный коммутируемый ток, А:	
переменный	2
постоянный	1
Габаритные размеры реле, мм, не более	66 × 152 × 181
Масса, кг, не более	1

Технические характеристики реле постоянного тока

Таблица 57.7

Тип реле	Пределы уставки на ток срабатывания	Номинальный ток, А
РСТ13-04, РСТ14-04	0,05–0,2	0,4
РСТ13-09, РСТ14-09	0,15–0,6	6,3
РСТ13-14, РСТ14-14	0,5–2,0	6,3
РСТ13-19, РСТ14-19	1,5–6,0	10,0
РСТ13-24, РСТ14-24	5,0–20,0	16,0
РСТ13-29, РСТ14-29	15,0–60,0	16,0
РСТ13-32, РСТ14-32	30,0–120,0	16,0

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле контроля
тока РЭВ-830

Реле контроля тока РЭВ-830

Реле РЭВ-830 применяются в качестве минимального токового реле в цепях постоянного тока. Втягивающие катушки реле изготавливаются на номинальные токи: 1,6; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 320; 400; 630 А.

Реле могут быть отрегулированы на ток втягивания в пределах 30–80% от номинального тока катушки (тропического исполнения 45–80%).

Контакты: 1 замыкающий и 1 размыкающий.

Диапазон контролируемого тока: 0,3–0,8 Ин.

Напряжение питания: от контролируемой цепи.

Технические характеристики реле контроля тока РЭВ-830 приведены в табл. 57.8.

Технические характеристики реле контроля тока РЭВ-830

Таблица 57.8

Характеристика	Значение
Втягивающие катушки реле изготавливаются на номинальные токи, А	1,6; 2,5; 6; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 320; 400; 630
Реле могут быть отрегулированы на ток втягивания в пределах	30–80 % от номинального тока катушки
Контакты реле замыкающий/размыкающий	1/1
Габариты, мм	155 × 190 × 180
Масса, кг	3,5

Двустабильные реле тока серии РТД 11 и РТД 12

Двустабильные реле тока серии РТД 11 и РТД 12 предназначены для применения в различных схемах аварийной и предупреждающей сигнализации в качестве аппаратов, реагирующих на изменения тока в электрических цепях постоянного тока напряжением до 220 В или переменного тока напряжением до 220 В, частотой 50 или 60 Гц.

Реле РТД 11 предназначены для работы в энергетических установках с постоянным оперативным током, напряжением 48, 60, 110 или 220 В.

Реле РТД 12 предназначены для работы в энергетических установках с переменным оперативным током напряжением 110, 127 или 220 В.

Вид климатического исполнения реле УХЛ категории 4 по ГОСТ 15150-69.

Структура условного обозначения РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4:

- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — реле тока двустабильное;
- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — номер разработки (11 — для цепей постоянного тока; 12 — для цепей переменного тока);
- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — величина импульса тока срабатывания (01; 02; 04) по ОСТ 16.0.800.425 77;
- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — номинальное напряжение питания (11; 15; 34) по ОСТ 16.0.800.425 77;
- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — степень защиты оболочки IP40 по ГОСТ 14254 96;
- РТД ХХ-ХХ-ХХ-40Х4 — климатическое исполнение (УХЛ; О) и категория размещения по ГОСТ 15150 69 и ГОСТ 15543.1 89.

Сравнение характеристик двустабильных реле тока серии РТД11 и РТД12 приведены в табл. 57.9.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле тока
двустабильные
РТД 11 и РТД 12

Сравнение характеристик двустабильных реле тока серии РТД11 и РТД12

Таблица 57.9

Характеристика	Величина	Характеристика	Величина
Номинальное напряжение питания реле РТД11 постоянного тока, В: РТД11-01-11 РТД11-01-15	48, 60 110, 220	Дополнительная погрешность импульса тока срабатывания при изменении входного тока, %, не более: РТД11 РТД12	50 50
Номинальное напряжение питания реле РТД12 переменного тока, В	110, 127, 220	Время срабатывания, с, не более	0,1
Номинальная частота, Гц	50, 60	Количество контактов	1
Значение импульса тока срабатывания, А: РТД11-01 РТД11-04 РТД12-01 РТД12-02	0,05 0,2 0,05 0,12	Коммутируемая мощность, не более, В·А	220
Предельная основная погрешность импульса тока срабатывания, %, не более	10	Коммутационная износостойкость, млн циклов	4
Количество принимаемых сигналов: РТД11-01 РТД-11-04 РТД12	30 20 10	Потребляемая мощность в цепи питания, Вт или В·А	3,8
		Габаритные размеры, мм, не более: для переднего присоединения для заднего присоединения	81×152×181 66×152×181
		Масса, кг, не более	1,1

УКАЗАТЕЛЬНЫЕ РЕЛЕ

|| Структура условного обозначения

Реле указательные РЭУ11-02, РЭУ11-11, РЭУ11-12, РЭУ11-20, РЭУ11-21, РЭУ11-30 предназначены для индикации срабатывания в схемах защиты и автоматики, а также сигнализации аварийного состояния в цепях постоянного и переменного тока.



Структура условного обозначения РЭУ-11-XX-X-40X3

- ♦ **РЭУ**-11-XX-X-40X3 — вид реле (Реле Электромагнитное Указательное);
- ♦ РЭУ-**11**-XX-X-40X3 — серия;
- ♦ РЭУ-11-**XX**-X-40X3 — количество замыкающих контактов (0; 1; 2; 3);
- ♦ РЭУ-11-XX-**X**-40X3 — количество размыкающих контактов (0; 1; 2);
- ♦ РЭУ-11-XX-X-**40**X3 — вид и способ присоединения внешних проводов (1 — винтом переднее; 2 — пайка; 5 — винтом заднее);
- ♦ РЭУ-11-XX-X-40**X3** — степень защиты IP40;
- ♦ РЭУ-11-XX-X-40X**3** — климатическое исполнение (У, Т) и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

|| Технические характеристики

Общие технические характеристики реле тока серии РЭУ11 приведены в табл. 58.1. Модификации реле: количество и вид контактов реле тока серии РЭУ11 приведены в табл. 58.2. Исполнения в зависимости от напряжения реле тока серии РЭУ11 приведены в табл. 58.3. Исполнения в зависимости от силы тока реле тока серии приведены в табл. 58.4. Мощность в зависимости от рода тока реле тока серии РЭУ11 приведены в табл. 58.5.

Общие технические
характеристики реле тока
серии РЭУ11

Таблица 58.1

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение цепей контактов без самовозврата, В	24...220
Длительно допустимая сила тока цепей контактов без самовозврата, А	не более 5
Коммутируемая мощность, Вт	не более 6
Масса, кг, не более	0,17

Модификации реле:
количество и вид контактов
реле тока серии РЭУ11

Таблица 58.2

Тип реле	Замыкающие		Размы- кающие без само- возврата
	без само- возврата	с само- возвратом	
РЭУ11-20	2	0	0
РЭУ11-30	2	1	0
РЭУ11-11	1	0	1
РЭУ11-21	1	1	1
РЭУ11-02	0	0	2
РЭУ11-12	0	1	2

Исполнения в зависимости от напряжения реле тока серии РЭУ11

Таблица 58.3

Номиналь- ное напряже- ние, В	Номи- нальная частота, Гц	Сопротивление обмотки, Ом	
		активное	полное
12	—	90—110	—
24	—	360—440	—
48	—	1410—1700	—
110	—	7560—9240	—
110	50	1000	2420
220	—	30000—39000	—
220	50/60	3500/2400	9680

Номиналь- ное напряже- ние, В	Номи- нальная частота, Гц	Сопротивление обмотки, Ом	
		активное	полное
230	50/60	3840/2520	10580/10580
240	50	4040	11520
380	50/60	11800/8000	28880/28880
400	60	9000	32000
415	60	11000	34445
440	60	11900	38720

Исполнения в зависимости от силы тока реле тока серии РЭУ11

Таблица 58.4

Ном. сила тока, А	Сопротивление обмотки, Ом	
	активное, для реле постоянного тока	полное, для реле переменного тока 50/60 Гц
0,006	6400...7000	—
0,010	1950...2290	—
0,016	824...936	—
0,025	340...400	3200
0,050	88...98	3200
0,060	55...62	—
0,080	28...39	312
0,10	17,3...19,9	200

Ном. сила тока, А	Сопротивление обмотки, Ом	
	активное, для реле постоянного тока	полное, для реле переменного тока 50/60 Гц
0,16	6,5...7,3	78
0,25	2,74...3,1	32
0,40	1,1...1,24	12,5
0,50	0,6...0,7	8
1,0	0,17...0,21	2
2,5	0,03...0,035	0,32
4,0	0,015...0,0155	—

Мощность в зависимости от рода тока реле тока серии РЭУ11

Таблица 58.5

Род тока	постоянный		переменный	
	напряжения	тока	напряжение	тока
Реле с обмоткой				
Потребляемая мощность	1,75 Вт	0,25 Вт	5 В·А	2 В·А
Напряжение или сила тока срабатывания	0,7 U _{ном}	0,85 I _{ном}	0,8 U _{ном}	0,9 I _{ном}

Реле с контактами с самовозвратом выпускаются только на постоянный ток (геркон). Напряжения и токи, на которые выпускаются реле с катушками: звездочки возле величин означают сетевые напряжения

и частоты, которые в СНГ не применяются, например, напряжение сети 230 В или частота 60 Гц.

Номинальные напряжения:

- ♦ постоянное: 12; 24; 48; 110; 220 В.
- ♦ 50 Гц: 110; 220; 230*; 240*; 380 В.
- ♦ 60 Гц: 220*; 230*; 380*; 400*; 415*; 440*В.

Номинальные токи:

- ♦ постоянный ток — 0,006; 0,010; 0,016; 0,025; 0,050; 0,060; 0,080; 0,10; 0,16; 0,25; 0,40; 0,50; 1,0; 2,5; 4,0 А.
- ♦ переменный ток 50 (60*) Гц — 0,025; 0,050; 0,080; 0,10; 0,16; 0,25; 0,40; 0,50; 1,0; 2,5; 4,0 А.

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ

Классификация твердотельных реле

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Твердотельное реле — опто-электронное устройство, в котором сигнал управления передается через оптический канал и включает (выключает) мощное выходное электронное устройство.

Находят применение в электротехнических устройствах и изделиях автоматики:

- ♦ для коммутации электродвигателей постоянного и переменного тока;
- ♦ в системах автоматического регулирования и управления;
- ♦ в качестве контакторов в цепях переменного тока, в импульсных источниках питания, в быстродействующих системах защиты и т. д.

Оптоэлектронные твердотельные реле можно разделить на две принципиально различные группы:

- ♦ реле переменного тока, у которых силовыми элементами являются симисторы и тиристоры и однополярные;
- ♦ двухполярные реле постоянного тока с силовыми элементами на IGBT или МОП-транзисторах, причем двухполярные реле могут работать и в цепях переменного тока.

Для типовых значений параметров силовых элементов для напряжений 220/380 В получим, что на токах свыше единиц ампер тиристоры в 3–5 раз эффективнее IGBT, а отношение рассеиваемых мощностей реле на IGBT или МОП-транзисторах численно примерно равно току в амперах.

ONLINE ВИДЕО



Сравнение реле
переменного тока
от разных
производителей

Тиристорные твердотельных реле:

- ♦ однофазные нормально замкнутые и нормально разомкнутые реле (от 1 до 100 А);
- ♦ трехфазные нормально разомкнутые реле (от 10 до 150 А);
- ♦ однофазные, двухфазные и трехфазные реверсивные реле со встроенной защитой от межфазного замыкания и мгновенного реверса (от 10 до 40 А);
- ♦ двухканальные твердотельные реле с отдельными каналами или с общей точкой на выходе с независимым управлением каналами (от 1 А выше).

Твердотельные реле постоянного тока также можно классифицировать по времени задержки включения/выключения реле. Быстродействующие реле имеют время задержки включения/выключения единицы мкс, дополнительный вывод внешнего питания и, в свою очередь, делятся на такие группы:

- ♦ реле с питанием, гальванически связанным с выходом, и с питанием по входу;
- ♦ реле, имеющие задержки выключения значительно меньше (до 1 мс).

ПРИМЕЧАНИЕ

Выпускаются также многоканальные реле с различным сочетанием «нормально замкнутых» и «нормально разомкнутых» контактов, в частности двух- и четырехканальные.

ONLINE ВИДЕО



*Как работает
твердотельное реле*



*Контактные
твердотельные реле —
свойства, отличия,
недостатки*



*Твердотельное реле.
Что это такое
и как работает?
Испытание на практике*

Способы управления

Реле могут иметь контроль нуля фазы силового напряжения (т. е. включаться при значении этого напряжения, близком к нулю, типа ТМ)

или не иметь этого контроля (типа ТС). Включение в «нуле» напряжения имеет то преимущество, что минимизирует помехи при включении.

По управлению реле могут иметь токовые или потенциальные входы. **Токовые входы** могут быть только у однофазных и двухканальных реле, **потенциальные** — у всех. Для токовых входов ток управления 10–25 мА при падении напряжения на входе порядка 1,2 или 2,4 В.

Потенциальное управление варьируется в диапазонах: постоянный (4–7) и (3–30) В; переменный (6–30) и (110–280) В.

ВНИМАНИЕ

Тиристорные структуры весьма чувствительны к перенапряжениям — их появление ведет к необратимому пробое, поэтому актуальной является задача защиты выходов реле от перенапряжений. Основным средством такой защиты является шунтирование выходов реле варисторами. Для защиты реле от потери управления из-за импульсных помех применяется шунтирование выходов RC-цепью.

Однофазные нормально замкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Однофазные нормально замкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ — реле в специальных пластмассовых корпусах на токи от 1 до 100 А без контроля перехода фазы коммутируемого сигнала через ноль. **Реле состоит** из светодиода, оптически связанного с оптосимистором, который управляет мощным коммутирующим элементом (последним может быть симистор или два включенных встречнопараллельно тиристора в зависимости от коммутируемого тока). Напряжение изоляции — 1500 В. Схемы включения реле показаны на **рис. 59.1**, а их параметры приведены в **табл. 59.1**.

В таблице используются следующие обозначения: $U_{\text{ком}}$ — напряжение коммутации; $U_{\text{пик}}$ — максимальный импульс напряжения; $I_{\text{ком}}$ — ток коммутации; $I_{\text{ком.им}}$ — максимальный импульс тока.

ONLINE ВИДЕО



Твердотельное
реле. Испытание
на практике

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Однофазные нор-
мально замкнутые
реле переменного
тока 5П19.01ТС

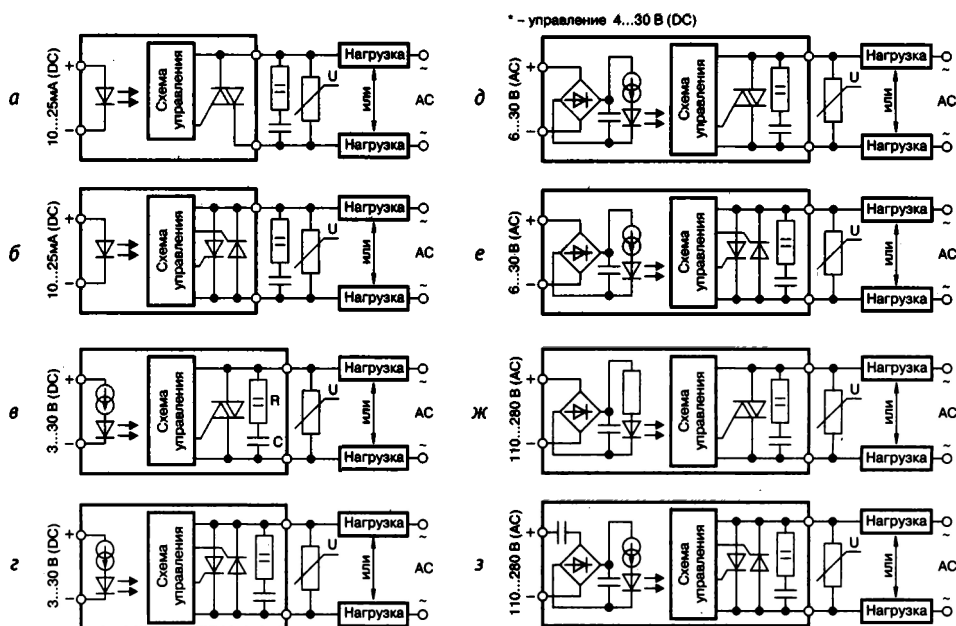


Рис. 59.1. Схемы включения реле

Параметры твердотельных оптоэлектронных реле

Таблица 59.1

Наименование	$U_{\text{ном1}}, \text{В}$	$U_{\text{ном2}}, \text{В}$	$I_{\text{ном1}}, \text{А}$	$I_{\text{ном2}}, \text{А}$	Корпус	Схема включения
5П19.01ТС-1-6	240	600	1	10	А1, Б1	Рис. 59.1, а
5П19.01ТС-1-7	420	700				
5П19.01ТС-3-6	240	600	3	30	Б2	Рис. 59.1, а
5П19.01ТС-3-7	420	700				
5П19.01ТС-4-6	240	600	4	30	В1, Б2	Рис. 59.1, а
5П19.01ТС-4-7	420	700				
5П19.01ТС-10-6	240	600	10	70	В3, В4	Рис. 59.1, а
5П19.01ТС-10-7	420	700				
5П19.01ТС-20-6	240	600	20	160	В6	Рис. 59.1, б
5П19.01ТС-20-7	420	700				
5П19.01ТС-60-6	240	600	60	600	И1, Б1	Рис. 59.1, в
5П19.01ТС-60-7	420	700				
5П19.01ТС-100-6	240	600	100	1000	Б2	Рис. 59.1, в
5П19.01ТС-100-7	420	700				
5П19.01ТСА-1-6	240	600	1	10	В1, Б2	Рис. 59.1, в
5П19.01ТСА-1-7	420	700				
5П19.01ТСА-3-6	240	600	3	30	Б2	Рис. 59.1, в
5П19.01ТСА-3-7	420	700				
5П19.01ТСА-4-6	240	600	4	30	В1, Б2	Рис. 59.1, в
5П19.01ТСА-4-7	420	700				
5П19.01ТСА-10-6	240	600	10	70	В1, Б2	Рис. 59.1, в
5П19.01ТСА-10-7	420	700				

Таблица 59.1 (продолжение)

Наименование	U _{ном} , В	U _{пит} , В	I _{ном} , А	I _{ном.м} , А	Корпус	Схема включения
5П19.01ТСА-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.1, з
5П19.01ТСА-20-7	420	700				
5П19.01ТСА-60-6	240	600	60	600	В6	Рис. 59.1, з
5П19.01ТСА-60-7	420	700				
5П19.01ТСА-100-6	240	600	100	1000		
5П19.01ТСА-100-7	420	700				
5П19.01ТСБ-1-6	240	600	1	10	И1	Рис. 59.1, д
5П19.01ТСБ-1-7	420	700				
5П19.01ТСБ-3-6	240	600	3	30	Ж1	Рис. 59.1, д
5П19.01ТСБ-3-7	420	700				
5П19.01ТСБ-10-6	240	600	10	70	В1, В2	Рис. 59.1, д
5П19.01ТСБ-10-7	420	700				
5П19.01ТСБ-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.1, е
5П19.01ТСБ-20-7	420	700				
5П19.01ТСБ-60-6	240	600	60	600	В6	Рис. 59.1, е
5П19.01ТСБ-60-7	420	700				
5П19.01ТСБ-100-6	240	600	100	1000		
5П19.01ТСБ-100-7	420	700				
5П19.01ТСВ-1-6	240	600	1	10	Ж1	Рис. 59.1, ж
5П19.01ТСВ-1-7	420	700				
5П19.01ТСВ-3-6	240	600	3	30		
5П19.01ТСВ-3-7	420	700				
5П19.01ТСВ-10-6	240	600	10	70	В1, В2	Рис. 59.1, ж
5П19.01ТСВ-10-7	420	700				
5П19.01ТСВ-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.1, з
5П19.01ТСВ-20-7	420	700				
5П19.01ТСВ-60-6	240	600	60	600	В6	Рис. 59.1, з
5П19.01ТСВ-60-7	420	700				
5П19.01ТСВ-100-6	240	600	100	1000		
5П19.01ТСВ-100-7	420	700				

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Однофазные
нормально
разомкнутые реле
переменного тока
5П19.01ТС

Однофазные нормально разомкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Однофазные нормально разомкнутые реле переменного тока 5П19.01ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ — реле в специальных пластмассовых корпусах на токи от 1 до 100 А без контроля перехода фазы через нуль. Реле состоит из светодиода, оптически связанного с оптосимистором, который управляет мощным коммутирующим элементом (послед-

ним может быть симистор или два включенных встречнопараллельно тиристора в зависимости от коммутируемого тока). Напряжение изоляции — 4000 В для всех типов, кроме ТС и ТСА (для них 1500 В).

На рис. 59.2 показаны схемы включения этих реле, их параметры приведены в табл. 59.2.

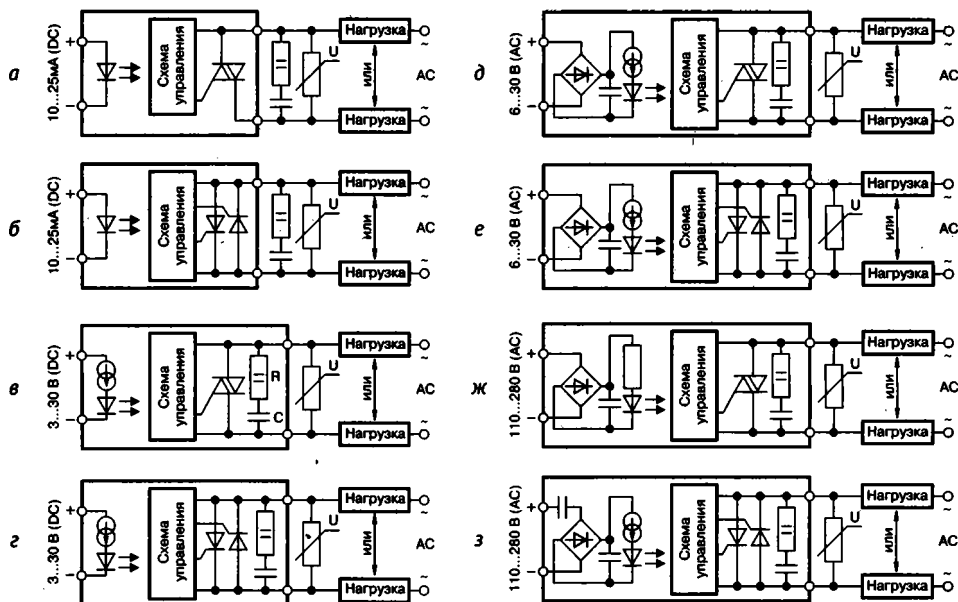


Рис. 59.2. Схемы включения реле 5П19.10ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Параметры однофазных нормально разомкнутых реле переменного тока

Таблица 59.2

Наименование	U _{ном1} , В	U _{ном2} , В	I _{ном1} , А	I _{ном2} , А	Корпус	Схема включения
5П19.10ТС1-1-6	240	600	1	10	А1, Б1	Рис. 59.2, а
5П19.10ТС1-1-8	420	800				
5П19.10ТС1-3-6	240	600	3	30	Г1, Б1	Рис. 59.2, а
5П19.10ТС1-3-8	420	800				
5П19.10ТС-4-6	240	600	4	30	Б2	Рис. 59.2, а
5П19.10ТС-4-8	420	800				
5П19.10ТС1-10-6	240	600	10	70	Б1, Б2	Рис. 59.2, а
5П19.10ТС1-10-8	420	800				
5П19.10ТС1-20-6	240	600	20	160	Б3, Б4	Рис. 59.2, б
5П19.10ТС1-20-8	420	800				
5П19.10ТС1-60-6	240	600	60	600	Б6	Рис. 59.2, б
5П19.10ТС1-60-8	420	800				
5П19.10ТС1-60-12	630	1200	100	1000		
5П19.10ТС1-100-6	240	600				
5П19.10ТС1-100-8	420	800				
5П19.10ТС1-100-12	630	1200				

Таблица 59.2 (продолжение)

Наименование	U _{ном} , В	U _{пит} , В	I _{ном} , А	I _{ном.макс} , А	Корпус	Схема включения		
5П19.10ТСА1-1-6	240	600	1	10	И1, Б1	Рис. 59.2, в		
5П19.10ТСА1-1-8	420	800						
5П19.10ТСА1-3-6	240	600	3	30	Г1, Б1, Ж1	Рис. 59.2, в		
5П19.10ТСА1-3-8	420	800						
5П19.10ТСА1-4-6	240	600	4	30	Б2	Рис. 59.2, в		
5П19.10ТСА1-4-8	420	800						
5П19.10ТСА1-10-6	240	600	10	70	В1, В2	Рис. 59.2, в		
5П19.10ТСА1-10-8	420	800						
5П19.10ТСА1-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.2, з		
5П19.10ТСА1-20-8	420	800						
5П19.10ТСА1-60-6	240	600	60	600	Б6	Рис. 59.2, з		
5П19.10ТСА1-60-8	420	800						
5П19.10ТСА1-60-12	630	1200						
5П19.10ТСА1-100-6	240	600	100	1000			Б6	Рис. 59.2, з
5П19.10ТСА1-100-8	420	800						
5П19.10ТСА1-100-12	630	1200						
5П19.10ТСБ1-1-6	240	600	1	10	И1	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-1-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-3-6	240	600	3	30	Ж1	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-3-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-10-6	240	600	10	70	В1,В2	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-10-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-20-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-60-6	240	600	60	600	Б6	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-60-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-60-12	630	1200						
5П19.10ТСБ1-100-6	240	600	100	1000	Б6	Рис. 59.2, д		
5П19.10ТСБ1-100-8	420	800						
5П19.10ТСБ1-100-12	630	1200						
5П19.10ТСВ1-1-6	240	600	1	10	Ж1	Рис. 59.2, ж		
5П19.10ТСВ1-1-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-3-6	240	600	3	30			Ж1	Рис. 59.2, ж
5П19.10ТСВ1-3-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-10-6	240	600	10	70	В1, В2	Рис. 59.2, ж		
5П19.10ТСВ1-10-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-20-6	240	600	20	160	В3, В4	Рис. 59.2, з		
5П19.10ТСВ1-20-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-60-6	240	600	60	600	Б6	Рис. 59.2, з		
5П19.10ТСВ1-60-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-60-12	630	1200						
5П19.10ТСВ1-100-6	240	600	100	1000			Б6	Рис. 59.2, з
5П19.10ТСВ1-100-8	420	800						
5П19.10ТСВ1-100-12	630	1200						

Трехфазные реле переменного тока 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Трехфазные реле переменного тока 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ — реле в специальных пластмассовых корпусах на токи от 10 до 100 А без контроля перехода фазы коммутируемого тока через нуль. Напряжение изоляции 4000 В. На рис. 59.3 показаны схемы включения всех указанных ниже типов реле.

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Твердотельные
реле 5П36.30ТСА

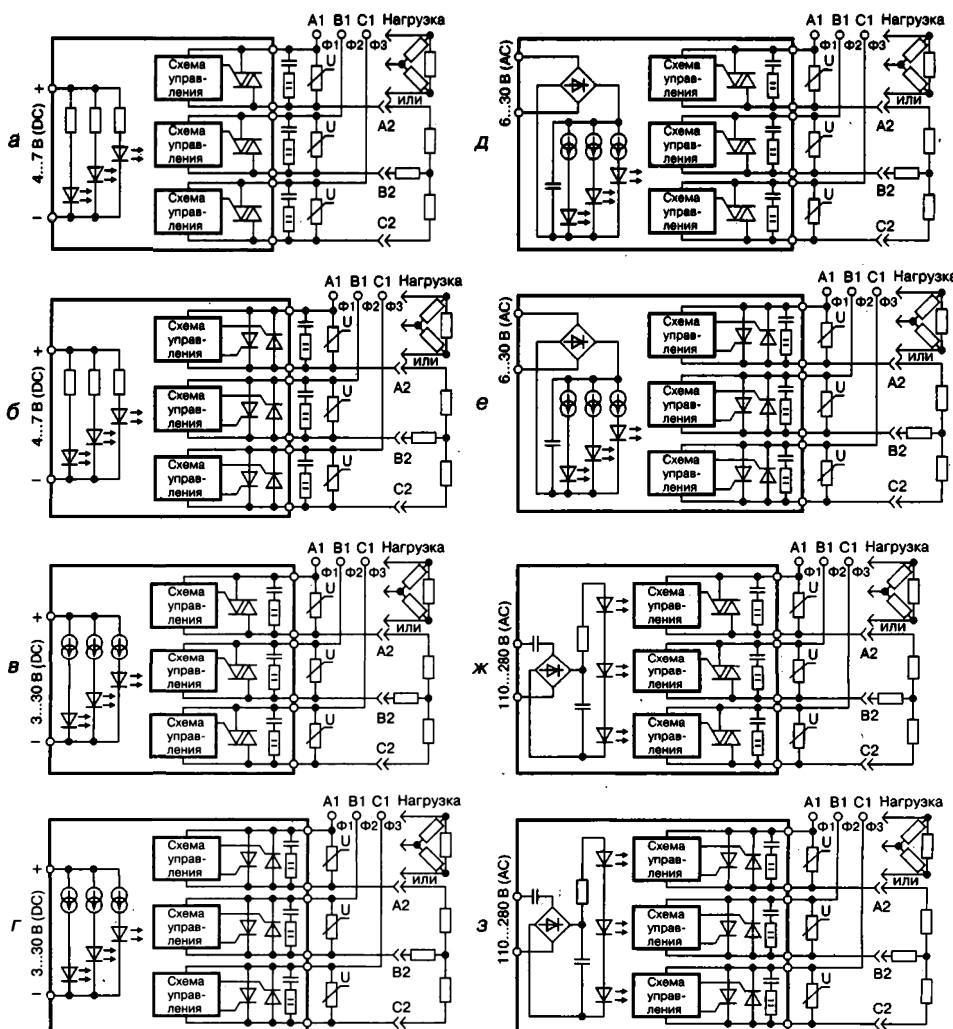


Рис. 59.3. Схемы включения реле 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Технические характеристики трехфазных реле переменного тока 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ приведены в табл. 59.3.

Технические характеристики трехфазных реле переменного тока 5П36.30ТС, ТСА, ТСБ, ТСВ

Таблица 59.3

Наименование	$U_{ном1}$, В	$U_{ном2}$, В	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2, ном3}$, А	Корпус	Схемы включения
5П36.30ТС1-10-6	240	600	10	70	Д1, Д2	Рис. 59.3, а
5П36.30ТС1-10-8	420	800				
5П36.30ТС1-20-6	240	600	20	160	Д1, Д2	Рис. 59.3, б
5П36.30ТС1-20-8	420	800				
5П36.30ТС1-40-6	240	600	60	600	Д134	Рис. 59.3, в
5П36.30ТС1-40-8	420	800				
5П36.30ТС1-40-12	630	1200				
5П36.30ТС1-100-6	240	600	100	1000	Д20	Рис. 59.3, б
5П36.30ТС1-100-8	420	800				
5П36.30ТС1-100-12	630	1200				
5П36.30ТСА1-10-6	240	600	10	70	Д1, Д2	Рис. 59.3, в
5П36.30ТСА1-10-8	420	800				
5П36.30ТСА1-20-6	240	600	20	160	Д1, Д2	Рис. 59.3, г
5П36.30ТСА1-20-8	420	800				
5П36.30ТСА1-40-6	240	600	60	600	Д134	Рис. 59.3, г
5П36.30ТСА1-40-8	420	800				
5П36.30ТСА1-40-12	630	1200				
5П36.30ТСА1-100-6	240	600	100	1000	Д20	Рис. 59.3, г
5П36.30ТСА1-100-8	420	800				
5П36.30ТСА1-100-12	630	1200				
5П36.30ТСБ1-10-6	240	600	10	70	Д1, Д2	Рис. 59.3, д
5П36.30ТСБ1-10-8	420	800				
5П36.30ТСБ1-20-6	240	600	20	160	Д1, Д2	Рис. 59.3, е
5П36.30ТСБ1-20-8	420	800				
5П36.30ТСБ1-40-6	240	600	60	600	Д134	Рис. 59.3, е
5П36.30ТСБ1-40-8	420	800				
5П36.30ТСБ1-40-12	630	1200				
5П36.30ТСБ1-100-6	240	600	100	1000	Д20	Рис. 59.3, е
5П36.30ТСБ1-100-8	420	800				
5П36.30ТСБ1-100-12	630	1200				
5П36.30ТСВ1-10-6	240	600	10	70	Д1, Д2	Рис. 59.3, ж
5П36.30ТСВ1-10-8	420	800				
5П36.30ТСВ1-20-6	240	600	20	160	Д1, Д2	Рис. 59.3, з
5П36.30ТСВ1-20-8	420	800				
5П36.30ТСВ1-40-6	240	600	60	600	Д134, Д20	Рис. 59.3, з
5П36.30ТСВ1-40-8	420	800				
5П36.30ТСВ1-40-12	630	1200				
5П36.30ТСВ1-100-6	240	600	100	1000	Д134, Д20	Рис. 59.3, з
5П36.30ТСВ1-100-8	420	800				
5П36.30ТСВ1-100-12	630	1200				

Однополярные нормально замкнутые реле постоянного тока 5П20.01ПА, ПА1

Однополярные нормально замкнутые реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П20.01ПА, ПА1 состоят из инфракрасного светодиода, оптически связанного с электронной схемой, управляющей выходным элементом. Напряжение изоляции — 4000 В для 5П20.01ПА1, 1500 В — для 5П20.01ПА. Схема включения реле приведена на рис. 59.4.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Однополярные нормально замкнутые реле постоянного тока 5П20.01ПА

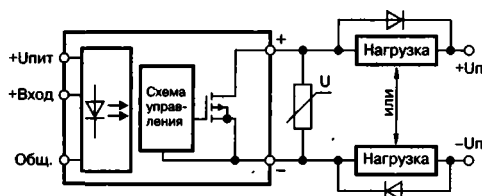


Рис. 59.4. Схемы включения реле 5П20.01ПА, ПА1

Технические характеристики однополярных нормально замкнутых реле постоянного тока 5П20.01ПА, ПА1 приведены в табл. 59.4.

Технические характеристики однополярных нормально замкнутых реле постоянного тока 5П20.01ПА, ПА1

Таблица 59.4

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{ном}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П20.01ПА1-5-0,6	0-60	5	0,035	И2, Б5	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-10-0,6		10	0,02	Б6	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-10-0,6			0,035		
5П20.01ПА1-25-0,6		25	0,035	Б11, Б12	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-30-0,6		30	0,025		
5П20.01ПА1-50-0,6		50	0,017	Б30	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-65-0,6		65	0,013		
5П20.01ПА1-130-0,6		130	0,006	Д56	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-190-0,6		190	0,004		
5П20.01ПА1-2-1	0-100	2	0,35	И2, Б5	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-5-1		5	0,045		
5П20.01ПА1-8-1		8	0,1	Б6	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-10-1		10	0,03		
5П20.01ПА1-20-1		20	0,045	Б11, Б12	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-30-1		30	0,05		
5П20.01ПА1-40-1		40	0,023	Б30	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-85-1		85	0,01	Д66	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-125-1		125	0,008	Д56	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-2,5-2	0-200	2,5	0,2	И2, Б5	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-5-2		5	0,06		
5П20.01ПА1-8-2		8	0,06	Б6	Рис. 59.4

Таблица 59.4 (продолжение)

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$R_{\text{вх}}, \text{Ом}$	Корпус	Схемы включения
5П20.01ПА1-10-2	0-200	10	0,2	В11, В12	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-15-2		15	0,1		
5П20.01ПА1-20-2		20	0,06		
5П20.01ПА1-35-2		35	0,05	В16	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-45-2		45	0,03		
5П20.01ПА1-90-2		90	0,015	Д56	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-135-2		135	0,01	Д68	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-1-4	0-400	1	0,6	И2, В5	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-2,5-4		2,5	0,25		
5П20.01ПА1-5-4		5	0,6	В11, В12	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-10-4		10	0,35		
5П20.01ПА1-18-4		18	0,17		
5П20.01ПА1-25-4		25	0,13	В16	Рис. 59.4
5П20.01ПА1-50-4		50	0,06		
5П20.01ПА1-75-4		75	0,04	Д68	Рис. 59.4

Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока 5П20.10П, П1, ПА, ПА1



Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П20.10П, П1, ПА, ПА1 состоят из инфракрасного светодиода, оптически связанного с электронной схемой, управляющей выходным элементом. Управление для реле 5П20.10П, П1 — токовое, для 5П20.10ПА, ПА1 — потенциальное. Напряжение изоляции — 4000 В для 5П20.01ПА1, 1500 В — для 5П20.01ПА. Схемы включения приведены на рис. 59.5.

Технические характеристики однополярных нормально разомкнутых реле постоянного тока 5П20.10П, П1, ПА, ПА1 приведены в табл. 59.5.

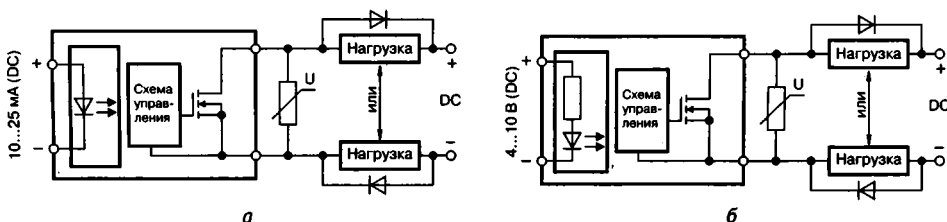


Рис. 59.5. Схемы включения реле 5П20.10П, П1, ПА, ПА1

Технические характеристики однополярных
нормально разомкнутых реле постоянного тока 5П20.10П, П1, ПА, ПА1

Таблица 59.5

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{вход}$, Ом	Корпус	Схема включения
5П20.10П1-5-0,6	0-60	5	0,035	A1, Б1	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-10-0,6		10	0,02	Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-10-0,6		10	0,035		
5П20.10П1-25-0,6		25	0,035	Б1, Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-30-0,6		30	0,025		
5П20.10П1-50-0,6		50	0,017	Б20	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-65-0,6		65	0,013		
5П20.10П1-2-1	0-100	2	0,35	A1, Б1	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-5-1		5	0,045	Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-10-1		10	0,045		
5П20.10П1-15-1		15	0,1	Б1, Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-20-1		20	0,045		
5П20.10П1-30-1		30	0,05	Б20	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-40-1		40	0,023		
5П20.10П1-2,5-2	0-200	2,5	0,2	A1, Б1	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-5-2		5	0,06	Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-8-2		8	0,06		
5П20.10П1-10-2		10	0,2	Б1, Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-15-2		15	0,1		
5П20.10П1-20-2		20	0,06	Б28	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-35-2		35	0,05		
5П20.10П1-45-2	0-400	45	0,03	A1, Б1	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-1-4		1	1,25		
5П20.10П1-2,5-4		2,5	0,25	Б1, Б2	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-5-4		5	0,6		
5П20.10П1-10-4		10	0,35	Б28	Рис. 59.5, а
5П20.10П1-18-4		18	0,17		
5П20.10П1-25-4		25	0,13	И1, Б1	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-5-0,6	0-60	5	0,035		
5П20.10ПА1-10-0,6		10	0,02	Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-18-0,6		18	0,035		
5П20.10ПА1-25-0,6		25	0,035	Б1, Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-30-0,6		30	0,025		
5П20.10ПА1-50-0,6		50	0,017	Б20	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-65-0,6		65	0,013		
5П20.10ПА1-130-0,6	0-100	130	0,006	Д48	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-190-0,6		190	0,04		
5П20.10ПА1-2-1		2	0,35	И1, Б1	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-5-1		5	0,045		
5П20.10ПА1-10-1		10	0,045	Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-15-1		15	0,1		
5П20.10ПА1-20-1		20	0,045	Б1, Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-30-1		30	0,05		
5П20.10ПА1-40-1		40	0,023	Б20	Рис. 59.5, б

Таблица 59.5 (продолжение)

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$R_{\text{ном}}, \text{Ом}$	Корпус	Схема включения
5П20.10ПА1-85-1	0-100	85	0,01	Д16	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-125-1		125	0,008	Д48	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-2,5-2	0-200	2,5	0,2	Г1, Б1	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-5-2		5	0,06		
5П20.10ПА1-8-2		8	0,06	Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-10-2	0-200	10	0,2	Б1, Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-15-2		15	0,1		
5П20.10ПА1-20-2		20	0,06		
5П20.10ПА1-35-2		35	0,05	В28	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-45-2		45	0,03		
5П20.10ПА1-90-2		90	0,015	Д48	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-135-2		135	0,01		
5П20.10ПА1-1-4	0-400	1	1,25	И1, Б1	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-2,5-4		2,5	0,25	Г1, Б1	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-5-4		5	0,6	Б1, Б2	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-10-4		10	0,35		
5П20.10ПА1-18-4		18	0,17	В28	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-25-4		25	0,13		
5П20.10ПА1-50-4		50	0,06	Д60	Рис. 59.5, б
5П20.10ПА1-75-4		75	0,04	Д46	Рис. 59.5, б

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П, П1, ПА, ПА1

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П, П1, ПА, ПА1 состоят из инфракрасного светодиода, оптически связанного с элект-

ронной схемой, управляющей выходным элементом. Нормально разомкнутые, время включения-выключения не более 3 мс, рабочая частота до 100 кГц. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный с выходом. Реле типа 5П40.10П1 — с токовым управлением, 5П40.10ПА, ПА1 — с потенциальным. Напряжение изоляции — 4000 В для реле типа 5П40.10П1, ПА1, 1500 В — для реле типа 5П40.10П, ПА.

Схемы включения приведены на рис. 59.6.

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П, П1, ПА, ПА1 приведены в табл. 59.6.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П

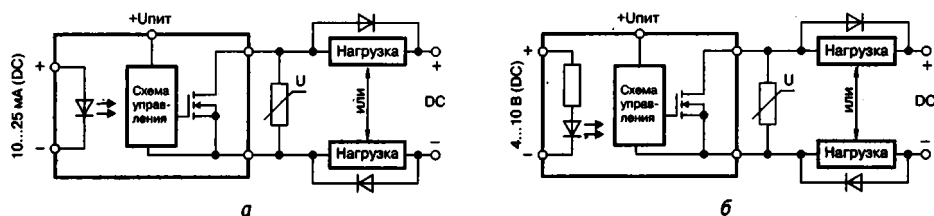


Рис. 59.6. Схемы включения реле 5П40.10П, П1, ПА, ПА1.

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10П, П1, ПА, ПА1

Таблица 59.6

Наименование	$U_{пит}, В$	$I_{пит}, А$	$R_{пит}, Ом$	Корпус	Схема включения
5П40.10П1-5-0,6	0-60	5	0,035	А2, Б3	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-10-0,6		10	0,025	Б4	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-25-0,6		25	0,035	В39, В40	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-30-0,6		30	0,025		
5П40.10П1-50-0,6		50	0,017	В46	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-65-0,6		65	0,013		
5П40.10П1-130-0,6		130	0,006	Д56	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-190-0,6		190	0,004		
5П40.10П1-2-1	0-100	2	0,35	А2, Б3	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-5-1		5	0,1		
5П40.10П1-10-1		10	0,045	Б4	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-20-1		20	0,045	В39, В40	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-30-1		30	0,05		
5П40.10П1-40-1		40	0,023	В46	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-85-1		85	0,01		
5П40.10П1-125-1		125	0,008	Д56	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-2,5-2	0-200	2,5	0,02	И5	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-5-2		5	0,06		
5П40.10П1-10-2		10	0,2	В39, В40	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-15-2		15	0,1		
5П40.10П1-20-2		20	0,06		
5П40.10П1-35-2	0-200	35	0,05	В48	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-45-2		45	0,03		
5П40.10П1-90-2		90	0,015	Д56	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-135-2		135	0,01	Д68	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-1-4	0-400	1	1,25	А2, Б3	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-2,5-4		2,5	0,25	И5	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-5-4		5	0,6	В39, В40	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-10-4		10	0,35		
5П40.10П1-18-4		18	0,17		
5П40.10П1-25-4		25	0,13	В48	Рис. 59.6, а
5П40.10П1-50-4		50	0,06		
5П40.10П1-75-4		75	0,04		
5П40.10ПА1-5-0,6	0-60	5	0,035	И5, Б3	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-10-0,6		10	0,025	Б4	Рис. 59.6, б

Таблица 59.6 (продолжение)

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$R_{\text{ном}}, \text{Ом}$	Корпус	Схема включения
5П40.10ПА1-25-0,6	0-60	25	0,035	В39, В40	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-30-0,6		30	0,025		
5П40.10ПА1-50-0,6		50	0,017	В46	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-65-0,6		65	0,013		
5П40.10ПА1-130-0,6		130	0,006	Д56	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-190-0,6		190	0,004		
5П40.10ПА1-2-1	0-100	2	0,35	И5, Б3	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-5-1		5	0,1		
5П40.10ПА1-10-1		10	0,045	Б4	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-20-1		20	0,045	В39, В40	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-30-1		30	0,05	В46	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-40-1		40	0,023		
5П40.10ПА1-85-1	0-200	85	0,01	Д66	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-125-1		125	0,008	Д56	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-2,5-2		2,5	0,02	Г2	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-5-2		5	0,06		
5П40.10ПА1-10-2		10	0,2	В39, В40	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-15-2		15	0,1		
5П40.10ПА1-20-2	0-400	20	0,06	В48	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-35-2		35	0,05		
5П40.10ПА1-45-2		45	0,03	Д56	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-90-2		90	0,015		
5П40.10ПА1-135-2		135	0,01	Д68	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-1-4		1	1,25	И5, Б3	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-2,5-4	0-400	2,5	0,25	И5	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-5-4		5	0,6	В39, В40	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-10-4		10	0,35		
5П40.10ПА1-18-4		18	0,17	В48	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-25-4		25	0,13		
5П40.10ПА1-50-4		50	0,06	Д64	Рис. 59.6, б
5П40.10ПА1-75-4		75	0,04	Д68	Рис. 59.6, б

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Реле
5П62.10П1-190-0,6
Протон-Импульс

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П62.10П1

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с питанием по выходу 5П62.10П1 имеют нормально разомкнутые, время включения-выключения не превышает 5 мкс, могут работать на частотах до 100 кГц. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный со вхо-

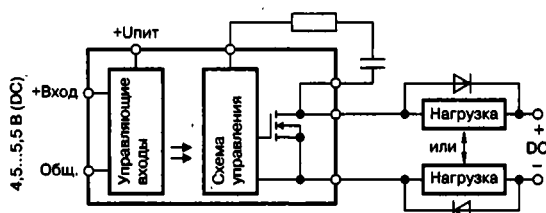


Рис. 59.7. Схемы включения реле 5П62.10П1

дом. Схемы включения приведены на рис. 59.7.

Технические характеристики однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П62.10П1 приведены в табл. 59.7.

Технические характеристики однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П62.10П1

Таблица 59.7

Наименование	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$R_{ном}, Ом$	Корпус	Схемы включения
5П62.10П1-25-0,6	0-60	25	0,035	В17, В18	Рис. 59.7
5П62.10П1-30-0,6		30	0,025		
5П62.10П1-50-0,6		50	0,017	В54	Рис. 59.7
5П62.10П1-65-0,6		65	0,013		
5П62.10П1-130-0,6		130	0,006	Д44	Рис. 59.7
5П62.10П1-190-0,6		190	0,004		
5П62.10П1-5-1	0-100	5	0,35	В17, В18	Рис. 59.7
5П62.10П1-10-1		10	0,01		
5П62.10П1-20-1		20	0,045	В17, В18	Рис. 59.7
5П62.10П1-30-1		30	0,05		
5П62.10П1-40-1		40	0,023	В54	Рис. 59.7
5П62.10П1-85-1		85	0,01		
5П62.10П1-125-1		125	0,008	Д44	Рис. 59.7
5П62.10П1-10-2	0-200	10	0,2	В17, В18	Рис. 59.7
5П62.10П1-15-2		15	0,1		
5П62.10П1-20-2		20	0,06	В56	Рис. 59.7
5П62.10П1-35-2		35	0,05		
5П62.10П1-45-2		45	0,03	Д44	Рис. 59.7
5П62.10П1-90-2		90	0,015		
5П62.10П1-135-2		135	0,01	Д106	Рис. 59.7
5П62.10П1-5-4	0-400	5	0,6	В17, В18	Рис. 59.7
5П62.10П1-10-4		10	0,35		
5П62.10П1-18-4		18	0,17	В56	Рис. 59.7
5П62.10П1-25-4		25	0,13		
5П62.10П1-50-4		50	0,06	Д150	Рис. 59.7
5П62.10П1-75-4		75	0,04	Д106	Рис. 59.7

Оптоэлектронные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с защитой по току 5П40ПТ

Оптоэлектронные реле постоянного тока на МОП-транзисторах с защитой по току 5П40ПТ предназначены для коммутации нагрузок постоянного тока с высокой скоростью коммутации.

Ток защиты может быть отрегулирован в пределах от $0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ до $I_{\text{ном}}$ встроенным регулятором. При превышении тока нагрузки заданного уровня происходит отключение реле за время не более 10 мкс. При этом реле выдает статусный сигнал срабатывания защиты. Вторичное подключение реле обеспечивается кратковременным снятием входного сигнала управления.

Схема защиты включает в себя шунт $R_{\text{ш}}$ с номиналом не более 10 % от сопротивления выходного транзистора в открытом состоянии. При срабатывании схемы защиты транзистор статусного сигнала открывается. Возможен вариант исполнения реле со встроенным преобразователем DC/DC для обеспечения $U_{\text{пит}}$.

Схема включения приведена на рис. 59.8.

Технические характеристики оптоэлектронных реле постоянного тока на МОП-транзисторах с защитой по току 5П40ПТ приведены в табл. 59.8, табл. 59.9.

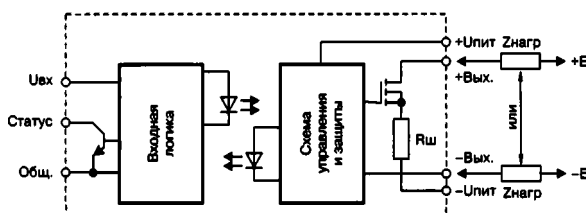


Рис. 59.8. Схема включения реле 5П40ПТ

Технические характеристики оптоэлектронных реле постоянного тока на МОП-транзисторах с защитой по току 5П40ПТ

Таблица 59.8

Выходной ключ	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	Вход управления	
			мА (DC)	В (DC)
МОП	60	5; 10; 25; 30; 50; 85; 130; 190	10–25	4,5–5,5
	100	2; 5; 10; 20; 30; 40; 85; 125		
	200	2,5; 5; 10; 15; 20; 35; 45; 90; 135		
	400	1; 2,5; 5; 10; 18; 25; 50; 75		

Предельно допустимые параметры 5П40ПТ

Таблица 59.9

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Предельно допустимое напряжение на выходе, В, не более	1200	Ток потребления в выкл. сост., мА	35
Коммутируемый ток, А, не более	160	Тепловое сопротивление «переход-радиатор», °С/Вт, не более	1,5
Напряжение изоляции, В, пиковое	4000	Входное напряжение управления, В	5
Напряжение на вых. статусного сигнала, В, не более	15	Задержка вкл/выкл, мкс, не более	5
Вых. сопротивление во вкл. состоянии, Ом	0,035	Ток утечки на выходе, мкА, не более	100
Входное напряжение включения, В	4,5–5,0	Напряжение питания, В	15
Входное напряжение отключения, В	0–0,8	Макс. температура перехода, °С	+150
Ток потребления во вкл. сост., мА	35	Рабочий диапазон температур, °С	–40...+80

Однополярные реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П59.10П1

Однополярные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П59.10П1 рассчитаны на работу в схемах с частотой коммутации до 10 Гц. Время включения-выключения реле не более 3 мкс. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный с входом. Напряжение изоляции — 4000 В. Схема включения приведена на рис. 59.9.

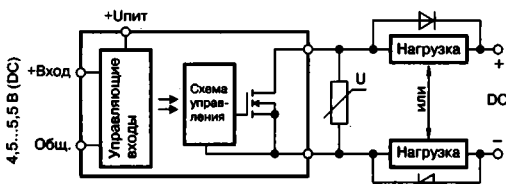


Рис. 59.9. Схема включения реле 5П59.10П1

Технические характеристики однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П59.10П1 приведены в табл. 59.10.

Технические характеристики однополярных реле постоянного тока на МОП-транзисторах 5П59.10П1

Таблица 59.10

Наименование	$U_{\text{ном1}}$ В	$I_{\text{ном1}}$ А	$R_{\text{ном1}}$ Ом	Корпус	Схемы включения
5П59.10П1-25-0,6	0-60	25	0,035	В11, В12	Рис. 59.9
5П59.10П1-30-0,6		30	0,025		
5П59.10П1-50-0,6		50	0,017	В30	Рис. 59.9
5П59.10П1-65-0,6		65	0,013		
5П59.10П1-130-0,6		130	0,006	Д56	Рис. 59.9
5П59.10П1-190-0,6		190	0,004		
5П59.10П1-5-1	0-100	5	0,35	В11, В12	Рис. 59.9
5П59.10П1-10-1		10	0,01		
5П59.10П1-20-1		20	0,045		
5П59.10П1-30-1	0-100	30	0,05	В30	Рис. 59.9
5П59.10П1-40-1		40	0,023		
5П59.10П1-85-1		85	0,01	Д66	Рис. 59.9
5П59.10П1-125-1		125	0,008	Д56	Рис. 59.9
5П59.10П1-10-2	0-200	10	0,2	В11, В12	Рис. 59.9
5П59.10П1-15-2		15	0,1		
5П59.10П1-20-2		20	0,06		
5П59.10П1-35-2		35	0,05	В16	Рис. 59.9
5П59.10П1-45-2		45	0,03		
5П59.10П1-90-2		90	0,015		
5П59.10П1-135-2		135	0,01		

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Однополярные реле
постоянного тока на
МОП-транзисторах
5П59.10П1

Таблица 59.10 (продолжение)

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$R_{\text{ном}}, \text{Ом}$	Корпус	Схемы включения
5П59.10П1-5-4	0–400	5	0,6	В11, В12	Рис. 59.9
5П59.10П1-10-4		10	0,35		
5П59.10П1-18-4		18	0,17		
5П59.10П1-25-4		25	0,13	В16	Рис. 59.9
5П59.10П1-50-4		50	0,06		
5П59.10П1-75-4		75	0,04		

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Биполярные
реле на МОП-
транзисторах
5П57.10П1

Биполярные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П57.10П1

Биполярные реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П57.10П1 рассчитаны на работу в схемах с частотой коммутации до 10 Гц. Время включения-выключения реле не более 5 мкс. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный с входом. Напряжение изоляции — 4000 В. Схема включения приведена на рис. 59.10.

Технические характеристики биполярных реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П57.10П1 приведены в табл. 59.11.

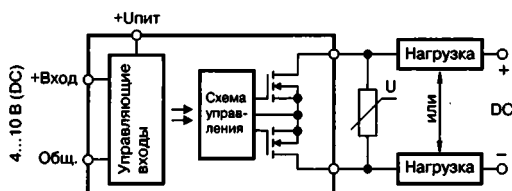


Рис. 59.10. Схема включения
реле 5П57.10П1

Технические характеристики биполярных реле постоянного тока с малым временем срабатывания на МОП-транзисторах 5П57.10П1

Таблица 59.11

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$R_{\text{ном}}, \text{Ом}$	Корпус	Схемы включения
5П57.10П1-25-0,6	-60...+60	25	0,07	В58	Рис. 59.10
5П57.10П1-30-0,6		30	0,05		Рис. 59.10
5П57.10П1-5-1		5	0,2		Рис. 59.10
5П57.10П1-8-1	-100...+100	8	0,09		Рис. 59.10
5П57.10П1-15-1		15	0,2		Рис. 59.10
5П57.10П1-20-1		20	0,09		Рис. 59.10
5П57.10П1-10-2		10	0,4		Рис. 59.10
5П57.10П1-15-2	-200...+200	15	0,2		Рис. 59.10
5П57.10П1-20-2		20	0,12		Рис. 59.10

Таблица 59.11 (продолжение)

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{внут}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П57.10П1-1-4	-400...+400	1	1,2	858	Рис. 59.10
5П57.10П1-3-4		3	2,5		Рис. 59.10
5П57.10П1-5-4		5	1,6		Рис. 59.10
5П57.10П1-12-4		12	0,5		Рис. 59.10

Биполярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П19.10П, П1, ПА, ПА1

Биполярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П19.10П, П1, ПА, ПА1 предназначены для работы в цепях с током изменяющейся полярности. Управление для реле 5П19.10П, П1 — токовое, для 5П19.10ПА, ПА1 — потенциальное. Напряжение изоляции — 4000 В для реле типа 5П19.10П1, ПА1, 1500 В — для реле типа 5П20.10П, ПА. Схемы включения приведены на рис. 59.11.

Технические характеристики биполярных нормально разомкнутых реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П19.10П, П1, ПА, ПА1 приведены в табл. 59.12.

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Биполярные реле
постоянного тока
5П19.10П

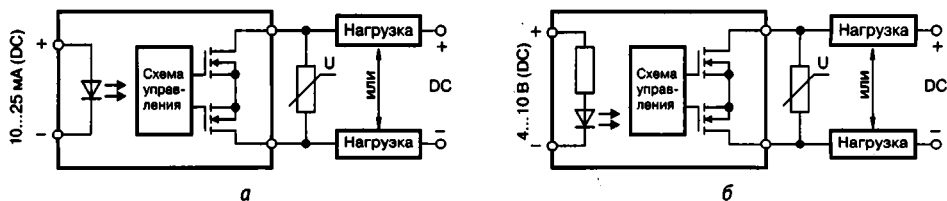


Рис. 59.11. Схемы включения реле 5П19.10П, П1, ПА, ПА1

Технические характеристики биполярных нормально разомкнутых реле постоянного тока с выходом на МОП-транзисторах 5П19.10П, П1, ПА, ПА1

Таблица 59.12

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{внут}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П19.10П1-5-0,6	0-60	5	0,07	А1, Б1	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-10-0,6		10	0,05	Б2	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-25-0,6		25	0,07	В3, 84	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-30-0,6		30	0,05		
5П19.10П1-2,5-1	0-100	2,5	0,7	А1, Б1	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-5-1		5	0,2	Б1	Рис. 59.11, а

Таблица 59.12 (продолжение)

Наименование	$U_{ном1}$, В	$I_{ном1}$, А	$R_{вых1}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П19.10П1-15-1	0-100	15	0,2	В3, В4	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-20-1		20	0,09		
5П19.10П1-10-2	0-200	10	0,4	В35, В36	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-15-2		15	0,2		
5П19.10П1-20-2		20	0,12		
5П19.10П1-1-4	0-400	1	1,6	А1, Б1	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-3-4		3	2,5	В3, В4	Рис. 59.11, а
5П19.10П1-5-4		5	1,6		
5П19.10П1-12-4		12	0,5	В35, В36	Рис. 59.11, а
5П19.10ПА1-5-0,6	0-60	5	0,07	Г1, Б1	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-10-0,6		10	0,05	В3, В4	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-25-0,6		25	0,07		Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-30-0,6		30	0,05		
5П19.10ПА1-2,5-1	0-100	2,5	0,7	Г1, Б1	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-5-1		5	0,2	Б1	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-15-1		15	0,2	В3, В4	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-20-1		20	0,09		
5П19.10ПА1-10-2	0-200	10	0,4	В35, В36	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-15-2		15	0,2		
5П19.10ПА1-20-2		20	0,12		
5П19.10ПА1-1-4	0-400	1	1,6	Г1, Б1	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-3-4		3	2,5	В3, В4	Рис. 59.11, б
5П19.10ПА1-5-4		5	1,6		
5П19.10ПА1-12-4		12	0,5	В35, В36	Рис. 59.11, б

Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на IGBT-транзисторах 5П20.10G1, GD1, GA1, GDA1

ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ



Однополярные
реле постоянного
тока с выходом на
IGBT-транзисторах
5П20.10G1

Однополярные нормально разомкнутые реле постоянного тока с выходом на IGBT-транзисторах 5П20.10G1, GD1, GA1, GDA1 состоят из инфракрасного светодиода, оптически связанного с электронной схемой, управляющей выходным элементом. Управление для реле 5П20.10G1, GD1 — токовое, для 5П20.10GA1, GDA1 — потенциальное. Напряжение изоляции — 4000 В. Схемы включения приведены на рис. 59.12.

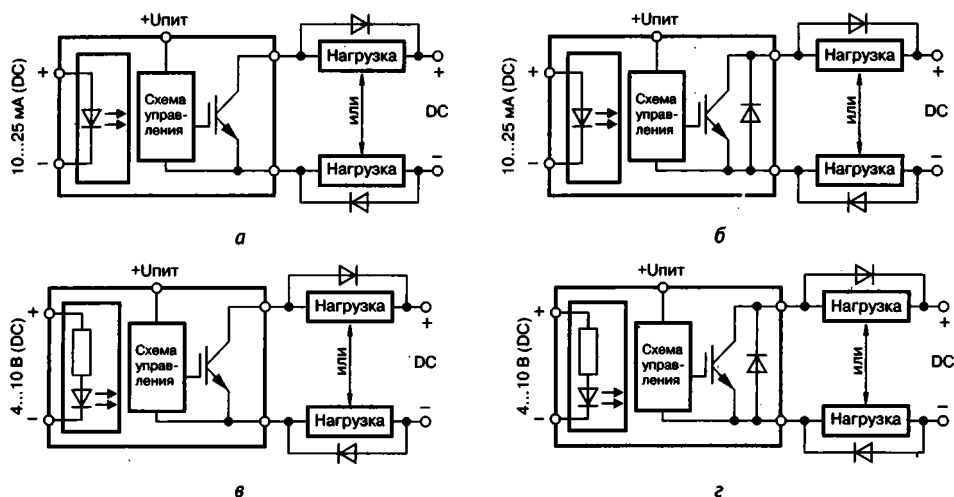


Рис. 59.12. Схемы включения реле 5П20.10Г1, GD1, GA1, GDA1

Технические характеристики однополярных нормально разомкнутых реле постоянного тока с выходом на IGBT-транзисторах 5П20.10Г1, GD1, GA1, GDA1 приведены в табл. 59.13.

Технические характеристики однополярных нормально разомкнутых реле постоянного тока с выходом на IGBT-транзисторах 5П20.10Г1, GD1, GA1, GDA1 Таблица 59.13

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{ном}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П20.10Г1-10-6	0-600	10	2,5	B1, B2	Рис. 59.12, а
5П20.10Г1-20-6		20			
5П20.10Г1-40-6		40			
5П20.10Г1-60-6		60		B28	Рис. 59.12, а
5П20.10Г1-80-6		80			
5П20.10Г1-120-6		120			
5П20.10Г1-160-6	0-1200	160	3	Д48	Рис. 59.12, а
5П20.10Г1-10-12		10			
5П20.10Г1-20-12		20			
5П20.10Г1-40-12		40			
5П20.10Г1-60-12		60		B28	Рис. 59.12, а
5П20.10Г1-80-12		80			
5П20.10Г1-120-12		120			
5П20.10Г1-160-12		160			
5П20.10ГD1-10-6	0-600	10	2,5	B1, B2	Рис. 59.12, б
5П20.10ГD1-20-6		20			
5П20.10ГD1-40-6		40			
5П20.10ГD1-60-6		60		B28	Рис. 59.12, б
5П20.10ГD1-80-6		80			
5П20.10ГD1-120-6		120			
5П20.10ГD1-160-6		160		Д48	Рис. 59.12, б

Таблица 59.13 (продолжение)

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$R_{вх}$, Ом	Корпус	Схемы включения
5П20.10GD1-10-12	0–1200	10	3	В1, В2	Рис. 59.12, б
5П20.10GD1-20-12		20			
5П20.10GD1-40-12		40		В28	Рис. 59.12, б
5П20.10GD1-60-12		60			
5П20.10GD1-80-12		80		Д48	Рис. 59.12, б
5П20.10GD1-120-12		120			
5П20.10GD1-160-12		160			
5П20.10GA1-10-6	0–600	10	2,5	В1, В2	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-20-6		20			
5П20.10GA1-40-6		40		В28	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-60-6		60			
5П20.10GA1-80-6		80		Д48	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-120-6		120			
5П20.10GA1-160-6		160			
5П20.10GA1-10-12	0–1200	10	3	В1, В2	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-20-12		20			
5П20.10GA1-40-12		40		В28	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-60-12		60			
5П20.10GA1-80-12		80		Д48	Рис. 59.12, в
5П20.10GA1-120-12		120			
5П20.10GA1-160-12		160			
5П20.10GDA1-10-6	0–600	10	2,5	В1, В2	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-20-6		20			
5П20.10GDA1-40-6		40		В28	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-60-6		60			
5П20.10GDA1-80-6		80		Д48	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-120-6		120			
5П20.10GDA1-160-6		160			
5П20.10GDA1-10-12	0–1200	10	3	В1, В2	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-20-12		20			
5П20.10GDA1-40-12		40		В28	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-60-12		60			
5П20.10GDA1-80-12		80		Д48	Рис. 59.12, г
5П20.10GDA1-120-12		120			
5П20.10GDA1-160-12		160			

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах 5П40.10G1, GD1, GA1, GDA1

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10G1, GD1, GA1, GDA1 — нормально разомкнутые, время включения-выключения не более 3 мкс, рабочая частота до 100 кГц. Реле имеют допол-

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Быстродействующие
однополярные реле
постоянного тока
на IGBT-транзисторах
5П40.10G1

нительный вывод питания, гальванически связанный с выходом.

Реле 5П40.10G1, GDI с токовым управлением, 5П40.10GA1, GDA1 — с потенциальным. Напряжение изоляции — 4000 В. Схемы включения приведены на **рис. 59.13**.

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10G1, GD1, GA1, GDA1 приведены в **табл. 59.14**.

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по выходу 5П40.10G1, GD1, GA1, GDA1

Таблица 59.14

Наименование	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$U_{выкл. ост}, В$	Схемы включения
5П40.10G1-10-6	0-600	10	2,5	Рис. 59.13, а
5П40.10G1-20-6		20		
5П40.10G1-40-6		40		
5П40.10G1-60-6		60		
5П40.10G1-80-6	0-600	80	2,5	Рис. 59.13, а
5П40.10G1-120-6		120		
5П40.10G1-160-6		160		
5П40.10G1-10-12	0-1200	10	3	Рис. 59.13, а
5П40.10G1-20-12		20		
5П40.10G1-40-12		40		
5П40.10G1-60-12		60		
5П40.10G1-80-12		80		
5П40.10G1-120-12		120		
5П40.10G1-160-12		160		
5П40.10GDA1-10-6	0-600	10	2,5	Рис. 59.13, б
5П40.10GDA1-20-6		20		
5П40.10GDA1-40-6		40		
5П40.10GDA1-60-6		60		
5П40.10GDA1-80-6		80		
5П40.10GDA1-120-6		120		
5П40.10GDA1-160-6		160		
5П40.10GDA1-10-12	0-1200	10	3	Рис. 59.13, б
5П40.10GDA1-20-12		20		
5П40.10GDA1-40-12	0-1200	40	3	Рис. 59.13, б
5П40.10GDA1-60-12		60		
5П40.10GDA1-80-12		80		
5П40.10GDA1-120-12		120		
5П40.10GDA1-160-12		160		

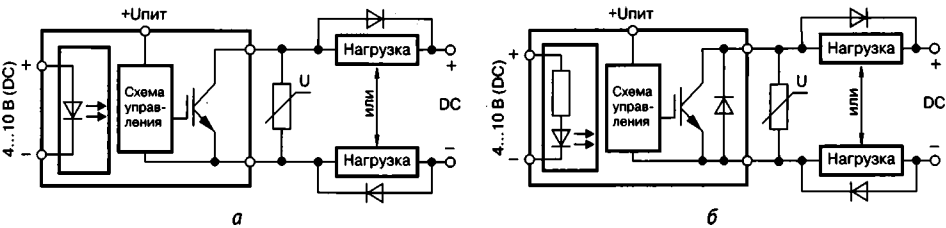


Рис. 59.13. Схемы включения реле 5П40.10G1, GD1, GA1, GDA1

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П62.10G1, GD1

**ONLINE
ИНФОРМАЦИЯ**

Быстро-
действующие реле
постоянного тока
5П62.10G1

Быстродействующие однополярные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П62.10G1, GD1 — нормально разомкнутые, время включения-выключения не более 5 мкс, рабочая частота до 100 кГц. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный с входом. Напряжение изоляции — 4000 В.

Схемы включения приведены на рис. 59.14.

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П62.10G1, GD1 приведены в табл. 59.15.

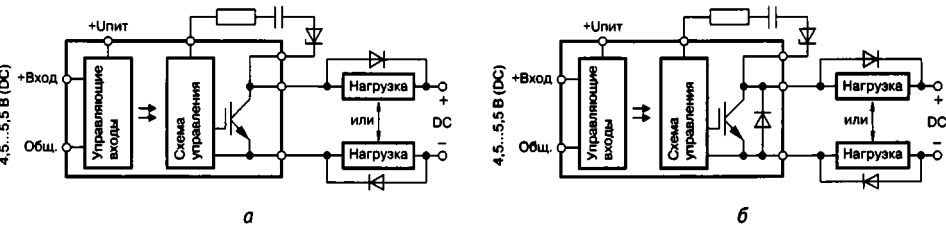


Рис. 59.14. Схемы включения реле 5П62.10G1

Технические характеристики быстродействующих однополярных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П62.10G1, GD1 Таблица 59.15

Наименование	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$U_{\text{вмх. ост}}, \text{В}$	Корпус	Схемы включения
5П62.10G1-10-6	0-600	10	2,5	B17, B18	Рис. 59.14, а
5П62.10G1-20-6		20			
5П62.10G1-40-6		40			
5П62.10G1-60-6		60		B56	Рис. 59.14, а

Таблица 59.15 (продолжение)

Наименование	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$U_{вых. отк.}$, В	Корпус	Схемы включения
5П62.10G1-80-6	0-600	80	2,5	Д44	Рис. 59.14, а
5П62.10G1-120-6		120			
5П62.10G1-160-6		160			
5П62.10G1-10-12	0-1200	10	3	В17, В18	Рис. 59.14, а
5П62.10G1-20-12		20		В56	Рис. 59.14, а
5П62.10G1-40-12		40			
5П62.10G1-60-12		60			
5П62.10G1-80-12		80		Д44	Рис. 59.14, а
5П62.10G1-120-12		120			
5П62.10G1-160-12		160			
5П62.10GD1-10-6	0-600	10	2,5	В17, В18	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-20-6		20		В56	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-40-6		40			
5П62.10GD1-60-6		60			
5П62.10GD1-80-6		80		Д44	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-120-6		120			
5П62.10GD1-160-6		160			
5П62.10GD1-10-12	0-1200	10	3	В17, В18	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-20-12		20		В56	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-40-12		40			
5П62.10GD1-60-12		60			
5П62.10GD1-80-12		80		Д44	Рис. 59.14, б
5П62.10GD1-120-12		120			
5П62.10GD1-160-12		160			

Оптоэлектронные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40GT

Оптоэлектронные реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40GT предназначены для коммутации нагрузок постоянного тока с высокой скоростью коммутации. Ток защиты может быть отрегулирован в пределах от $0,1 \cdot I_{ном}$ до $I_{ном}$ встроенным регулятором.

При превышении тока нагрузки заданного уровня происходит отключение реле за время не более 10 мкс. При этом реле выдает статусный сигнал срабатывания защиты. Вторичное подключение реле обеспечивается кратковременным снятием входного сигнала управления.

Схема защиты включает в себя шунт $R_{ш}$ с номиналом не более 10 % от сопротивления выходного транзистора в открытом состоянии. При срабатывании схемы защиты транзистор статусного сигнала открывается. Возможен вариант исполнения реле со встроенным преобразователем DC/DC для обеспечения $U_{пит}$.

Схема включения приведена на рис. 59.15.

Технические характеристики оптоэлектронных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40GT приведены в табл. 59.16 и табл. 59.17.

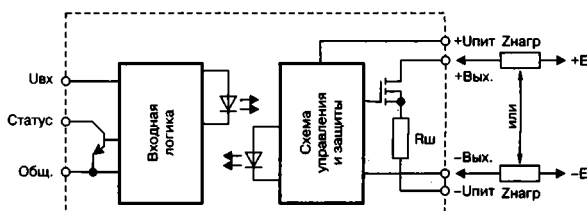


Рис. 59.15. Схема включения реле 5П40GT

Технические характеристики оптоэлектронных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40GT

Таблица 59.16

Выходной ключ	$U_{ком}, В$	$I_{ком}, А$	Вход управления	
			мА (DC)	В (DC)
МОП	600	10; 20; 40; 60; 80; 120; 160	10–25	4,5–5,5
	1200			

Предельно допустимые параметры быстродействующих оптоэлектронных реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с защитой по току 5П40GT

Таблица 59.17

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Предельно допустимое напряжение на выходе, В, не более	1200	Ток потребления в выкл. сост., мА	35
Коммутируемый ток, А, не более	160	Тепловое сопротивление «переход-радиатор», °С/Вт, не более	1,5
Напряжение изоляции, В, пиковое	4000	Входное напряжение управления, В	5
Напряжение на вых. статусного сигнала, В, не более	15	Задержка вкл./выкл., мкс, не более	5
Остаточное напряжение на выходе, В	3,3	Ток утечки на выходе, мкА, не более	100
Входное напряжение включения, В	4,5–5,5	Напряжение питания, В	15
Входное напряжение отключения, В	0–0,8	Максимальная температура перехода, °С	+150
Ток потребления во вкл. сост., мА	35	Рабочий диапазон температур, °С	–40...+85

Реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П59.10G1, GD1

ONLINE ИНФОРМАЦИЯ



Реле постоянно-
го тока на IGBT-
транзисторах
с питанием
по входу 5П59.10G1

Реле постоянного тока с малым временем срабатывания на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П59.10G1, GD1 рассчитаны на работу в схемах с частотой коммутации до 10 Гц. Время включения-выключения реле не более 5 мкс. Реле имеют дополнительный вывод питания, гальванически связанный с входом. Напряжение изоляции — 4000 В. Схемы включения приведены на рис. 59.16, а данные — в табл. 59.18.

Технические характеристики реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5П59.10G1, GD1 приведены в табл. 59.18.

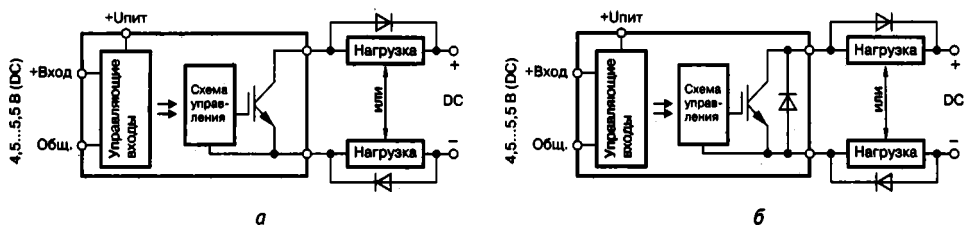


Рис. 59.16. Схемы включения реле 5P59.10G1, GD1

Технические характеристики реле постоянного тока на IGBT-транзисторах с питанием по входу 5P59.10G1, GD1

Таблица 59.18

Наименование	$U_{ном}, В$	$I_{ном}, А$	$U_{выкл. отр}, В$	Корпус	Схемы включения
5P59.10G1-10-6	0-600	10	2,5	B1, B2	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-20-6		20			
5P59.10G1-40-6		40		B28	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-60-6		60			
5P59.10G1-80-6	0-600	80	2,5	Д48	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-120-6		120			
5P59.10G1-160-6		160			
5P59.10G1-10-12		10	3	B1, B2	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-20-12	0-1200	20			
5P59.10G1-40-12		40		B28	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-60-12		60			
5P59.10G1-80-12		80		Д48	Рис. 59.16, а
5P59.10G1-120-12		120			
5P59.10G1-160-12		160			
5P59.10GD1-10-6	0-600	10	2,5	B1, B2	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-20-6		20			
5P59.10GD1-40-6		40		B28	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-60-6		60			
5P59.10GD1-80-6		80		Д48	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-120-6		120			
5P59.10GD1-160-6		160			
5P59.10GD1-10-12	0-1200	10	3	B1, B2	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-20-12		20			
5P59.10GD1-40-12		40		B28	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-60-12		60			
5P59.10GD1-80-12		80		Д48	Рис. 59.16, б
5P59.10GD1-120-12		120			
5P59.10GD1-160-12		160			

Однофазные реверсивные реле 5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ

Однофазные реверсивные реле 5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ обеспечивают включение, выключение и реверс однофазных двигателей. Имеют оптронную развязку управляющих сигналов от силовых цепей. Реле данного типа может использоваться для коммутации резервного источника питания. Напряжение изоляции для реле 5П19.20 — 4000 В, для реле 5П55.10 — 1500 В. Схемы включения реле показаны на рис. 59.17, технические характеристики однофазных реверсивных реле 5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ — в табл. 59.20.

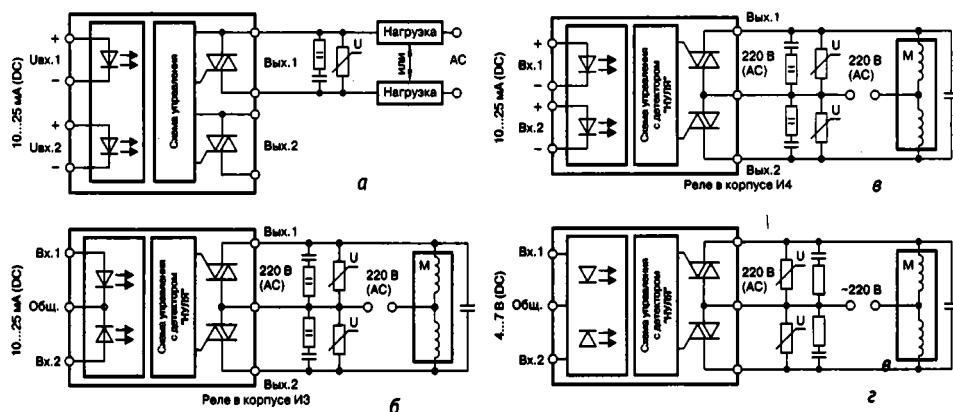


Рис. 59.17. Схемы включения реле 5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ

**Технические характеристики однофазных реверсивных реле
5Ш9.20ТМ, 5Ш9.20ТС, 5П55.10ТМ, ТМБ**

Таблица 59.20

Наименование	$U_{ном1}$, В	$U_{ном2}$, В	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2, макс}$, А	Корпус	Схемы включения
5П19.20ТС1-10-8	420	800	10	100	В21	Рис. 59.17, а
5П19.20ТМ1-1-6	240	600	1	10	И3	Рис. 59.17, б
5П19.20ТМ1-1-8			1	10		
5П55.10ТМ-10-8	420	800	10	70	В7	Рис. 59.17, в
5П55.10ТМ-15-8			15	150		
5П55.10ТМ-25-8			25	350		
5П19.20ТМ1-1-6	240	600	1	10	И4	Рис. 59.17, г
5П19.20ТМ1-1-8	420	800	1	10		
5П55.10ТМБ-10-8	420	800	10	70	В7	Рис. 59.17, з

Двухфазные реверсивные реле 5П55.20ТМ

Двухфазные реверсивные реле 5П55.20ТМ обеспечивают включение, выключение и реверс трехфазных двигателей. Имеют оптронную развязку управляющих сигналов от силовых цепей. В реле обеспечивается коммутация двух фаз питающего напряжения. Напряжение изоляции — 1500 В. Схема включения реле показана на рис. 59.18, технические характеристики двухфазных реверсивных реле — в табл. 59.21.

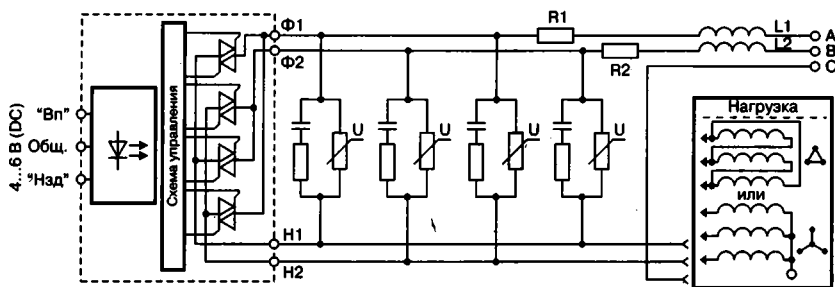


Рис. 59.18. Схема включения реле 5П55.20ТМ

Технические характеристики двухфазных реверсивных реле

Таблица 59.21

Наименование	$U_{ном}$, В	$U_{ном}$, В	$I_{ном}$, А	$I_{ном, макс}$, А	Корпус
5П55.20ТМ-20-8	420	800	20	160	Д160
5П55.20ТМ-20-12	560	1200	20	200	
5П55.20ТМ-30-8	420	800	30	160	
5П55.20ТМ-30-12	560	1200	30	300	
5П55.20ТМ-40-8	420	800	40	400	
5П55.20ТМ-50-8	420	800	50	550	

Трехфазные реверсивные реле

Трехфазные реверсивные реле 5П55.30ТМА, ТМБ обеспечивают включение, выключение и реверс трехфазных двигателей. Реле имеют оптронную развязку управляющих сигналов от силовых цепей, а также вход сигнала блокировки включения реле. В реле обеспечивается коммутация всех трех фаз питающего напряжения. Реле группы ТМА управляются положительным напряжением, ТМБ — отрицательным. Напряжение изоляции — 1500 В. На рис. 59.19 приведены схемы включения двух вариантов. Технические характеристики трехфазных реверсивных реле 5П55.30ТМА, ТМБ приведены в табл. 59.22.

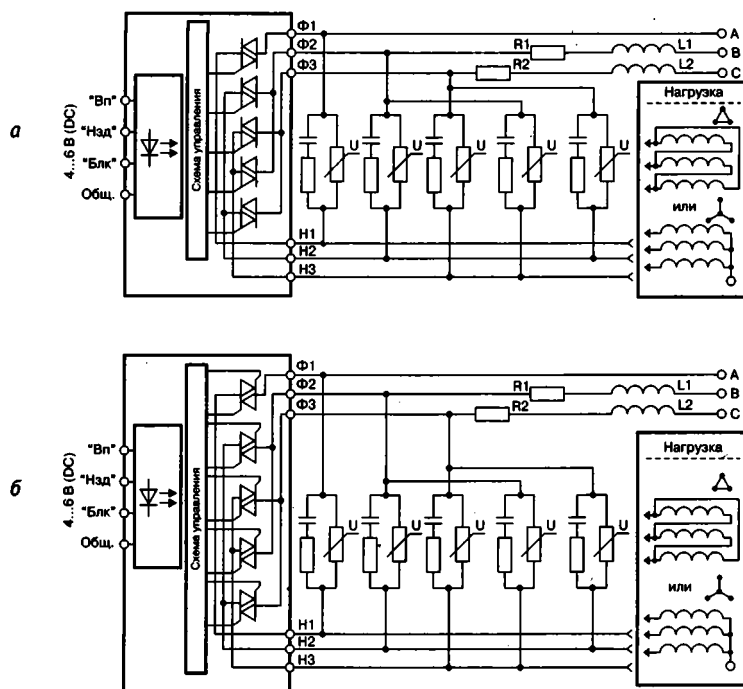


Рис. 59.19. Схемы включения реле 5П55.30ТМА, ТМБ

Технические характеристики трехфазных реверсивные реле 5П55.30ТМА, ТМБ

Таблица 59.22

Наименование	$U_{ном1}$, В	$U_{ном2}$, В	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$, А	Корпус	Схемы включения
5П55.30ТМА-10-8	420	800	10	70	Д8	Рис. 59.19, а
5П55.30ТМА-15-8			15	150		
5П55.30ТМА-25-8			25	350		
5П55.30ТМБ-10-8			10	70		
5П55.30ТМБ-25-8	420	800	25	350	Д34	Рис. 59.19, б
5П55.30ТМА-40-12			40	400		
5П55.30ТМБ-40-12						

Корпуса твердотельных реле

Корпуса твердотельных реле представлены на рис. 59.20 — рис. 59.23.

Тип А, Б, Г — рис. 59.20.

Тип В — рис. 59.21.

Тип Ж, И — рис. 59.22.

Тип Д — рис. 59.23.

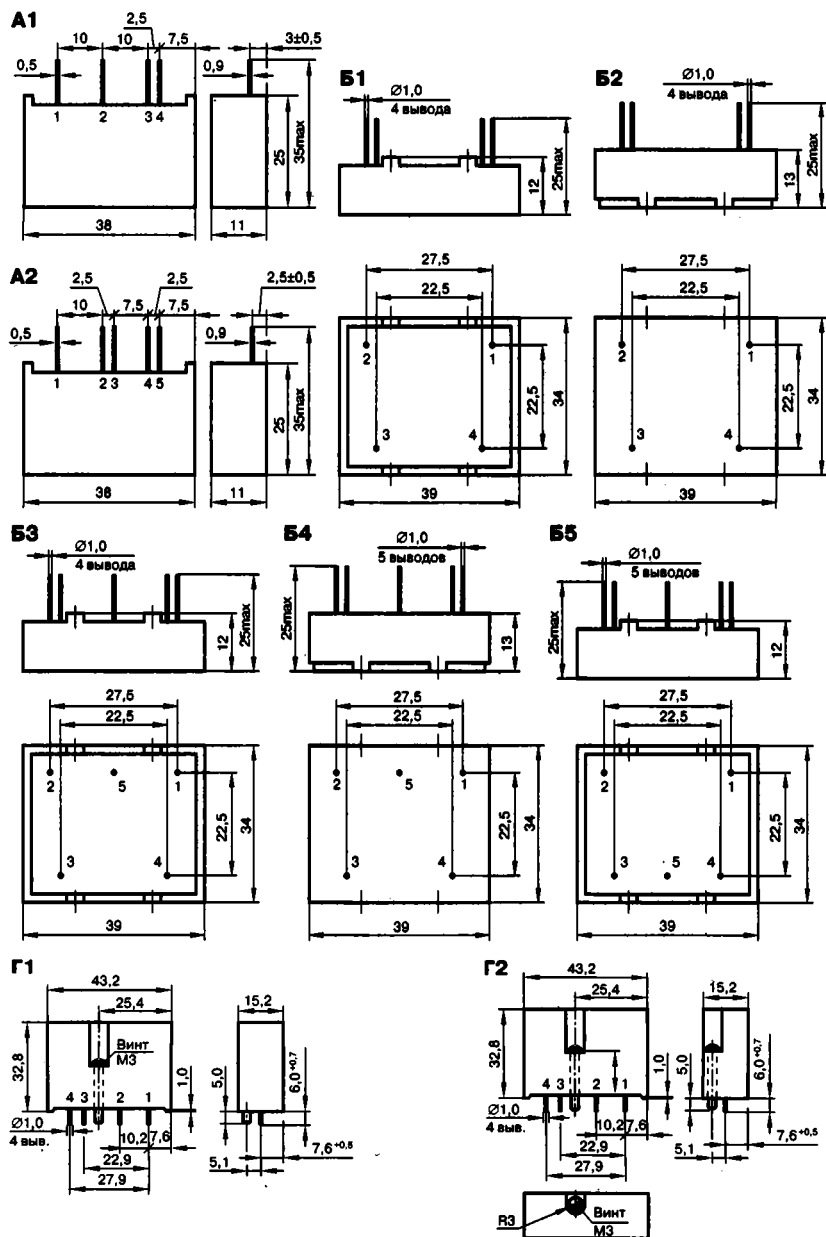


Рис. 59.20. Корпуса твердотельных реле А, Б, Г

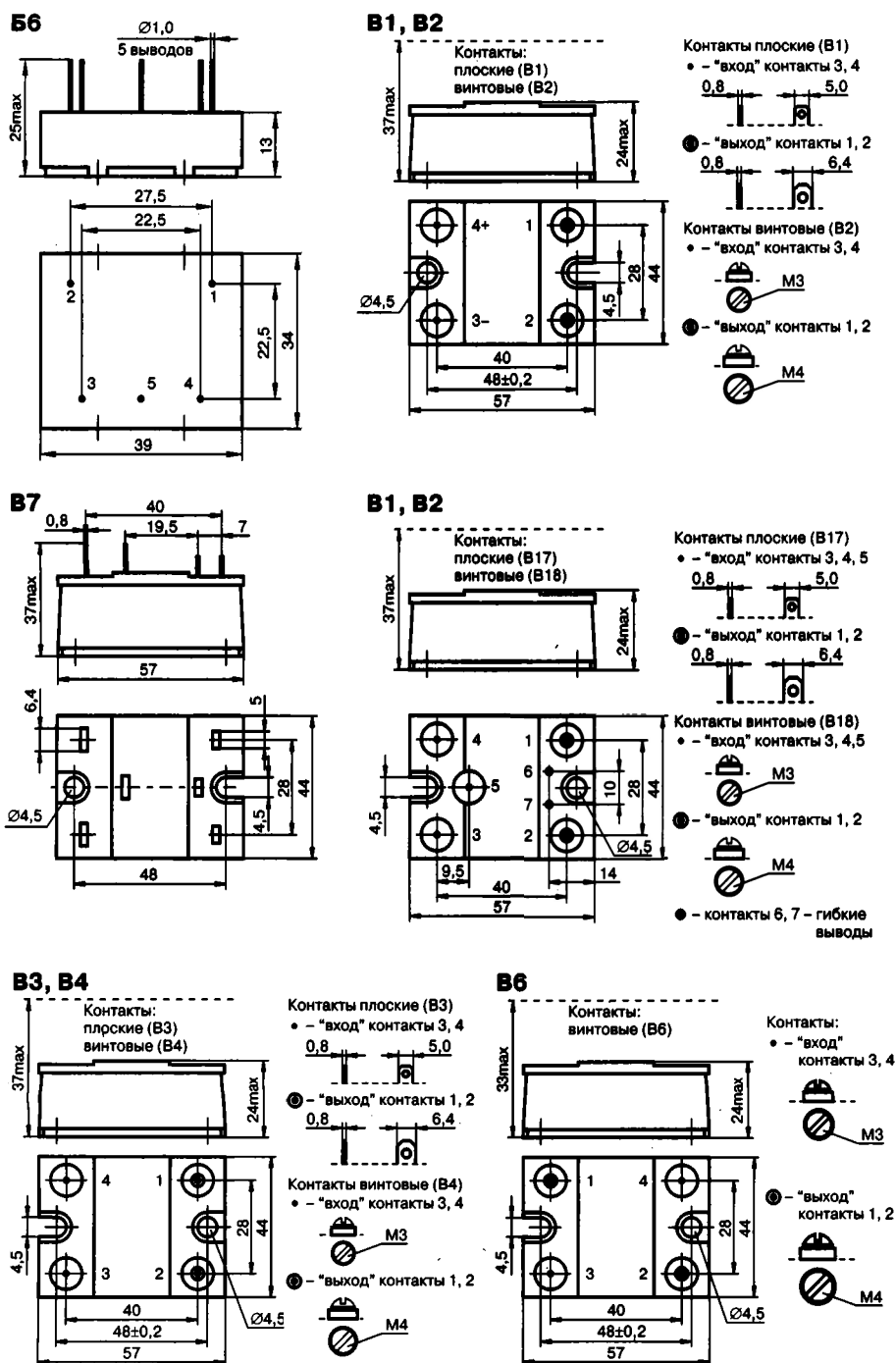
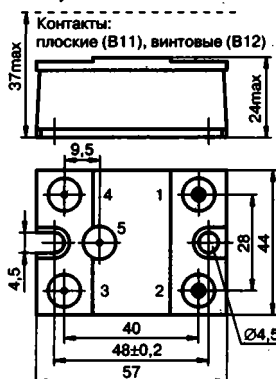


Рис. 59.21. Корпуса твердотельных реле В

В11, В12

Контакты плоские (В11)

- - "вход и питание СУ" контакты 3, 4, 5

- - "выход" контакты 1, 2

- - "вход и питание СУ" контакты 3, 4, 5

- - "выход" контакты 1, 2

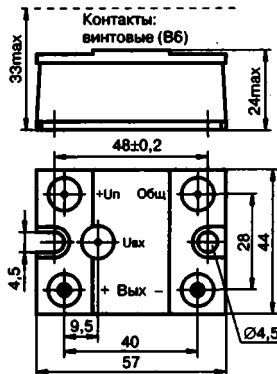
Контакты винтовые (В12)

- - "вход и питание СУ" контакты 3, 4, 5

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

В16

Контакты:

- - "вход" контакты "Uвх", "Uп", "Общ"

- - "выход" контакты "Вых"

- - "выход" контакты "Вых"

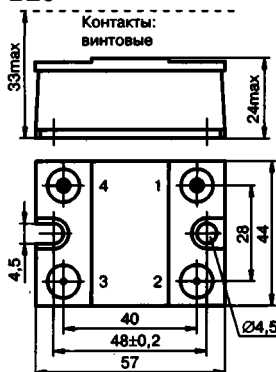
- - "выход" контакты "Вых"

- - "выход" контакты "Вых"

- - "выход" контакты "Вых"

- - "выход" контакты "Вых"

- - "выход" контакты "Вых"

В20

Контакты:

- - "вход" контакты 3, 4

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

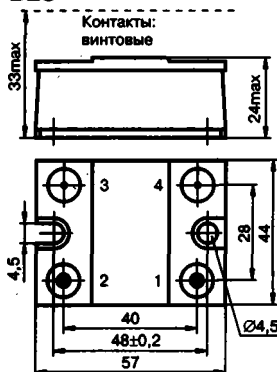
- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

В28

Контакты:

- - "вход" контакты 3, 4

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

- - "выход" контакты 1, 2

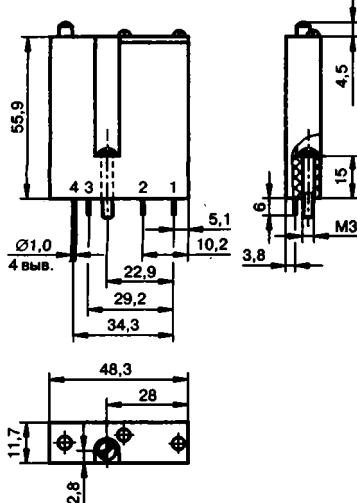
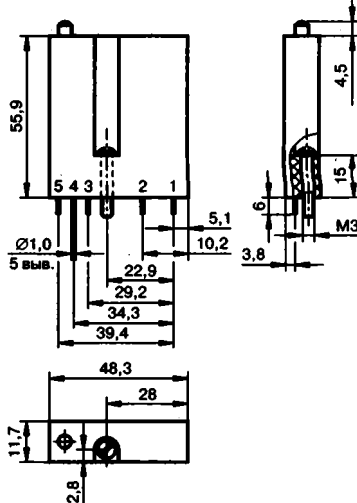
Ж1**Ж2**

Рис. 59.22. Корпуса твердотельных реле В, Ж

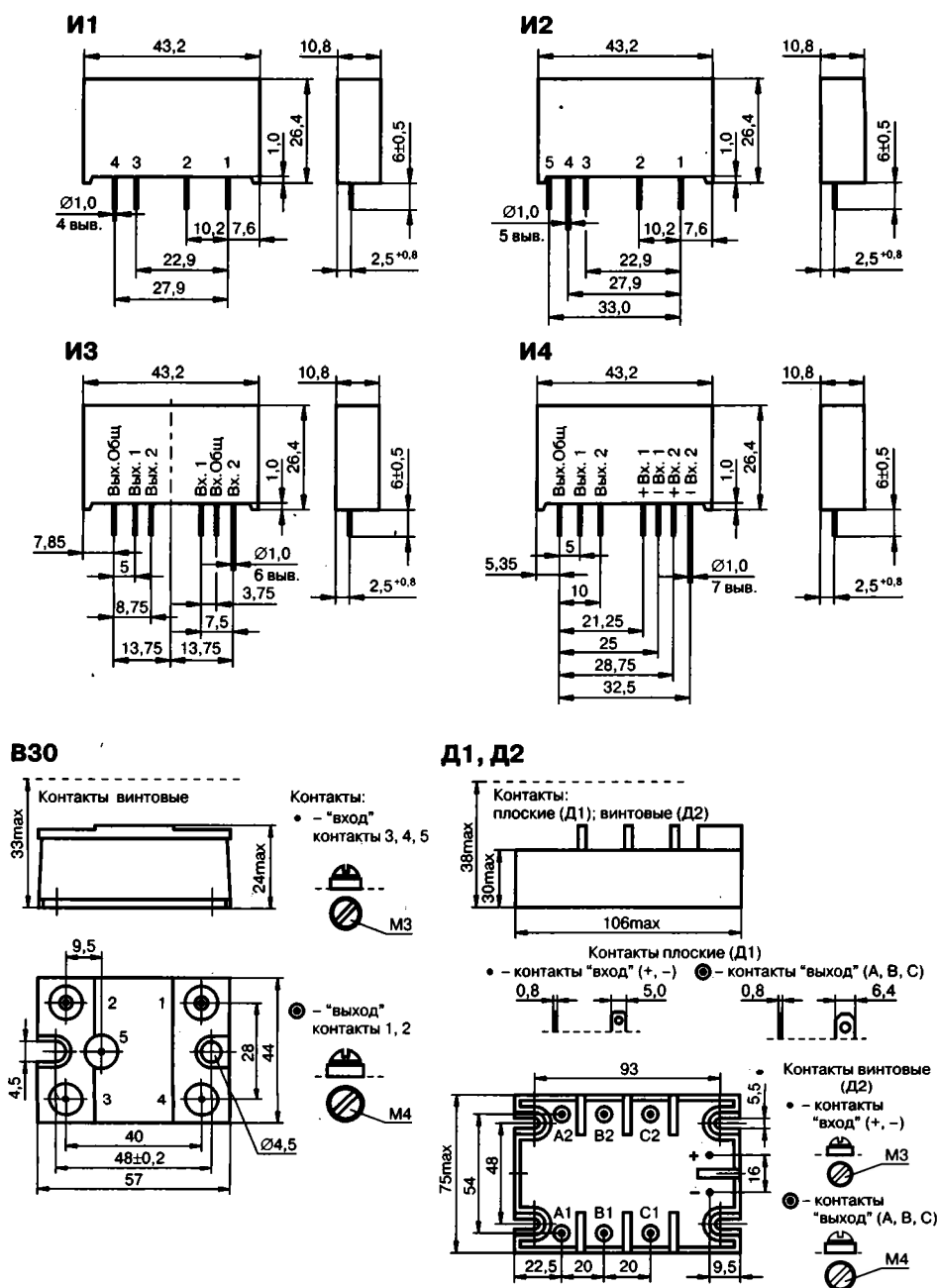


Рис. 59.23. Корпуса твердотельных реле И, Д

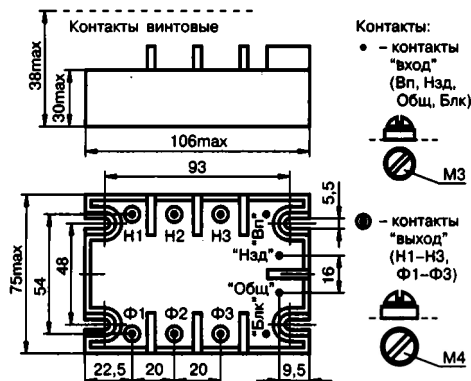
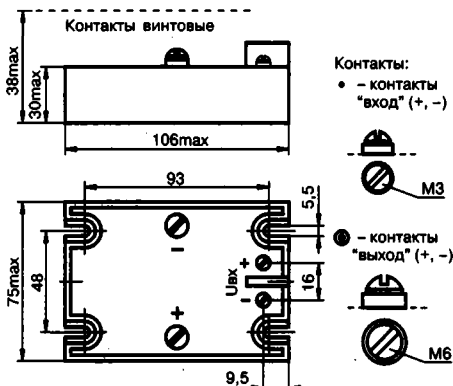
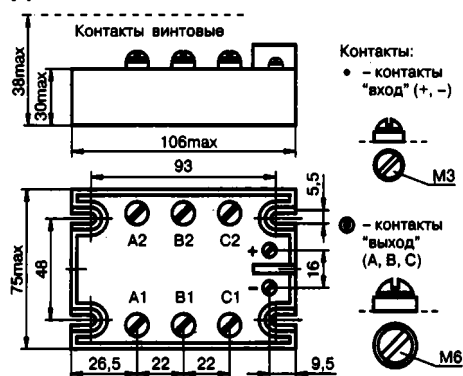
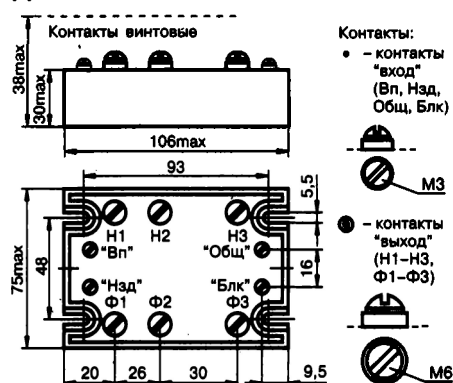
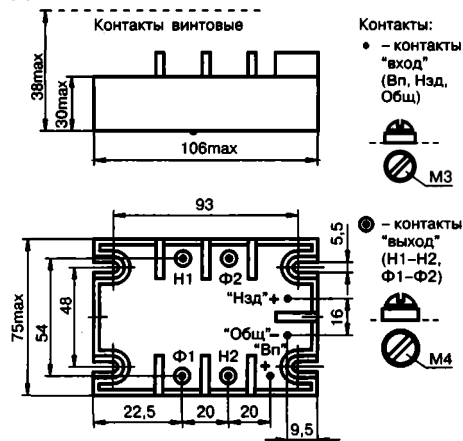
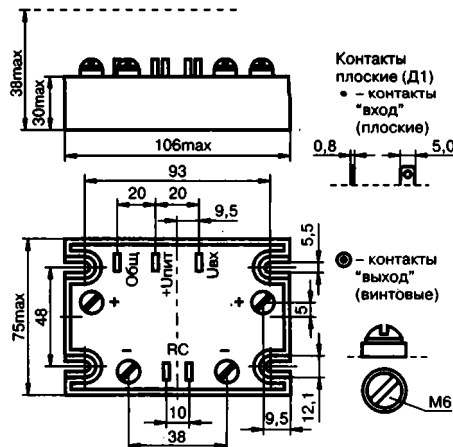
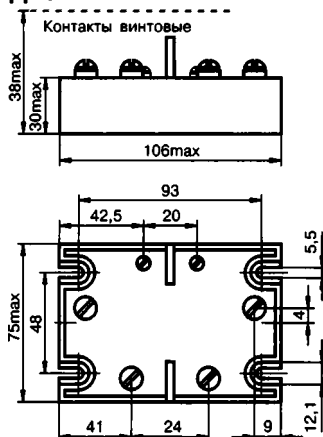
Д8**Д16****Д20****Д34****Д38****Д44**

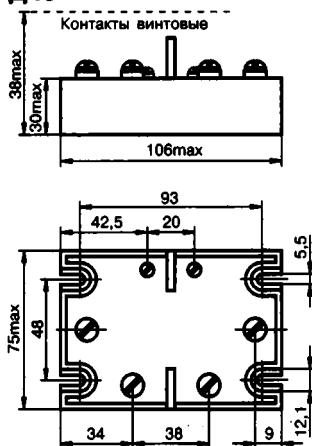
Рис. 59.23. (продолжение)

Д46

Контакты:
• – контакты
"вход"



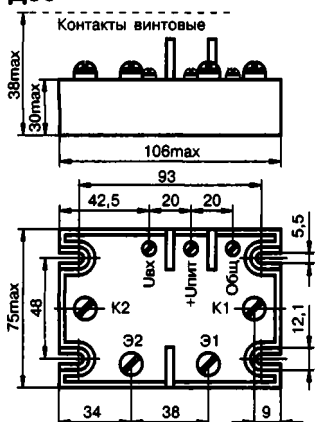
• – контакты
"выход"

**Д48**

Контакты:
• – контакты
"вход"



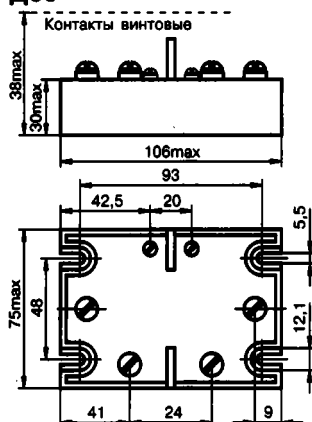
• – контакты
"выход"

**Д56**

Контакты:
• – контакты
"вход"
(Uвх, +Uпит,
Общ.)



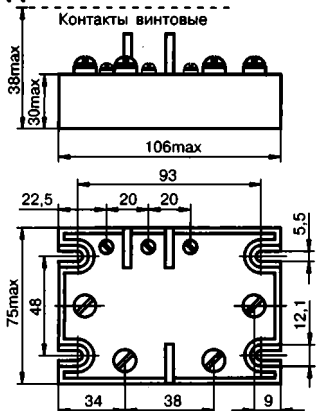
• – контакты
"выход"
(31–32,
K1–K2)

**Д60**

Контакты:
• – контакты
"вход"



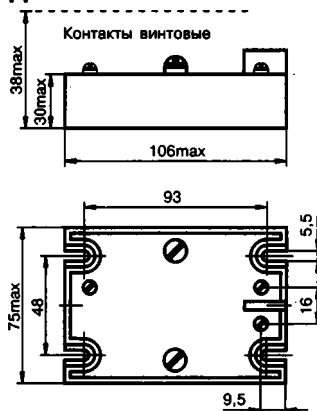
• – контакты
"выход"

**Д64**

Контакты:
• – контакты
"вход"



• – контакты
"выход"

**Д66**

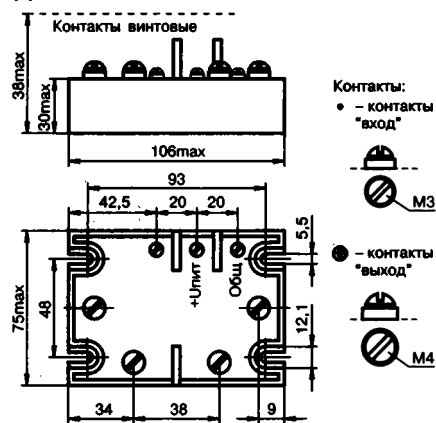
Контакты:
• – контакт
"вход"



• – контакты
"выход"



Рис. 59.23. (продолжение)

Д68**Рис. 59.23. (окончание)**

ОНЛАЙН-КАЛЬКУЛЯТОРЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИКА

Базовые калькуляторы по электротехнике



*Калькулятор Закона Ома
для участка цепи*



*Калькулятор параллель-
ных сопротивлений*



*Калькулятор делителя
напряжения*



*Калькулятор электри-
ческого сопротивления
емкости*



*Калькулятор величин
емкостей*



*Калькулятор
индуктивного сопротив-
ления катушки*



*Калькулятор параллель-
ных индуктивностей*



*Калькулятор величин
индуктивностей*



*Калькулятор колебатель-
ного контура LC*



*Калькулятор параллель-
ного колебательного
LC-контура*



*Калькулятор RC цепи
на постоянном токе:
Заряд и Разряд*



*Калькулятор параметри-
ческого стабилизатора
напряжения*



Калькулятор токоограничительного резистора для одноцветного светодиода



Калькулятор токоограничительного резистора для двухцветного светодиода



Калькулятор последовательно-параллельного включения набора светодиодов



Калькулятор токоограничительного резистора для RGB-светодиода



Калькулятор емкости фазосдвигающего конденсатора



Калькулятор параметрического стабилизатора напряжения



Расчет мощности постоянного тока



Калькулятор сопротивлений проводов



Калькулятор сопротивления провода



Калькулятор температуры радиатора



Калькулятор децибел



Калькулятор соединения конденсаторов



Калькулятор емкости при известной эквивалентной емкости



Калькулятор действующего значения тока или напряжения



Калькулятор теплового сопротивления радиатора из профиля

Расчеты токовой нагрузки квартирной электросети



*Какой цвет проводов:
фаза, ноль, земля?*



*Выбор сечения кабеля или
провода. Ошибки*



*Выбор
сечения кабеля*



*Всем электрикам!
Допустимый длительный
ток для проводов. Полный
разбор Таблицы 1.3.4 ПУЭ!*



*Какого цвета
провода фаза, ноль
и заземление. Цветовая
маркировка проводов*



*Определение нагрузочной
способности электропро-
водки 220 В, выполненной
из алюминиевого провода*



*Выбор автоматического
выключателя —
расчет тока*



*Подбор автоматов
и сечения кабеля
по мощности*



*Как быстро и правильно
рассчитать
электрические нагрузки
жилого дома*

Расчеты греющего провода для прогрева бетона



*Прогрев бетона зимой
ПНСВ кабелем.
Заливка армопояса*



*Прогрев бетона,
кабель ПНСВ,
трансформатор ТСДЗ-80*



*Расчет греющего
провода ПНСВ
для прогрева бетона*

Расчеты проводов и кабелей для домашней электросети



Простейший расчет сечения проводов



Расчет кабеля по току и мощности с учетом длины и способа прокладки линии



Расчет сечения кабеля по мощности для переменного и для постоянного тока



Расчет падения напряжения в кабеле или проводе



Выбор сечения кабеля



Расчет и подбор сечения кабельной продукции

Расчеты провода обогрева водопровода, водостоков и кровли дома



Расчет греющего провода для водопровода



Обогрев водостоков: монтаж системы



Расчет обогрева водостоков и кровли

Расчеты греющего кабеля теплого пола



Монтаж теплого пола на основе нагревательного кабеля своими руками



Расчет греющего кабеля



Расчет мощности греющего (нагревательного) кабеля для «Теплого пола»

Расчеты и выбор комплектации квартирного щитка



*Выбор автомата –
расчет тока*



*Как выбрать УЗО.
Часть 1*



*Как выбрать УЗО.
Часть 2*

Расчеты для использования светодиодных лент



*Как рассчитать
мощность
светодиодной ленты*



*Подключение и расчет
мощности светодиодной
ленты*



*Расчет и подключение
блока питания
для светодиодной ленты*



*Мастер подбора
светодиодной ленты
и блока питания*



*Расчет освещения
при использовании
светодиодной ленты*



*Расчет мощности
блока питания
для светодиодной ленты*

Расчеты на использование электроприборов



*Расчеты
производительности
кухонной вытяжки*



*Как подобрать
тепловую пушку
для обогрева помещения*



*Расчет
производительности
вытяжки*



Проверка мощность ТЭНа



Расчет мощности ТЭНа



Расчет тепловой пушки

Расчеты элементов заземления дома



*Как сделать
контур заземления*



*Расчет
заземлителя*



*Расчет
контура заземления*

Расчеты молниезащиты дома



*Громоотвод
своими руками,
бюджетный вариант*



*Расчеты
молниезащиты*



*Расчет зоны молниезащиты
одиночного стержневого
молниеотвода*

Расчеты для электродвигателей



*Правильный подбор
конденсаторов
для электродвигателя*



*Расчет емкости
пускового и рабочего
конденсаторов*



*Расчет мощности и мо-
мента асинхронного
электродвигателя*



*Мощность
электродвигателя.
Расчет мощности двига-
теля по установочным и
габаритным размерам*



*Коэффициент
мощности косинус фи
($\cos \varphi$). Объяснение сути
важного электротехни-
ческого параметра*



*Расчет
мощности
электродвигателя*

Расчеты освещения помещения



*Расчет освещенности
помещения по площади*



*Расчет освещенности
помещения*



*Расчет
количества ламп*

Расчеты номинального тока автоматов



*Упрощенный расчет автоматического
выключателя по мощности*



*Расчет тока нагрузки для выбора
автоматического выключателя*

Конвертеры физических величин, используемых в электротехнике



*Конвертер
единиц измерения
электрического тока*



*Конвертер
единиц измерения
мощности*



*Конвертер
единиц измерения
энергии и работы*



*Конвертер единиц изме-
рения емкости*



*Калькулятор перевода
единиц индуктивности*



*Конвертер удельного
электрического сопро-
тивления*

ПОСТАВЩИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Поставщики кабельной продукции



*ЗАО «Кабельэлектро»
(г. Киев)*



*Журнал
«Кабели и провода»*



*НПП «Термокабель»
(г. Харьков)*



*ОАО завод
«Саранск-кабель»*



*Компания «Нивит»
(г. Винница)*



*ООО «Акцент СБ»
(г. Москва)*



*ООО «Вэлс»
(г. С-Петербург)*



*Компания «Галла-кабель»
(г. Москва)*



*Фирма «Кабель-Инвест»
(г. Киев)*



*Компания «Вентмаркет»
(г. Москва)*



*ООО «Электро-
автоматика» (г. Москва)*



*Завод «Липаркабель»
(г. Новомосковск)*



*ЗАО «Севкабель»
(г. Уфа)*



*ЗАО «СПКБ Техно»
(г. Подольск)*



*ООО «Подолье-Кабель»
(г. Хмельницкий)*

Поставщики силовых полупроводниковых приборов



*ООО «Амитрон
Электроникс» (г. Москва)*



*ЗАО «Альтекс»
(г. Москва)*



*ЗАО «Промэлектроника»
(г. Екатеринбург)*



*ЗАО «Элитан»
(г. Ижевск)*



*ЗАО «ЮЕ-Интернейшнл»
(г. С-Петербург)*



*Компания «Витал
Электроникс»
(г. С-Петербург)*



*Компания «Мегапром»
(г. Киев)*



*Компания «МЭЙ»
(г. Москва)*



*Компания «Симметрон-
Украина» (г. Киев)*



Компания
«Электроком-Воронеж»



ООО «Астероид»
(г. Хабаровск)



ООО «Астра Электро»
(г. Москва)



ООО «Галант
Электроникс» (г. Москва)



Фирма
«СЭА Электроникс»
(г. Киев)



Фирма «Радиобокс»
(г. С-Петербург)



Фирма
«РИВ электроникс»
(г. Москва)



Фирма
«База электроники»
(г. Москва)



ООО «Электронная ком-
пания ЗИП» (г. Москва)

Поставщики электроустановочных изделий



ООО ДВТ Электро
(Череповец)



Компания ООО «Эльпром»
(г. Чебоксары)



НПО «Этал»
(г. Киев)



Торговый дом
«Энергоплан»
(г. Екатеринбург)



ООО ТД «Реон-Техно»
(г. Чебоксары)



Компания «Элконт»
(г. Чебоксары)

Поставщики реле



«Релпол» (Польша)



ООО «Миком» (г. Нижний Новгород)



Группа компаний
«Симметрон» (г. Москва)



ЗАО «Инженерное
оборудование» (г. Москва)



ЗАО «Промэлектроника»
(г. Екатеринбург)



Компания НЕВИК
(г. Москва)



Фирма DART Electronics
(г. Москва)



Компания «Симметрон-
Украина» (г. Киев)



Компания «Электро-
импорт комплект»
(г. С-Петербург)



ЗАО «Протон-Импульс»
(г. Орел)



ООО «ЭФО»
(г. С-Петербург)



ООО НПФ «Промэнерго-
автоматика» (г. Москва)



ООО НПФ «Промэнерго-
автоматика» (г. Москва),
дистрибьютор «Омрон»



ООО ПО
«Электропроект»
(г. Екатеринбург)



Северо-Западное элек-
тромеханическое объеди-
нение (г. С-Петербург)



*Компания «Мировой
промышленный им-
порт» (г. Дзержинск,
Нижегородской обл.)*



*Волжская электротехни-
ческая компания Элпром
(г. Чебоксары)*



*Интернет-магазин
«Платан» (г. Москва)*



*Компания ФЕРРОЛ
(г. Воронеж)*



*ООО «МЛГ Выражтранс»
(г. Тольятти)*



*СП ЭльКом
(г. Москва)*

Поставщики электронных датчиков



*Компания «Промситех»
(г. Москва)*



*ООО «Микроприбор»
(г. Киев)*



*ООО «Халус-Монолит»
(г. Киев)*



*Промышленная группа
«Мида» (г. Ульяновск)*



*ЗАО НПК «ТЕКО»
(г. Челябинск)*



*Компания «Промимпорт»
(г. Москва)*



*Компания «Промимпорт»
(г. Москва)*



*ООО «Тимол»
(г. Москва)*



*Справочные данные по
светодиодам фирмы
«Протон»*

Поставщики терморегуляторов



Компания «Электрик
Лайн» (г. Москва)



Научно-
производственная
фирма «Контравт»
(г. Нижний Новгород)



ОДО
«Электротепломонтаж»
(г. Минск)



ООО «Тепломеханика»
(г. Челябинск)



Фирма «Теплолюкс»
(г. Москва)



СПД «Скибин Д.А.»
(г. Харьков)



Торговый дом «Эколайн»
(г. Москва)



Фирма «Ракурс»
(г. С-Петербург)



Группа компаний «Рэлсиб»
(г. Новосибирск)



ЗАО «Научная
электроника» (г. Москва)



Компания «DS-Electronics»
(г. Донецк)



Компания «Вактех-Холод»
(г. Москва)



Компания «Терм»
(г. С-Петербург)



Компания «Энергосила»
(г. Липецк)



Фирма «Имид»
(г. Москва)

Поставщики трансформаторов



ООО «Митек»
(г. С-Петербург)



ЗАО
Пермснабсбыт



Группа компаний КПД
(г. Москва)



ООО «Вэлс»
(г. С-Петербург)



Торговый дом
«Энергоплан»
(г. Екатеринбург)



ООО «ТД
Автотрансформатор»
(г. Тольятти)



Компания
«Энергоразвитие»
(г. Курган)



Ровенский завод высоко-
вольтной аппаратуры,
ОАО (РЗВА)



Завод силовой
электроаппаратуры
(г. Чебоксары)

Поставщики средств электробезопасности



ЗАО «Тезис»
(г. С-Петербург)



ЗАО «Хакель-Рос»
(г. С-Петербург)



Промышленная группа
«Мида» (г. Ульяновск)



Производители диэлект-
рических инструментов



ЗАО «Астра-УЗО»
(г. Москва)



ООО «Акцент СБ»
(г. Москва)

Поставщики электроизмерительных приборов



*Компания Центр-Ампер
(г. Москва)*



Справочный сайт электрика и энергетика



*ЗАО «Ампер-Ком»
(г. Москва)*



*ЗАО «Электросарг»
(г. Москва)*



*ЗАО «Энергобаза»
(г. Екатеринбург)*



*ЗАО НПФ «Турс»
(г. С-Петербург)*



*Компания «Прибор-М»
(г. Москва)*



*Витебский завод
электроизмерительных
приборов*



*Интернет-магазин по
продаже электроизмери-
тельной техники*



*Компания «Диагност»
(г. Москва)*



*Компания
«Прибор-М»*



*Компания «Прибор-
Сервис» (г. Королев)*



*Компания Radiomir.org
(г. Луганск)*



*Компания СОНЭЛ
(г. Москва)*



*ООО «Мир Энерго»
(г. Москва)*



*НПК «Энергокип»
(г. Москва)*



НПФ «Дока» (г. Львов)



*Компания БРИС
(г. Москва)*



ООО «Энергосила»



*ООО «Ракурс»
(г. С-Петербург)*



*«Белэнергоприбор»
(г. Вологда)*

Поставщики электродвигателей



*Компания «Сити-груп»
(г. Киев)*



*ООО «Микроприбор»
(г. Киев)*



*ЗАО «НФ АК Практик»
(г. Нижний Новгород)*



*ООО «Электропривод»
(г. Екатеринбург)*



*Торговый дом
«Энергоплан»
(г. Екатеринбург)*



*ОАО Завод «Потенциал»,
(г. Харьков)*

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИКИ В СТРАНАХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СТАНДАРТ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 120 В 60 ГЦ

Инструменты и электротехнические материалы



*Набор инструментов
американского
электрика*



*Сумка и инструменты
американского
электрика*



*Ручной инструмент
в американском
магазине*



*Разные типы изоленты
в США и работа с ними*



*О разных видах
изоленты*



*Лучший мультиметр
для электрика?*



*Испытание изоляции
«меггером»*



Сюрприз из России!



Обзор отверток



*Болторез Кнпекс
против американских
пассатижей*



*Кнпекс «Кобра» –
125 и 150 мм ключи.
Обзор и сравнение*



*Обзор «мультитулов»
от Кляйн, Милуоки и
Саутваер.*



*Ходовые размеры
ШГИ в США и в Европе.
Knipex vs. Klein.*



*Пассатижи-вампиры,
«секретки», «зализанные»
саморезы и т. д.*



*Обзор комбо-инструмен-
та Милуоки и отверток.
Wiha*



*Аккумуляторные налоб-
ные фонарики: Милуоки,
Кляйн, «бюджетник» —
что лучше?*



*Битва пассатижей,
Германия против США.
Книпекс против Кляйн
против Ченнеллок.
Плюс Милуоки.*



*Битва бокорезов.
Книпекс против
«американцев»
(Кляйн и Ченнеллок).
Кто победит?*



*Макита с аккумулятором
Деволт? Милуоки с акку-
мом от Макиты? Об ак-
кумуляторных адаптерах.*



*Магазин — смотрим
на аккумуляторные
инструменты Makita
и AEG (Ridgid).
И немножко Ryobi*



*Магазин - смотрим на
аккумуляторные
инструменты DeWalt
и Milwaukee*



*Строительный магазин
Home Depot.
Часть 1 - Инструменты*



*Home Depot. Часть 2 -
Отдел электромонтаж-
ных товаров*



*Магазинный обзор:
Ручной инструмент
и кабельная продукция*

Провода и кабели, рекомендации по выбору



Бытовое электроснабжение в США и Канаде: материалы и монтаж



Бытовое электроснабжение: автоматы и сечение проводов



Электромонтаж в США: кабели и другие методы проводки



Setting fire to Romex (NM). English subtitles



Электромонтаж в США. Соединение проводов



Соединители Ваго, СИЗ или что-то еще



Американский кабель 1940-х годов



История алюминиевой проводки в США



Ручной инструмент и кабельная продукция



Часть 1: металлоспиральный кабель



Часть 2: Кабели с пластиковой и резиновой оболочками



Разновидности СИЗов в электромонтаже



Чем соединяют алюминиевый провод?



Алюминиевый провод – дополнение

Формирование квартирных и домовых щитков



Жилищный электромонтаж в США и Канаде



Монтаж в магазине – продолжение



Переносим щиток в магазине



Обзор щитков и базовые основы их сборки и подсоединения



УЗИП – устройства защиты от импульсных перенапряжений



Меняем «опасный» щиток, а то откажут в страховке



Ставим щиток Siemens – 24 кВт, 100 А



Собираем «европейский» щиток для гаража



Динамометрический инструмент

Электросеть деревянных и каркасных домов



Бытовое электроснабжение



Электромонтаж в США: На объекте, часть 1



Электромонтаж в США: На объекте, часть 2



Правила установки воздушной линии ввода в дом



Заказ: Наружный свет



Правила установки подземной кабельной линии



*Как найти кабель
под штукатуркой*



*Установка и сгибание
металлической трубки*



*Нарезка резьбы
на толстостенной
трубе*



*Заказ – наружная
прокладка кондуита,
стоимость работы и т.д.*



*Система уравнивания
потенциалов*



*Очередной заказ: Меняем
вводные провода воздуш-
ной электроподачи в дом*



*Электрика в каркасном
(щитовом) доме –
кабели и подрозетники*



*Каркасный дом: Проводка
в металлической трубке.
Для чего нужна гофра?*



*Трубки и коробки
для электромонтажа
по поверхности стен*



*Заказ, обзор американско-
го щитка, и уличная под-
водка для кондиционера*



*Доставка электроэнер-
гии до конечного потре-
бителя*



*УЗИП — устройства
защиты от импульсных
перенапряжений*



*Меняем «опасный»
щиток, а то откажут
в страховке*



*Ставим щиток Siemens –
24 кВт, 100 А*



*Устройство щитка.
Основы электромонтажа
в каркасном доме*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бартош А.И. Электрика для любознательных. — 2е изд. — СПб.: Наука и Техника. — 2024. — 272 с.

Ванюшин М. Б. Электротехника для любознательных. — СПб.: Наука и Техника. — 2017. — 320 с.

Ванюшин М.Б. Занимательная электроника и электротехника для начинающих и не только... Книга + виртуальный диск. — изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: Наука и Техника. — 2017. — 352 с.

Ванюшин М.Б., Штерн М.И. Электротехника. От азов до создания практических устройств. — 2е изд. — СПб.: Наука и Техника. — 2024. — 544 с.

Кисаримов Р. А. Справочник электрика. — М.: Радиософт. — 2007. — 512 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Справочник электрика для профи и не только... Современные технологии XXI века — СПб.: Наука и Техника. — 2013. — 576 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Электротехнический справочник. — СПб.: Наука и Техника. — 2009. — 464 с.

Корякин-Черняк С. Л. и др. Электротехнический справочник. Практическое применение современных технологий. — СПб.: Наука и Техника. — 2014. — 592 с.

Корякин-Черняк С. Л. Справочник домашнего электрика. — 2е изд. — СПб.: Наука и Техника. — 2004. — 478 с.

Корякин-Черняк С. Л., Партала О. Н. Справочник электрика для профи и не только. — СПб.: Наука и Техника. — 2008. — 592 с.

Лихачев В. Л. Электротехника. Справочник. Том 1. — М.: Солон-Пресс. — 2003. — 560 с.

Лихачев В. Л. Электротехника. Справочник. Том 2. — М.: Солон-Пресс. — 2003. — 560 с.

Мандыч. Н. К. Ремонт электродвигателей. Пособие электромонтеру. — К.: Техника. — 1989. — 152 с.

Минскер Е. Г., Дымков А. М., Силич И. В. Электромонтер-обмотчик по ремонту трансформаторов. — М.: Высшая школа. — 1979. — 112 с.

Михайлов В.Е. Современная электросеть. — СПб.: Наука и Техника. — 2013. — 256 с.

Могузов В. Ф. Обслуживание силовых трансформаторов. — М.: 1991. — 192 с.

Партала О. Н. Радиокомпоненты и материалы. — К.: Радиоаматор. — 1998. — 720 с.

Партала О. Н. Справочник по ремонту электрооборудования. Книга + CD. — СПб.: Наука и Техника. — 2010. — 416 с.: ил.

Паспорт: реле контроля трехфазного напряжения ЕЛ-11Е, ЕЛ-12Е, ЕЛ-13Е. ТУ 3425-007-49874443-07

Правила Устройства Электроустановок (ПУЭ) — 7-е изд. — 2016-28. Рекомендации по применению, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: НМЦ ПЭУ МЭИ. — 2000. — 160 с.

Рекомендации по применению, монтажу и эксплуатации электроустановок зданий при применении устройств защитного отключения. — М.: НМЦ ПЭУ МЭИ. — 2000. — 160 с.

Сидоров И. Н., Скорняков С. В. Трансформаторы бытовой электронной аппаратуры. — М.: Радио и связь. — 1994. — 320 с.

Таев И. С. Электрические аппараты управления. — М.: Высшая школа. — 1984 г. — 256 с.

Таев И. С. Электрические аппараты. Общая теория. М.: Энергия. — 1977. — 272 с.

Томас Р. К. Коммутационные устройства. Справочник. — М.: Радио и связь. 1989. — 144 с.

Шмаков С.Б. Профессиональные советы домашнему электрику. — СПб.: Наука и Техника. — 2014. — 400 с. + цв. вкл. 8 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Новые технические решения. Книга + видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2019. — 272 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Практикум электрика. Книга + видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2019. — 272 с.

Штерн М.И. Современная электросеть. Управление силовыми нагрузками, освещением и не только... Книга + видеокурс на DVD. — СПб.: Наука и Техника. — 2020. — 272 с.

Штерн М.И. Справочник по ремонту электрооборудования с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2024. — 560 с.

Штерн М.И. Справочник электрика с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2023. — 560 с.

Штерн М.И. Электрика. От азов до создания практических устройств. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2023. — 528 с.

Штерн М.И. Электротехнический справочник с онлайн ресурсами через QR-коды. — СПб.: Издательство Наука и Техника. — 2023. — 560 с.



Издательство «Наука и Техника» выпускает книги более 25 лет!

Уважаемые авторы!

Приглашаем к сотрудничеству по созданию книг
по IT-технологиям, электронике, электротехнике, медицине, педагогике.

Наши преимущества:

- являемся одним из ведущих технических издательств страны;
- выпускаем книги большими тиражами, что положительно влияет на гонорар авторов;
- регулярно переиздаем тиражи, автоматически выплачивая гонорар за *каждый* тираж;
- применяем индивидуальный подход в работе с каждым автором;
- работаем профессионально: от корректуры до авторских дизайн-проектов;
- проводим политику доступной цены;
- имеем собственные каналы сбыта: от федеральных сетей, крупнейших книжных магазинов РФ, ведущих маркетплейсов ОЗОН, Wildberries, Яндекс-Маркет и др. до ведущих библиотек вузов, ссузов.

Ждем Ваши предложения:

- тел. (812) 412-70-26
- эл. почта: nitmail@nit.com.ru

Будем рады сотрудничеству!

Для заказа книг:

➤ интернет-магазин: nit.com.ru

- более 3000 пунктов выдачи на территории РФ, доставка 3–5 дней
- более 300 пунктов выдачи в Санкт-Петербурге и Москве, доставка 1–2 дня
- тел. (812) 412-70-26
- эл. почта nitmail@nit.com.ru

➤ магазин издательства: г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 107

- метро Елизаровская, 200 м за ДК им. Крупской
- ежедневно с 10.00 до 18.00
- справки и заказ: тел. (812) 412-70-26

➤ книжные сети и магазины

- | | |
|---|-------------------------|
| • «Читай-город» - сеть магазинов | тел. +7 (495) 424-84-44 |
| • «Буквоед» - сеть магазинов | тел. +7 (812) 601-0-601 |
| • Московский дом книги – сеть магазинов | тел. +7 (495) 789-35-91 |
| • ТД «БиблиоГлобус» | тел. +7 (495) 781-19-12 |
| • «Амитель» — сеть магазинов | тел. +7 (473) 223-00-02 |
| • Дом книги, г. Екатеринбург | тел. +7 (343) 289-40-45 |
| • Дом книги, г. Нижний Новгород | тел. +7 (831) 246-22-92 |
| • Приморский торговый Дом книги | тел. +7 (423) 263-10-54 |

➤ маркетплейсы ОЗОН, Wildberries, Яндекс-Маркет, Myshop и др.