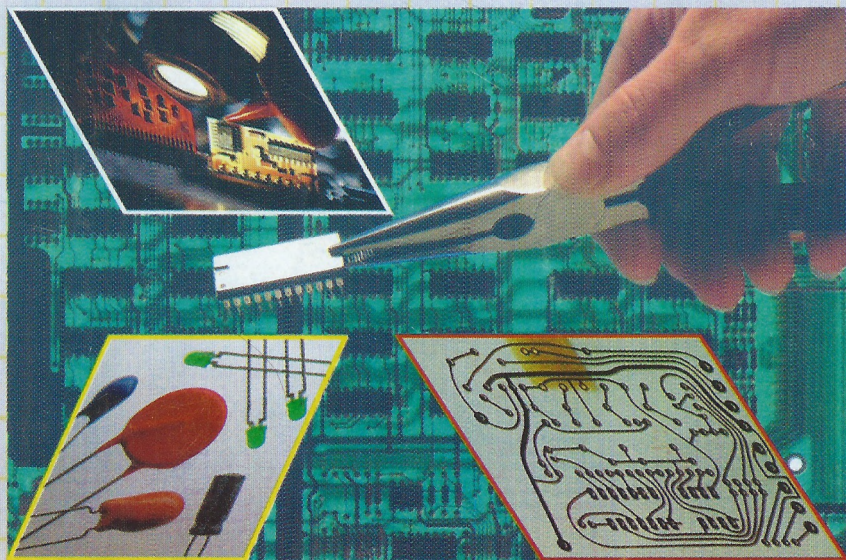


# РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОМА



ISBN 5-93455-171-X



9 785934 551712

**ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА  
РЕГУЛЯТОРЫ МОЩНОСТИ  
УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ  
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕЛЕФОНОВ  
СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ**

**А.Н. Евсеев**

# **Радиолюбительские устройства для дома**

**Москва  
СОЛОН-Р  
2002**

**Евсеев А.Н.**

Радиолюбительские устройства для дома/ А.Н. Евсеев — М.: СОЛОН-Р, 2002. 320 с. — (Серия «СОЛОН-Р» — радиолюбителям», вып. 13)

ISBN 5-93455-171-X

В этой книге читатели найдут описания реле времени, зарядных устройств (в том числе для автомобильных аккумуляторов), источников питания, переключателей елочных гирлянд, сторожевых устройств и других, которые найдут применение в быту. Устройства выполнены на элементах, приобретение которых у радиолюбителя не вызовет затруднений.

Большинство устройств достаточно просты и не требуют налаживания, в необходимых же случаях сообщаются подробные сведения о наладке. Приводятся рисунки печатных плат и внешнего вида устройств. В описаниях конструкций есть данные по возможной замене элементов; этому же посвящена и отдельная глава книги.

**Под редакцией А. Грифа**

*Эту книгу можно заказать по почте* (наложенным платежом — стоимость 111 руб.) двумя способами:

- 1) выслать почтовую открытку или письмо по адресу: 123242, Москва, а/я 20;
- 2) передать заказ по электронной почте (e-mail) по адресу: [magazin@solon-r.ru](mailto:magazin@solon-r.ru).

Необходимо написать полный адрес, по которому выслать книги.

Обязательно указывать индекс и Ф. И. О. получателя!

При наличии — указать телефон, по которому с вами можно связаться, и адрес электронной почты (E-mail).

**Цены действительны до 15 сентября 2002 г.**

Вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-Р» по **Интернету**, пошлав пустое письмо на робот-автоответчик по адресу [katalog@solon-r.ru](mailto:katalog@solon-r.ru), а также подписаться на **рассылку новостей** о новых книгах издательства, пошлав письмо по адресу [news@solon-r.ru](mailto:news@solon-r.ru) с текстом «SUBSCRIBE» (без кавычек) в теле письма.

ISBN 5-93455-171-X

© Макет и обложка «СОЛОН-Р», 2002  
© Евсеев А. Н., 2002

## От автора

Электронные приборы все более прочно входят в нашу повседневную жизнь. Видеомагнитофон и телевизор, телефонный аппарат и микроволновая печь, стиральная машина и зарядное устройство — вот далеко не полный перечень электронных приборов, окружающих нас в повседневной жизни. И без элементарных знаний в области радиотехники и электроники сегодня цивилизованному человеку трудно обойтись.

Пятьдесят лет назад радиолюбители начинали свой путь в радиотехнику с устройств на электронных лампах; сорок лет назад — с транзисторных радиоприемников; сейчас большинство даже начинающих радиолюбителей делают свои первые шаги с устройств на интегральных микросхемах.

Вполне естественно, что, освоив азы радиотехники, хочется сделать какую-либо полезную конструкцию для использования у себя дома. Все устройства были собраны автором и проверены в работе, некоторые из них эксплуатируются в быту на протяжении значительного времени.

Автор надеется, что в книге найдут для себя полезную информацию широкие круги радиолюбителей, и желает им успеха в интересном увлечении.

Отзывы о книге и пожелания можно направлять по адресу: 123242, г. Москва, а/я 20, издательство «СОЛОН-Р».

*Автор*



# Глава 1.

## Работа с цифровыми и аналоговыми интегральными микросхемами

Главная особенность этой книги состоит в том, что в большинстве описанных в ней устройств используются интегральные микросхемы. Радиолюбители даже с небольшим опытом конструирования аппаратуры, скорее всего, уже имели дело с микросхемами. Но и начинающие радиолюбители смогут повторить устройства, описанные в этой книге. Сведения о микросхемах и рекомендации по их применению, изложенные ниже, помогут в этом.

Как известно, все микросхемы подразделяют на две группы — аналоговые и цифровые. *Аналоговые* микросхемы предназначены для работы с непрерывными во времени сигналами. К их числу можно отнести усилители радио-, звуковой и промежуточной частот, операционные усилители, стабилизаторы напряжения и тока, таймеры, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, генераторы и др. Для аналоговых микросхем характерно то, что входная и выходная электрические величины могут иметь любые значения в заданном диапазоне. В цифровых же микросхемах входные и выходные сигналы могут иметь один из двух уровней напряжения: высокий или низкий. В первом случае говорят, что мы имеем дело с высоким логическим уровнем, или логической 1, а во втором — с низким логическим уровнем, или логическим 0. Для микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) серий К133, К155, К555, КР1531, широко используемых радиолюбителями, в технических условиях указывают напряжение высокого логического уровня не менее 2,4 В, а низкого — не более 0,4 В. Фактически эти напряжения составляют обычно 3,2...3,5 и 0,1...0,2 В.

В своих разработках радиолюбители наряду с микросхемами ТТЛ широко используют микросхемы на полевых транзисторах, из которых наибольшее распространение получили серии микросхем КМОП (комплементарные полевые транзисторы со структурой металл-окисел-полупроводник). К ним относятся, например, микросхемы серий К164, К176, К561, КР1561, К564. Для таких микросхем на-

пряжения, соответствующие высокому и низкому логическим уровням, составляют соответственно 8,6...8,8 В и 0,02...0,05 В (при напряжении питания 9 В).

Таким образом, в микросхемах ТТЛ и КМОП высокий и низкий уровни напряжений сильно отличаются друг от друга, что упрощает совместную работу микросхем с транзисторами, тиристорами и другими приборами.

Почему же уровни напряжений называют логическими? Дело в том, что цифровые микросхемы предназначены для выполнения определенных логических действий над входными сигналами. Например, на выходе цифровой микросхемы должно появиться напряжение высокого уровня в том случае, если напряжение высокого уровня присутствует хотя бы на одном из входов, т. е. данная микросхема выполняет логическую операцию ИЛИ (логическое сложение). Если же логический сигнал на выходе микросхемы должен быть равен произведению логических сигналов на входах микросхемы, то это операция логического умножения. Существует множество других правил обработки сигналов в цифровых микросхемах. Специальная область математики — булева алгебра (по имени английского математика Дж. Буля) — исследует эти законы. Вот почему цифровые микросхемы называют еще и логическими.

Хотя этим вопросам посвящено множество популярных книг, в том числе приведенных в списке литературы [1, 2, 6, 7, 8], автор считает нужным для облегчения понимания работы схем различных устройств, помещенных в данной работе, напомнить читателю некоторые положения из теории цифровой техники.

В основу работы цифровых микросхем положена двоичная система счисления. В этой системе используются всего лишь две цифры: 0 и 1. Цифра 0 соответствует отсутствию напряжения на выходе логического устройства, 1 — наличию напряжения. С помощью нулей и единиц двоичной системы можно записать (закодировать) любое десятичное число. Так, для записи одноразрядного десятичного числа требуются четыре двоичных разряда. Сказанное поясняется табл. 1.1.

В первом столбце таблицы (ее называют таблицей истинности) записаны десятичные числа от 0 до 9, а в последующих четырех столбцах — разряды двоичного числа. Видно, что число в последующей строке получается в результате прибавления 1 к первому разря-

ду двоичного числа. С помощью четырех разрядов можно записать числа от 0000 до 1111, что соответствует диапазону чисел от 0 до 15 в десятичной системе. Таким образом, если двоичное число содержит  $N$  разрядов, то с его помощью можно записать максимальное десятичное число, равное  $2^N - 1$ . По таблице также несложно заметить, как можно перевести число из двоичной системы в десятичную. Для этого достаточно сложить степени числа 2, соответствующие тем разрядам, в которых записаны логические 1. Так, двоичное число 1001 соответствует десятичному числу 9 ( $2^3 + 2^0$ ).

Таблица 1.1

Десятичное число	Двоичное число			
	IV разряд ( $2^3$ )	III разряд ( $2^2$ )	II разряд ( $2^1$ )	I разряд ( $2^0$ )
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Микросхемы серии K155 питаются от источника постоянного напряжения  $5\text{ В} \pm 5\%$ , потребляя ток (на один корпус) в зависимости от назначения от 10 до 100 мА. Микросхемы серии K555 более экономичны — потребляемый ими ток меньше примерно в 3—4 раза. Как было отмечено, напряжение высокого уровня фактически составляет около 3,5 В, а низкого — около 0,1 В. Для того чтобы подать на вход логического элемента напряжение низкого уровня, достаточно этот вход соединить с общим проводом питания. Для подачи напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако, чтобы уменьшить влияние помех, желательно этот вход подключить

к напряжению +5 В через резистор сопротивлением 1...1,5 кОм. К одному резистору можно подключать до 10 входов микросхем. Напряжение на входах логических элементов можно измерять обычным тестером (ампервольтметром) на пределе измерения постоянного напряжения, но лучше использовать специальный пробник.

Простейший пробник состоит из последовательно соединенных светодиода и резистора. Если при подключении к выходу логического элемента светодиод светится, то на этом выходе напряжение высокого уровня, если же светодиод не светится, то на входе пробника напряжение низкого уровня.

На рис. 1.1 приведены три схемных решения создания пробников разной сложности. Первые две схемы очевидно знакомы радиолюбителям по прежним публикациям. Автор их повторяет для того, чтобы показать ход творческого процесса по совершенствованию конструкций, тем самым призывая их к поиску новых решений.

Первая схема (рис. 1.1, а) наиболее простая из трех. Здесь приведен логический пробник, который индицирует уровни логического 0 и логической 1 зажиганием одного из двух светодиодов.

При отсутствии входного сигнала на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение низкого уровня, а на выходе логического элемента DD1.2 — высокого уровня. Светодиоды HL1 и HL2 не светятся. При подаче на вход напряжения низкого уровня (0...0,4 В) состояние логического элемента DD1.2 не изменяется, а на выходе DD1.1 появляется напряжение высокого уровня (поскольку на входы DD1.1 через открытый диод VD1 подано напряжение низкого уровня). Загорается светодиод HL1, индицируя уровень логического 0. Если же на вход подано напряжение высокого уровня, то через открывшийся диод VD2 это напряжение подается на входы логического элемента DD1.2; на выходе DD1.2 появляется напряжение низкого уровня и загорается светодиод HL2, показывая уровень логической 1. Состояние же элемента DD1.1 при этом не изменяется, светодиод HL1 не горит.

На рис. 1.1, б представлена схема другого логического пробника, аналогичного по принципу работы предыдущему. Отличие состоит в том, что информация о логических уровнях напряжения выводится на светодиодный семисегментный цифровой индикатор. Для управления сегментами в пробник добавлены логические элементы DD1.3,



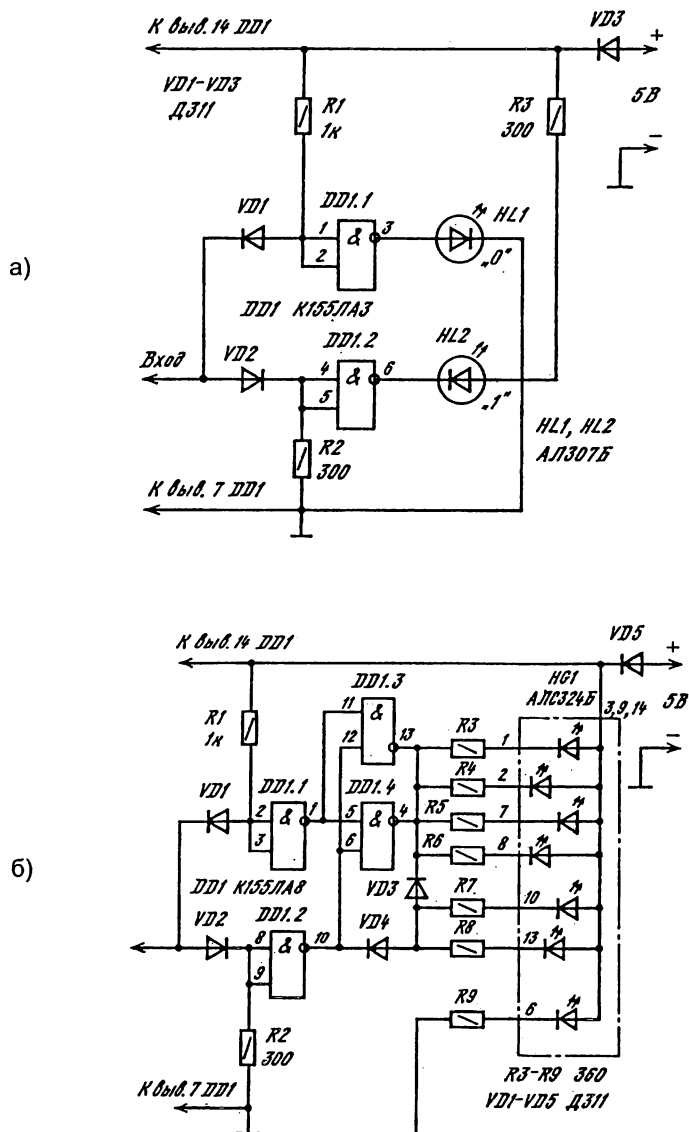
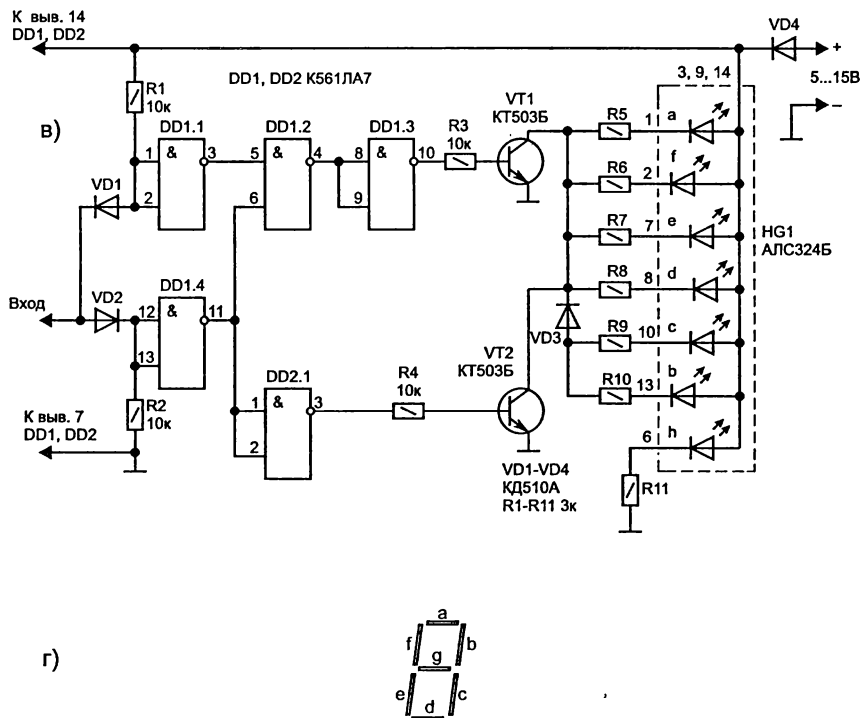


Рис. 1.1. Логические пробники:

- а — с индикатором из двух светодиодов  
 б — с цифровым индикатором для микросхем ТТЛ



**Продолжение рис. 1.1. Логические пробники:**

*v* — с цифровым индикатором для микросхем КМОП

2 — расположение сегментов цифрового индикатора

DD1.4 и диоды VD3, VD4. Сегменты, имеющие выводы 10, 13, индицируют логическую 1, а шесть сегментов — логический 0. Сегмент, имеющий вывод 6, — знак запятой (индикация включения пробника). Логические элементы DD1.3 и DD1.4 включены параллельно для получения суммарного выходного тока, обеспечивающего нормальную работу одновременно шести сегментов. Стандартное расположение сегментов цифрового индикатора показано на рис. 1.1, 2.

Для предотвращения подачи на пробники напряжения обратной полярности в их плюсовые шины включены диоды (VD3 на рис. 1.1, *а* и VD5 на рис. 1.1, *б*).

И еще один путь к творческому поиску. Микросхему К555ЛА3 можно заменить на К133ЛА3, К158ЛА3, К155ЛА3. Вместо К155ЛА8 можно применить К133ЛА8, К555ЛА3, но в последнем случае номинал резисторов R3—R8 необходимо увеличить до 820 Ом. Светодиодный индикатор АЛС324Б можно заменить на АЛ133, АЛС312 с любым буквенным индексом, а также на АЛ305А, АЛС321Б, АЛС337Б, АЛС338Б, АЛС324Б. Диоды могут быть любыми из серий Д9, Д311.

Пробник со светодиодным индикатором собран в корпусе от вышедшей из строя электрозажигалки или подходящем другом.

Такие пробники пригодны для работы с микросхемами, рассчитанными на питание от источника напряжением +5 В (серии К155, К555, К133, К134, КР1531).

Особый интерес представляет третья схема (рис. 1.1, в) для работы с микросхемами КМОП (серии К164, К176, К561, КР561). Пробник собран по аналогичной схеме, но для управления сегментами цифрового индикатора придется применить транзисторные ключи (рис. 1.1, в). В пробник добавлены логические элементы DD1.3, DD2.1, включенные инверторами. Диоды VD1—VD4 могут быть типов КД509, КД510, КД513, КД521, КД522 с любыми буквами. В отличие от двух предыдущих схем, когда необходимо было применять германиевые диоды с малым падением напряжения, в данном случае такой необходимости нет, поскольку напряжения имеют более высокие уровни, а входные токи логических элементов значительно меньше.

Теперь несколько слов о более сложных микросхемах, с которыми читатель встретится в книге.

Во многих рассматриваемых конструкциях используют *триггер* (электронное устройство с двумя устойчивыми состояниями, причем переход из одного состояния в другое происходит под действием внешнего сигнала). При отсутствии сигнала триггер может находиться в одном из двух состояний неограниченно долго (т. е. обладает «памятью»). Поэтому триггеры широко используют в электронно-вычислительных машинах для хранения информации. В зависимости от выполняемых функций и назначения триггеры классифицируют по типам. Наиболее часто радиолюбители используют RS- и D-триггеры.

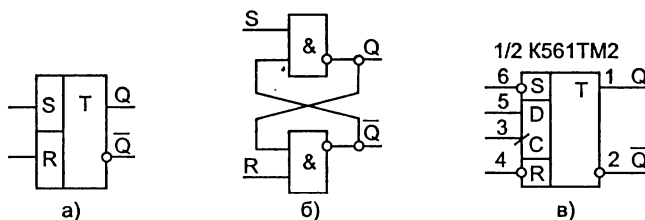


Рис. 1.2. Триггеры:

- а — условное обозначение RS-триггера;  
 б — RS-триггер на двух логических элементах 2И-НЕ;  
 в — условное обозначение D-триггера

Условное обозначение RS-триггера представлено на рис. 1.2, а. Триггер имеет по два входа и выхода. Выходы обозначены буквами Q (прямой) и  $\bar{Q}$  (инверсный). Логические уровни на этих двух выходах противоположны. Это сделано для удобства соединения триггеров с другими логическими элементами устройств. Некоторые типы триггеров инверсного выхода не имеют. Вход S предназначен для установки триггера в единичное состояние (напряжение высокого уровня на выходе Q); вход R — для установки в нулевое состояние (напряжение низкого уровня на выходе Q). Кроме возможности использования микросхемы K155TM2 как RS-триггер, его можно собрать из двух логических элементов 2И-НЕ, входящих в состав микросхемы K155ЛАЗ (рис. 1.2, б). Установка триггера в нужное состояние осуществляется подачей напряжения низкого уровня на один из входов (на другом входе в это время должно быть напряжение высокого уровня). Подача на оба входа напряжения низкого уровня недопустима (запрещенное состояние). RS-триггеры применены во многих конструкциях, описанных в данной книге.

На рис. 1.2, в представлено условное обозначение D-триггера (нумерация выводов приведена для микросхемы K561TM2, содержащей два таких триггера). По сравнению с RS-триггером здесь имеются два новых вывода: D и C. Вход D называют информационным, а C — входом синхронизации. После подачи импульса на вход C на выходе Q триггера установится тот логический уровень, который был до прихода синхроимпульса на входе D. Входы R и S выполняют те же функции, что и в рассмотренном выше RS-триггере.



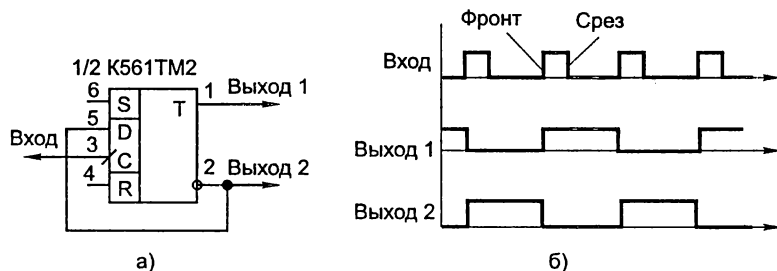


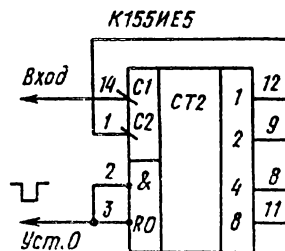
Рис. 1.3. Работа D-триггера в счетном режиме:

*а* — соединение выводов; *б* — временные диаграммы

Рассмотренный D-триггер несложно преобразовать в счетный триггер, т. е. такой, состояние которого изменяется после поступления очередного импульса на счетный вход. Для обеспечения счетного режима необходимо вход D соединить с инверсным выходом триггера (рис. 1.3, *а*). Из логики работы D-триггера следует, что после прихода импульса на вход C состояние триггера будет изменяться на противоположное. Это иллюстрируется временными диаграммами, или эпюрами напряжений (рис. 1.3, *б*). Подобно таблице истинности, эпюры напряжений дают наглядное представление о работе устройства, к ним мы будем обращаться и в дальнейшем. Необходимо отметить, что изменение состояния D-триггера данного типа происходит при изменении напряжения на счетном входе с низкого уровня на высокий. Такое изменение напряжения часто называют положительным перепадом напряжения, или фронтом импульса. Реакцию триггера на положительный перепад напряжения отображают косой чертой, пересекающей линию входа C так, как показано на рис. 1.3, *а*. Изменение напряжения с высокого уровня на низкий называют отрицательным перепадом напряжения, спадом или срезом импульса. На схемах это отображают также косой чертой, но повернутой на  $90^\circ$  относительно показанной на рисунке. В зависимости от своей внутренней структуры триггер реагирует или на положительный, или на отрицательный перепад напряжения.

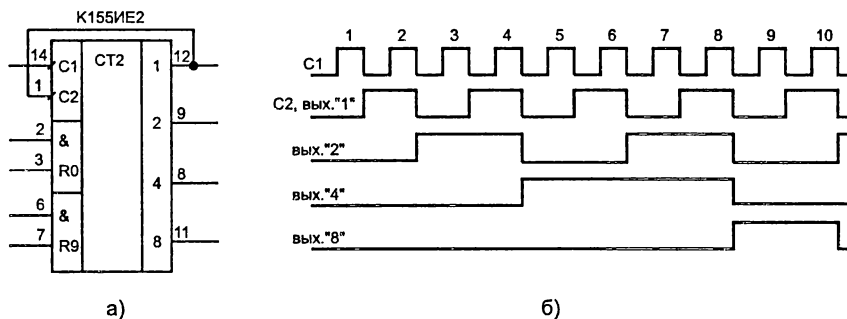
Описанный D-триггер K561TM2 использован, например, в устройстве переключения гирлянд.

Несколько триггеров, объединенных в одной микросхеме и соединенных между собой, образуют счетчик. На рис. 1.4 показана микросхема К155ИЕ5, содержащая в своем составе четыре счетных триггера. Входом первого триггера является вывод 14, а выходом — вывод 12. Три остальных триггера соединены последовательно, входом первого триггера является вывод 1, а выходами этих триггеров — выводы 9, 8, 11. Для обеспечения последовательной работы всех четырех триггеров следует соединить выводы 1 и 12. Триггеры переключаются спадом импульса (в отличие от микросхемы К561ТМ2). Установку всех триггеров в нулевое состояние осуществляют кратковременной подачей напряжения высокого уровня на оба входа &RO. Частота импульсов на выходах 1, 2, 4, 8 соответственно в 2, 4, 8, 16 раз меньше частоты входного сигнала. Таким образом, период работы счетчика равен 16 входным импульсам. Такой счетчик используется в переключателе гирлянд с микросхемой памяти, в цифровом реле времени и других устройствах данной книги.



**Рис. 1.4. Двоичный  
четырёхразрядный счетчик**

Микросхема K155ИЕ2 (рис. 1.5, *a*) также содержит четыре счетных триггера, однако благодаря использованию внутренних обратных связей коэффициент пересчета равен 10. С помощью входов &R0 микросхему устанавливают в состояние, при котором на всех выходах напряжение низкого уровня; с помощью входов &R9 мик-



**Рис. 1.5.** Двоично-десятичный счетчик K155IE2:

*a* — соединение выводов; *б* — временные диаграммы

росхему устанавливают в состояние, соответствующее числу 9 в двоичном коде (напряжение высокого уровня на выходах 1 и 8). Триггеры счетчика переключаются спадом импульса. На рис. 1.5, б показаны временные диаграммы, поясняющие работу счетчика. Микросхема K155IE2 используется в регуляторе мощности с цифровым управлением.

Микросхема K561IE10 (рис. 1.6, а, б) состоит из двух одинаковых четырехразрядных счетчиков-делителей, связанных только общим питанием. Каждый из них имеет два счетных входа CP и CN, вход R принудительной установки нулей на выходах и выходы от каждого из четырех разрядов (рис. 1.6, а).

Когда на входе CN имеется напряжение низкого уровня либо на входе CP напряжение высокого уровня, входные импульсы, подан-

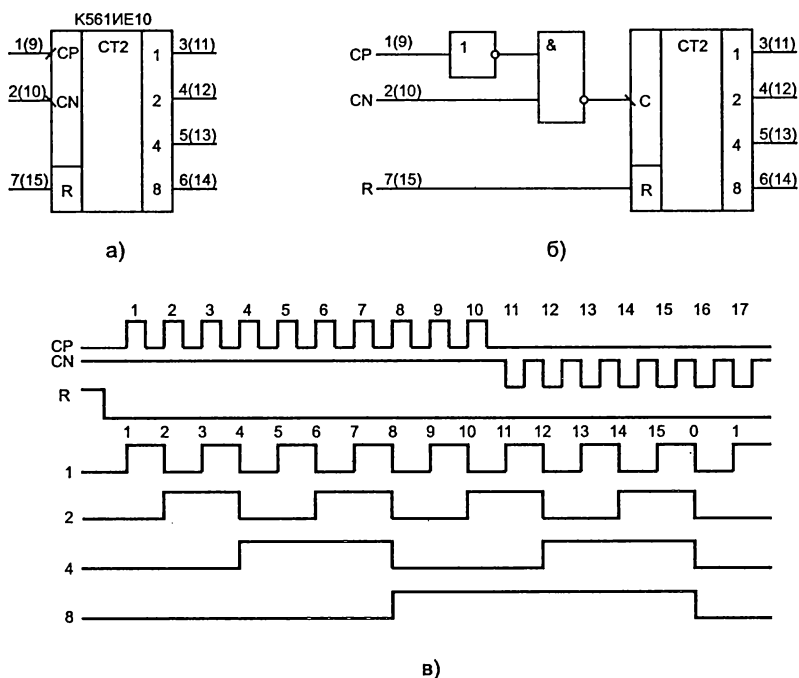


Рис. 1.6. Микросхема K561IE10:

а — условное обозначение; б — логическая структура;  
в — временная диаграмма (числа в скобках обозначают выводы второго счетчика в корпусе микросхемы).

ные на второй вход, не изменяют состояния счетчика. Для обеспечения режима счета необходимо на вход CN подать разрешающее напряжение высокого уровня (при этом входные импульсы поступают на вход CP) либо поддерживать напряжение низкого уровня на входе CP, а входные импульсы подавать на вход CN. Когда счет импульсов производится по входу CP, переключение первого триггера счетчика происходит по фронту счетных импульсов, при счете по входу CN — по спаду счетных импульсов (рис. 1.6, в). Остальные разряды счетчика переключаются по спаду импульсов выходных сигналов предыдущих разрядов. Максимальная частота счета 2 МГц.

Указанная микросхема используется в реле времени и других устройствах, описанных в книге.

Из других микросхем серии K561 отметим еще реверсивный четырехразрядный счетчик K561IE11 (рис. 1.7). Каждый разряд счетчика имеет прямой выход (1, 2, 4, 8) и вход предварительной установки (D1, D2, D4, D8). Установка триггеров счетчика в нулевое состояние осуществляется кратковременной подачей напряжения высокого уровня на вход R. Входы D1, D2, D4, D8 служат для предварительной записи двоичного числа в счетчик, а вход S — для разрешения этой записи. Изменение состояния счетчика происходит по фронту импульсов, подаваемых на вход C. Вход U необходим для управления направлением счета: при высоком уровне выходной код увеличивается, а при низком уровне — уменьшается. Вход PI — это вход переноса, а выход P — выход сигнала переноса; они необходимы для совместной работы микросхем в составе единого двоичного реверсивного счетчика. Счетчик работает в том случае, если на входе PI имеется напряжение логического 0. На выходе переноса P устанавливается состояние логического 0 тогда, когда на выходах счетчиков возникает состояние 1111 при увеличении счета и 0000 — при уменьшении счета. Работа счетчика иллюстрируется таблицей истинности (табл. 1.2). Микросхема K561IE11 использована в автомате управления освещением, а также в регулируемом источнике переменного напряжения.

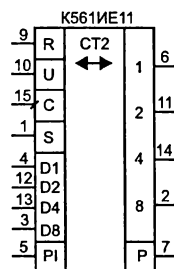


Рис. 1.7.  
Реверсивный счетчик  
K561IE11



Таблица 1.2

№ импульса	Вход U	Состояния выходов				Выход Р
		1	2	4	8	
0	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1
2	1	0	1	0	0	1
3	1	1	1	0	0	1
4	1	0	0	1	0	1
5	1	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	0	1
7	1	1	1	1	0	1
8	1	0	0	0	1	1
9	1	1	0	0	1	1
10	1	0	1	0	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	0	0	1	1	1
13	1	1	0	1	1	1
14	1	0	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	0
16	1	0	0	0	0	1
17	1	1	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0
19	0	1	1	1	1	1
20	0	0	1	1	1	1
21	0	1	0	1	1	1
22	0	0	0	1	1	1
23	0	1	1	0	1	1
24	0	0	1	0	1	1
25	0	1	0	0	1	1
26	0	0	0	0	1	1

## окончание таблицы 1.2

№ импульса	Вход U	Состояния выходов				Выход Р
		1	2	4	8	
27	0	1	1	1	0	1
28	0	0	1	1	0	1
29	0	1	0	1	0	1
30	0	0	0	1	0	1
31	0	1	1	0	0	1
32	0	0	1	0	0	1
33	0	1	0	0	0	1
34	0	0	0	0	0	0
35	0	1	1	1	1	1

Большими возможностями обладает микросхема К176ИЕ12 — многофункциональный счетчик, разработанный для использования в электронных часах.

Сокращенное условное обозначение и эпюры напряжений на некоторых выводах этой микросхемы показаны на рис. 1.8. В ее состав входят генератор, рассчитанный на работу с внешним кварцевым резонатором на частоту 32768 Гц (выводы 12 и 13), и два делителя частоты с коэффициентами деления  $2^{15} = 32768$  и 60 (выводы 4, 7, 10). Следовательно, на выходах микросхемы формируются секундные и минутные импульсы. Микросхема позволяет реализовывать и некоторые другие функции, связанные с ее применением в электронных

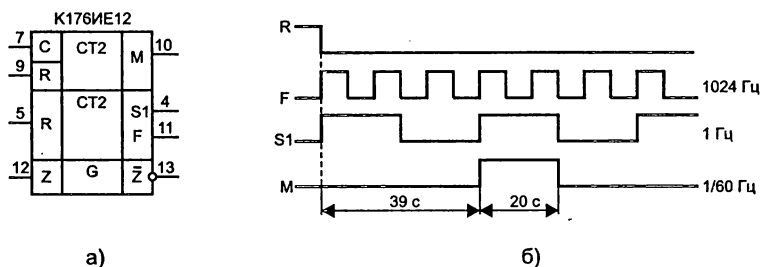


Рис. 1.8. Многофункциональный счетчик К176ИЕ12:

а — условное графическое обозначение; б — временные диаграммы

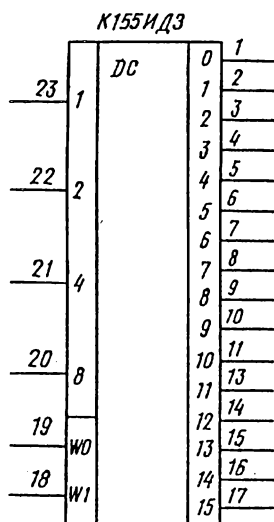


Рис. 1.9. Интегральный дешифратор K155ИД3

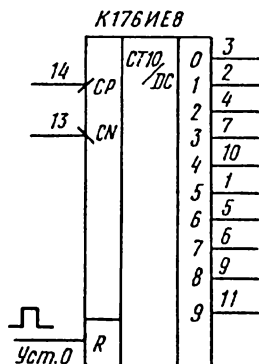


Рис. 1.10. Счетчик-дешифратор K176ИЕ8

часах. С этой целью микросхема имеет и некоторые другие выводы, которые на рисунке не показаны. Их назначение будет пояснено отдельно в каждом конкретном случае. В исходное состояние микросхему устанавливают подачей напряжения высокого уровня на входы R (выводы 5, 9). В данной книге микросхема K176ИЕ12 использована в реле времени в качестве задающего генератора с делителями частоты, в зарядном устройстве в качестве делителя частоты и в других устройствах.

Для преобразования двоичного кода, в котором представлены выходные сигналы двоичных счетчиков, в так называемый позиционный код, используются дешифраторы. На рис. 1.9 представлен интегральный дешифратор K155ИД3, осуществляющий такое преобразование. Входы W0 и W1 являются разрешающими. При наличии на них напряжения низкого уровня на одном из выходов дешифратора 0—15 также содержится напряжение низкого уровня, причем номер этого выхода является эквивалентом двоичного числа, код которого подан на входы 1, 2, 4, 8. Так, при подаче кодовой комбинации входных сигналов 0110 в активном состоянии будет выход 6 (вывод 7). При этом на всех остальных выходах будет напряжение высокого уровня. Если же на входы W0, W1 подать напряжение вы-

сокого уровня, то такое же напряжение будет на всех выходах дешифратора. Поэтому входы W0, W1 называют разрешающими, или стробирующими.

Существуют микросхемы, содержащие в одном корпусе счетчик и дешифратор. Примером является микросхема КМОП К176ИЕ8, в которой количество поступивших импульсов преобразуется в позиционный код (рис. 1.10). Вход R служит для установки триггеров в исходное состояние, при котором на всех выходах 0—9 имеется напряжение низкого уровня. Входные импульсы можно подавать на один из входов СР или CN. При подаче импульсов на вход СР изменение состояния счетчика происходит по фронту импульсов (при этом на входе CN должно быть напряжение низкого уровня). При подаче же импульсов на вход CN изменение состояния происходит по срезам импульсов (при этом на втором входе СР должно быть напряжение высокого уровня). На активном выходе, номер которого соответствует числу импульсов, поступивших после установки в исходное состояние, имеется напряжение высокого уровня (в отличие от напряжения низкого уровня в К155ИД3). Такая микросхема (К176ИЕ8) использована во многих описанных в книге устройствах, например, в цифровом измерителе заряда.

Микросхема К176ИЕ4 (рис. 1.11) содержит двоичный декадный счетчик и преобразователь его состояний в сигналы управления семисегментным индикатором. Триггеры декады устанавливаются в нулевое состояние подачей напряжения высокого уровня на вход R, а переключаются спадами импульсов, поступающих на вход С. На выходах а—g формируются выходные сигналы, обеспечивающие на семисегментном индикаторе свечение цифр, соответствующих состоянию декады. При подаче напряжения низкого уровня на управляющий вход S состояние декады определяется напряжением высокого уровня на выходах а—g, а при подаче напряжения высокого уровня на вход S — напряжением низкого уровня на выходах а—g. Такое переключение уровней выходных сигналов расширяет область применения микросхемы. Выход Р микросхемы — выход переноса, на котором в момент перехода декады из состояния 9 в состояние 0 формируется отрицательный перепад напряжения. Этот выход служит для связи с последующими разрядами. Микросхему К176ИЕ4 удобно использовать совместно с люминесцентным индикатором ИВ-3, аноды которого можно подключать непосред-

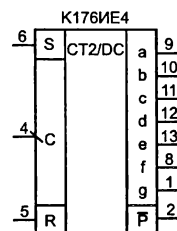


Рис. 1.11.  
Счетчик-дешифратор  
К176ИЕ4



ственно к выходам микросхемы. Именно так сделано в реле времени, а также цифровом измерителе заряда, описанных в книге.

Из многих важных параметров цифровых микросхем обратим внимание на три из них — входной и выходной токи логического элемента и его максимальное выходное напряжение. Входной ток — это ток, который протекает через входную цепь при соединении входа логического элемента с общим проводом или с проводом питания. В первом случае ток называют вытекающим, и для большинства микросхем серии K155 он составляет 1,6 мА. Во втором случае говорят о втекающем токе, который составляет примерно 40 мкА. Из сказанного следует, что если между входом логического элемента и общим проводом включен резистор, то для обеспечения на входе напряжения низкого уровня (которое для серии K155 не должно превышать 0,4 В) его сопротивление не может быть больше  $0,4 \text{ В} : 0,0016 \text{ А}$ , т. е. 250 Ом. Увеличение сопротивления этого резистора сверх указанного значения приведет к установлению на входе потенциала, соответствующего порогу переключения элемента. Такое состояние является неустойчивым. Поэтому увеличивать сопротивление этого резистора не рекомендуется. Для подачи на вход напряжения высокого уровня достаточно оставить этот вход свободным, однако с целью повышения помехоустойчивости целесообразно соединить его с проводом питания через резистор сопротивлением 1...2 кОм. Необходимо заметить, что величина входного вытекающего тока накладывает ограничение и на сопротивления время задающих резисторов генераторов, выполненных на элементах этой микросхемы, которая не должна превышать 1 кОм. Для микросхем серии K555 входной вытекающий ток в 3—4 раза меньше, поэтому сопротивления резисторов могут быть в 3—4 раза больше. Для микросхем КМОП (K176, K561, KP1561) входной вытекающий ток составляет примерно 0,2 мкА, исходя из этого следует рассчитывать и сопротивления резисторов.

Выходной ток логического элемента также может быть втекающим и вытекающим. Первый имеет место в случае подключения нагрузки между выходом и шиной питания, когда на выходе имеется напряжение низкого уровня. Значение этого тока для большинства элементов ТТЛ, у которых выходной каскад имеет внутреннюю нагрузку, составляет 16 мА. Для элементов с открытым коллектором значение этого тока значительно выше — так, для элементов микро-

схемы К155ЛЛ2 допускается выходной ток 300 мА. Вытекающий ток логического элемента — это ток в цепи нагрузки, включенной между выходом и общим проводом, причем на выходе имеется напряжение высокого уровня. Значение этого тока для большинства микросхем ТТЛ составляет 0,2...0,4 мА. Для увеличения выходного тока можно соединять параллельно несколько однотипных логических элементов, при этом объединяют входы и выходы элементов.

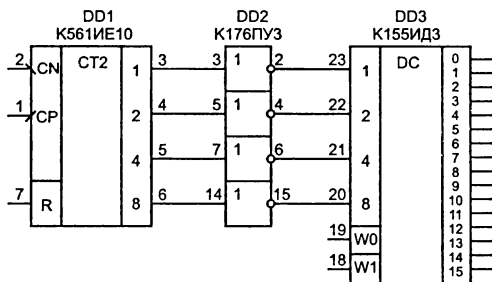
Максимальное выходное напряжение — это напряжение, которое может быть приложено к выходу логического элемента без повреждения последнего. Для большинства логических элементов ТТЛ оно не превышает напряжения питания, но для некоторых элементов с открытым коллекторным выходом оно значительно больше: 12 В для К155ЛА11, 15 В для К155ЛН5, 30 В для К155ЛА18, К155ЛИ5, К155ЛЛ2, К155ЛН3, К155ЛП9.

Высокое допустимое выходное напряжение в сочетании с большим выходным током позволяет непосредственно подключать к выходам микросхем электромагнитные реле, элементы индикации.

В настоящее время широко применяются микросхемы как ТТЛ, так и КМОП-логики, и иногда возникает необходимость сочетания в одном устройстве микросхем разных структур. Это связано с тем, что в составе микросхем различных серий ТТЛ есть функциональные узлы, которых нет в сериях КМОП, и наоборот. С целью оптимизации схемных решений и снижения стоимости аппаратуры иногда используют микросхемы разных серий совместно. Если напряжения питания микросхем совпадают по величине, то входы и выходы микросхем разнотипных структур можно соединять между собой. Однако следует убедиться в том, что нагрузочная способность логического элемента достаточна для подключения требуемого числа входов других ИМС. Если источником логического сигнала являются элементы ТТЛ, то к их выходам можно подключать практически любое количество входов (во всяком случае, десятки) микросхем КМОП. Если же требуется подать сигнал с выхода логического элемента КМОП на входы микросхем ТТЛ, то следует произвести расчет соответствия выходного тока элемента КМОП и суммы входных вытекающих токов элементов ТТЛ. Значение именно вытекающего, а не втекающего тока следует брать потому, что вытекающий ток (т. е. ток в цепи при соединении входа с общим проводом) значительно

больше втекающего. Если же нагрузочной способности элементов КМОП окажется недостаточно, следует использовать элементы с высокой нагрузочной способностью (например, К561ЛН2).

Если же величины питающих напряжений микросхем КМОП и ТТЛ различны, то следует использовать преобразователи уровня (К561ПУ4, К561ПУ6, К561ПУ7, К561ПУ8, К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3, К176ПУ5). На рис. 1.12 показан пример согласования двоичного счетчика серии КМОП К561ИЕ10 с дешифратором-демультиплексором ТТЛ-серии К155ИД3 (микросхема подобного функционального назначения среди КМОП-логики отсутствует). При этом микросхема DD1 питается напряжением 9 В, а микросхема DD3 — напряжением 5 В.



**Рис. 1.12.** Пример согласования двоичного счетчика серии КМОП К561ИЕ10 с дешифратором-демультиплексором ТТЛ серии К155ИД3

Перейдем теперь к рассмотрению некоторых аналоговых микросхем. Из множества аналоговых микросхем кратко рассмотрим сначала наиболее распространенную — операционный усилитель (ОУ), который широко используется в описанных в данной книге устройствах.

*Операционным усилителем* называют дифференциальный усилитель постоянного тока с большим коэффициентом усиления, предназначенный для выполнения различных операций над аналоговыми величинами. Идеальный ОУ должен иметь бесконечно большой коэффициент усиления (реальные имеют от единиц до сотен тысяч), бесконечно большое входное (реальные имеют от единиц килоом до гигаом), бесконечно малое выходное сопротивление (реальные ОУ имеют сотни или десятки Ом), бесконечно широкую полосу пропускания (реальные ОУ имеют до сотен мегагерц).

На рис. 1.13, *а* представлено условное обозначение ОУ на принципиальных схемах. Операционный усилитель имеет два входа — инвертирующий и неинвертирующий, а также один выход. К выводам  $+U$ ,  $-U$  подключается источник питания. Выводы FC предназначены для подключения элементов частотной коррекции (емкостных или резистивно-емкостных цепей). Выводы NC предназначены для подключения элементов балансировки (т. е. установки нуля). Многие современные ОУ не имеют входов FC и NC, так как в них нет необходимости. Для простоты обозначений в этой главе будем показывать только входы и выход ОУ.

Благодаря высоким значениям всех параметров ОУ (в первую очередь — коэффициента усиления и высокого входного сопротивления) на базе ОУ относительно просто можно создавать разнообразные усилители при минимальном числе внешних элементов. При этом параметры таких усилителей (как, впрочем, и других схем на базе ОУ) определяются параметрами внешних элементов.

На рис. 1.13, *б* показана схема инвертирующего усилителя. Зависимость выходного напряжения от входного определяется формулой  $U_{\text{вых}} = -U_{\text{вх}} \cdot R2/R1$ .

Для неинвертирующего усилителя (рис. 1.13, *в*)  $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \cdot (1 + R2/R1)$ . Отсюда видно, что выходное напряжение не может быть меньше входного. Если выбрать  $R1 = \infty$ , а  $R2 = 0$ , получим усилитель с единичным коэффициентом передачи (рис. 1.13, *г*).

На рис. 1.13, *д* показан усилитель тока. В этом случае выходное напряжение определяется входным током и может быть вычислено по формуле  $U_{\text{вых}} = I_{\text{вх}} \cdot R1$ . Такой усилитель тока удобно применять в измерительных устройствах для усиления малых токов (от единиц и десятков микроампер), как это сделано в главе «Особенности измерения переменных напряжений и токов».

На рис. 1.13, *е* показана схема дифференциального усилителя. Он предназначен для усиления разности входных сигналов. Его выходное напряжение можно вычислить по формуле  $U_{\text{вых}} = U_2 \cdot R4/(R3 + R4) \cdot (1 + R2/R1) - U_1 \cdot R2/R1$ . Если сопротивления всех четырех резисторов равны, то получим  $U_{\text{вых}} = U_2 - U_1$ .

На рис. 1.14, *а* представлена схема интегрирующего усилителя. В таком усилителе выходное напряжение пропорционально интегралу входного напряжения, т. е.  $U_{\text{вых}} = -(1/RC) \cdot \int U_{\text{вх}} dt$ . На рис. 1.14, *б* по-

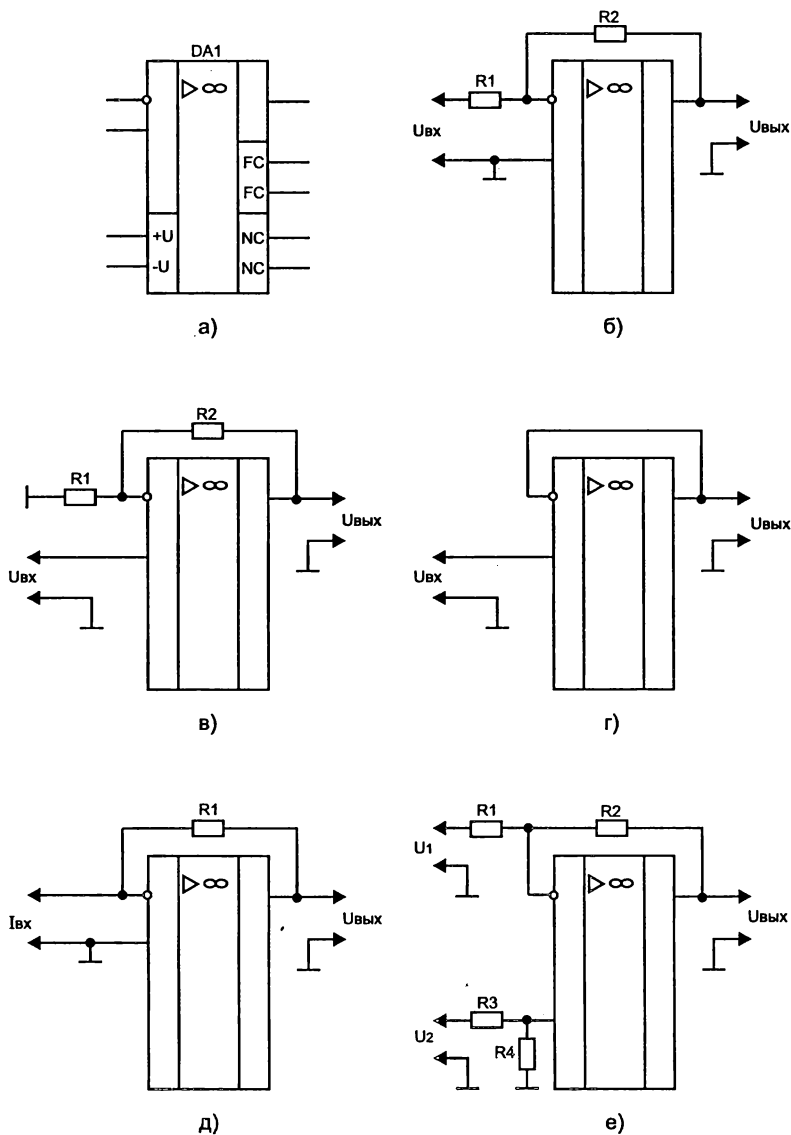


Рис. 1.13. Операционный усилитель и усилительные схемы на базе ОУ:

- а — условное обозначение ОУ; б — инвертирующий усилитель;  
 в — неинвертирующий усилитель; г — повторитель сигнала;  
 д — усилитель тока; е — дифференциальный усилитель

казана зависимость выходного напряжения во времени (так называемая переходная функция) от ступенчатого входного сигнала.

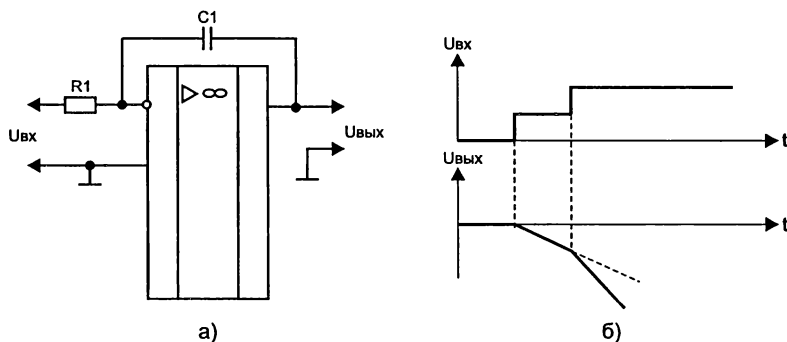


Рис. 1.14. Использование ОУ в интегрирующем усилителе:

*a* — принципиальная схема; *б* — переходная функция

Операционный усилитель, не охваченный обратной связью, может быть использован в качестве устройства сравнения двух напряжений — компаратора (рис. 1.15, *a*). Выходное напряжение компаратора может принимать одно из двух значений: максимальное  $U_{\max}$  и минимальное  $U_{\min}$ . Работа компаратора описывается двумя неравенствами:

$$U_{\text{вых}} = U_{\max}, \text{ если } U_{\text{вх}} < U_{\text{оп}} \text{ и } U_{\text{вых}} = U_{\min}, \text{ если } U_{\text{вх}} > U_{\text{оп}}.$$

Зависимость выходного напряжения от входного (передаточная характеристика) показана на рис. 1.15, *б*.

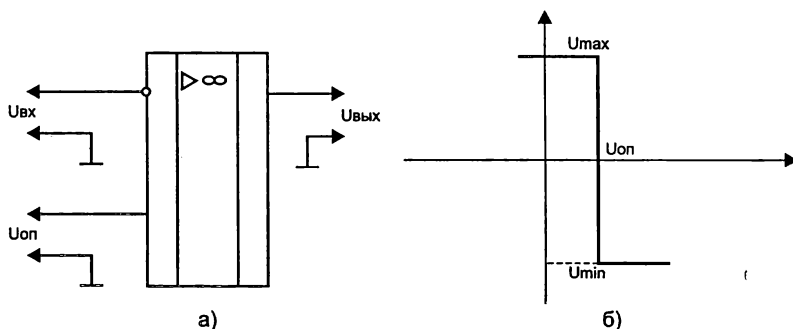
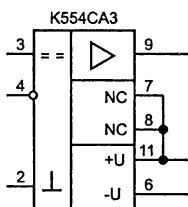


Рис. 1.15. Использование ОУ в компараторе напряжений:

*a* — принципиальная схема; *б* — передаточная характеристика



**Рис. 1.16.**  
Интегральный  
компаратор

В различных устройствах, описанных в этой книге (регулятор температуры, стабилизированный регулятор мощности и др.), в качестве компаратора напряжения широко применяется специализированная микросхема — K554CA3 (рис. 1.16). Интегральный компаратор K554CA3 имеет открытый коллекторный выход, рассчитанный на подключение нагрузки током до 50 мА. Выходной транзистор открыт (т. е. на выходе компаратора при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы компаратора. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня. Компаратор этого типа допускает питание как двухполярным напряжением, так и однополярным. Во втором случае «минус» источника питания подключается к соединенным вместе выводам 2 и 6.

Существуют микросхемы, которые занимают промежуточное положение между аналоговыми и цифровыми микросхемами. К их числу, например, относится триггер Шмитта.

Триггером Шмитта называют пороговое устройство, выходное напряжение которого может принимать одно из двух значений (высокий или низкий уровень) под воздействием аналогового или цифрового входного сигнала (рис. 1.17, а). Триггер Шмитта представляет собой усилитель, охваченный положительной обратной связью. Передаточная характеристика триггера Шмитта показана на рис. 1.17, б. Если входное напряжение триггера  $U_{\text{вх}} = 0$  (точка А), то выходное напряжение  $U_{\text{вых}} > 2,4$  В (напряжение высокого уровня ТТЛ). При повышении  $U_{\text{вх}}$  до 1,7 В выходное напряжение скачкообразно уменьшается (переходит от точки Б к В, где  $U_{\text{вых}} < 0,4$  В, т. е. напряжение низкого уровня). Такое входное напряжение называют напряжением срабатывания  $U_{\text{сраб}}$ . Если входное напряжение теперь постепенно уменьшать (от точки Г к В и ниже), то при  $U_{\text{вх}} = 0,9$  В выходное напряжение скачкообразно изменится от низкого уровня к высокому (линия Д—Е). Это входное напряжение называют напряжением отпускания  $U_{\text{отп}}$ . Разницу между напряжениями срабатывания и отпускания называют гистерезисом триггера;  $U_{\text{г}} = 0,8$  В. Рассмотренный триггер Шмитта, входящий в состав микросхемы K155ТЛ1, инверти-

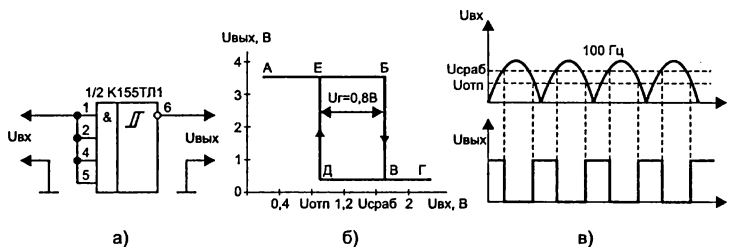


Рис. 1.17. Триггер Шмитта К155ТЛ1:

*а* — условное обозначение; *б* — передаточная характеристика;  
*в* — временная диаграмма работы при воздействии  
 пульсирующего входного сигнала

рует входной сигнал. Часто триггер Шмитта используют для формирования прямоугольных импульсов из сигнала произвольной формы. На рис. 1.17, *в* показана временная диаграмма работы триггера при воздействии на него входного пульсирующего сигнала. Таким образом, триггер Шмитта формирует из любого входного сигнала прямоугольные импульсы с крутыми фронтами, которые можно подавать на счетчики, регистры и прочие устройства цифровой техники. Хотя триггер Шмитта преобразует аналоговые сигналы в цифровые, условно его относят к аналоговым устройствам.

В серии КМОП-логики также есть триггер Шмитта — это микросхема К561ТЛ1 (зарубежный аналог — DV4093BN). Работа этого триггера аналогична рассмотренному выше (с соответствующей поправкой на уровни напряжения).

Большими возможностями обладает микросхема интегрального таймера КР1006ВИ1 (рис. 1.18). В состав таймера входят два прецизионных компаратора высокого (DA1) и низкого (DA2) уровней, асинхронный RS-триггер DD1, мощный выходной каскад на транзисторах VT1 и VT2, разрядный транзистор VT3, прецизионный делитель напряжения R1R2R3. Сопротивления резисторов R1—R3 равны между собой.

Таймер содержит два основных входа: вход запуска (вывод 2) и пороговый вход (вывод 6). На этих входах происходит сравнение внешних напряжений с эталонными значениями, составляющими для указанных входов соответственно  $1/3 U_{\text{пит}}$  и  $2/3 U_{\text{пит}}$ . Если на входе  $U_{\text{пор}}$  действует напряжение меньше  $2/3 U_{\text{пит}}$ , то уменьшение напря-



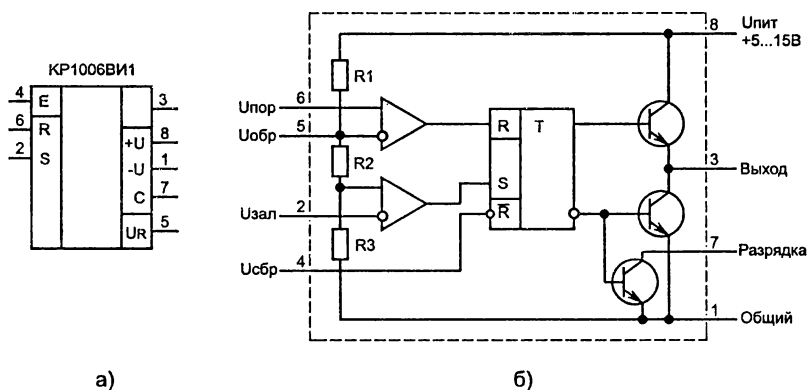


Рис. 1.18. Интегральный таймер KP1006BVI1:

*a* — условное графическое обозначение; *б* — функциональная схема

жения на входе  $U_{\text{зап}}$  до значения, меньшего  $1/3 U_{\text{пит}}$ , приведет к установке таймера в состояние, когда на выходе (вывод 3) имеется напряжение высокого уровня. При этом последующее повышение напряжения на входе  $U_{\text{зап}}$  до значения  $1/3 U_{\text{пит}}$  и выше не изменит состояния таймера. Если затем повысить напряжение на выходе  $U_{\text{пор}}$  до значения больше  $2/3 U_{\text{пит}}$ , то сработает триггер DD1, и на выходе таймера установится напряжение низкого уровня, которое будет сохраняться при любых последующих изменениях напряжения на входе  $U_{\text{пор}}$ . Этот режим работы микросхемы обычно используют при построении реле времени, ждущих мультивибраторов. При этом вход  $U_{\text{пор}}$  подключают к одной из обкладок конденсатора времязадающей цепи, а по входу  $U_{\text{зап}}$  производят запуск таймера подачей короткого импульса отрицательной полярности. Если необходимо создать автоколебательный мультивибратор, то оба входа объединяют. Транзистор VT3 служит для разрядки времязадающего конденсатора. При появлении напряжения высокого уровня на выводе 3 этот транзистор открывается и соединяет обкладку конденсатора с общим проводом.

Если на запускающем входе напряжение не превышает  $1/3 U_{\text{пит}}$ , то повышение напряжения на входе  $U_{\text{пор}}$  выше  $2/3 U_{\text{пит}}$  приведет к появлению низкого напряжения на выходе таймера, а понижение напряжения на этом входе ниже  $2/3 U_{\text{пит}}$  установит высокое напряжение на выходе. Таким образом, в данном случае таймер работает как обыч-

ный компаратор и может быть использован в устройствах регулирования температуры, автоматического включения освещения и др.

Если на входе  $U_{\text{пор}}$  напряжение превышает  $2/3 U_{\text{пит}}$ , то на выходе таймера будет низкое напряжение независимо от значения напряжения на входе  $U_{\text{зав}}$ . В заключение следует отметить, что напряжение питания таймера может находиться в пределах 5...15 В. Максимальный выходной ток равен 100 мА. Это позволяет использовать в качестве нагрузки электромагнитное реле. Вывод 5 служит для контроля значения образцового напряжения, а также для возможного изменения его значения путем подключения внешних резисторов. Для уменьшения возможного действия помех этот вход обычно соединяют с общим проводом через конденсатор емкостью 0,01...0,1 мкФ. Вход  $U_{\text{сбр}}$  позволяет устанавливать на выходе низкое напряжение независимо от сигналов на остальных входах.

Особенности работы цифровых и аналоговых микросхем другого функционального назначения будут рассмотрены в книге применительно к каждому конкретному случаю отдельно.

А теперь — несколько **советов по монтажу** интегральных микросхем.

1. Во время пайки нельзя перегревать корпус микросхемы. Для этого следует использовать припой с температурой плавления не более 260 °С, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт, длительность пайки одного вывода — не более 5 с, а промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы должен быть не менее полминуты. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., затем второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй и т. д. Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать в промежуток между пайками.

Чтобы пайка была качественной и происходила быстро, следует пользоваться флюсами. Наиболее распространенным является спирто-канифольный флюс, содержащий 15...20% весовых частей сосновой канифоли и 80...85% этилового спирта. Однако более эффективен радиомонтажный нейтральный флюс ЛТИ-120. Для пайки радиокомпонентов следует использовать только нейтральные флюсы, т. е. не содержащие в своем составе кислот, которые могут привести к коррозии печатных проводников и выводов радиоэлементов.

Микросхемы КМОП могут быть выведены из строя разрядом статического электричества, основным источником которого является человек. Чтобы этого не случилось, жало паяльника и руки радио-монтажника необходимо заземлять.

2. Монтаж микросхем может быть выполнен печатным способом, проводами или комбинированным способом.

При пайке проводами удобно использовать многожильный провод в тугоплавкой изоляции типа МГТФ 0,07...0,12 мм<sup>2</sup> или одножильный луженый провод 0,25...0,35 мм<sup>2</sup> также в тугоплавкой изоляции. Сначала на вывод микросхемы наматывают 1—1,5 витка провода, а затем производят пайку. Этот способ хорош тем, что позволяет неоднократно производить перепайки проводов, а такая необходимость может возникнуть в процессе наладки устройства.

Печатный монтаж микросхем следует применять тогда, когда есть уверенность, что схема работоспособна, а также при изготовлении нескольких одинаковых устройств на одинаковых платах. Печатные платы могут иметь одно- и двустороннее расположение печатных проводников. Для многих устройств, описанных в книге, приведены рисунки печатных плат.

При комбинированном способе монтажа микросхемы припаивают к контактным площадкам, а в другие отверстия контактных площадок впаивают проволочные проводники. На рис. 1.19 показан чертеж печатной платы для комбинированного монтажа микросхем. В радиолюбительской среде такая плата называется «слепышом». В дальнейшем мы будем ссылаться на эту печатную плату. На плате можно установить микросхемы в DIP-корпусах с 14, 16 и 24 и любым другим количеством выводов. Такую плату можно изготовить, не прибегая к травлению медной фольги, а прорезав разделительные полосы с помощью ножа. На рис. 1.20 в качестве примера показано расположение на «слепыше» 35 корпусов 16-выводных микросхем. Однако на практике микросхемы занимают обычно не более половины площади платы, а на остальной части устанавливают навесные элементы — транзисторы, диоды, оптопары, конденсаторы, резисторы и пр.

На плате имеются отверстия для установки вилки соединителя ГРПМ1-61 с целью подключения элементов платы к внешним устройствам. Каждый вывод микросхемы, как видно из рисунка, впаивают в отверстие контактной площадки. В два других отверстия впаи-

вают выводы радиоэлементов или проводники, соединяющие между собой микросхемы. Со стороны печатных проводников располагаются микросхемы и прочие элементы, а с противоположной стороны — монтажные провода. Для облегчения поиска отверстий, куда следует вставлять провода, со стороны элементов в соответствующие отверстия удобно вставлять иголки с колечком — при повороте платы на противоположную сторону такие иголки будут очень хорошо видны. Целесообразно изготовить несколько таких печатных плат и вести на них монтаж различных конструкций.

Если монтаж ведется многожильным монтажным проводом, то защищенные концы провода должны быть облужены — тогда они не распадаются на отдельные жилы, соединение будет иметь достаточную механическую прочность и минимальное электрическое сопротивление.

3. Неиспользуемые выводы логических элементов И, И-НЕ микросхем ТТЛ следует объединять в группы по 10 шт. и подключать к плюсовой шине питания через резистор 1...1,5 кОм; неиспользуемые выводы микросхем КМОП можно непосредственно подключать к плюсовой шине. Для логических элементов ИЛИ, ИЛИ-НЕ неиспользуемые входы должны подключаться к общему проводу.

4. Для улучшения помехозащищенности между шинами питания следует устанавливать конденсаторы типов КМ-5, КМ-6, К10-7, К10-17, К10-23, К73-17 емкостью 0,1...0,047 мкФ из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. Особое внимание следует уделять обеспечению помехоустойчивости устройств, имеющих в своем составе микросхемы памяти — триггеры, счетчики и т. п.

5. Соединительные провода должны иметь длину не более 20...30 см. Если же требуется передать сигнал на большее расстояние, используют так называемые витые пары. Два провода скручивают вместе, по одному из них подается сигнал, а второй заземляют (соединяют с общим проводом) с обоих концов. Целесообразно также оба конца сигнального провода подключить к плюсовой шине через резисторы 1 кОм (для ТТЛ-микросхем) или 100 кОм (для КМОП-микросхем). В этом случае длина проводов витой пары может достигать 1,5...2 м.

6. При проверке работоспособности устройств, выполненных на печатных платах, следует пользоваться щупами с острыми наконечниками. Проще всего такой щуп сделать из стержня шариковой руч-



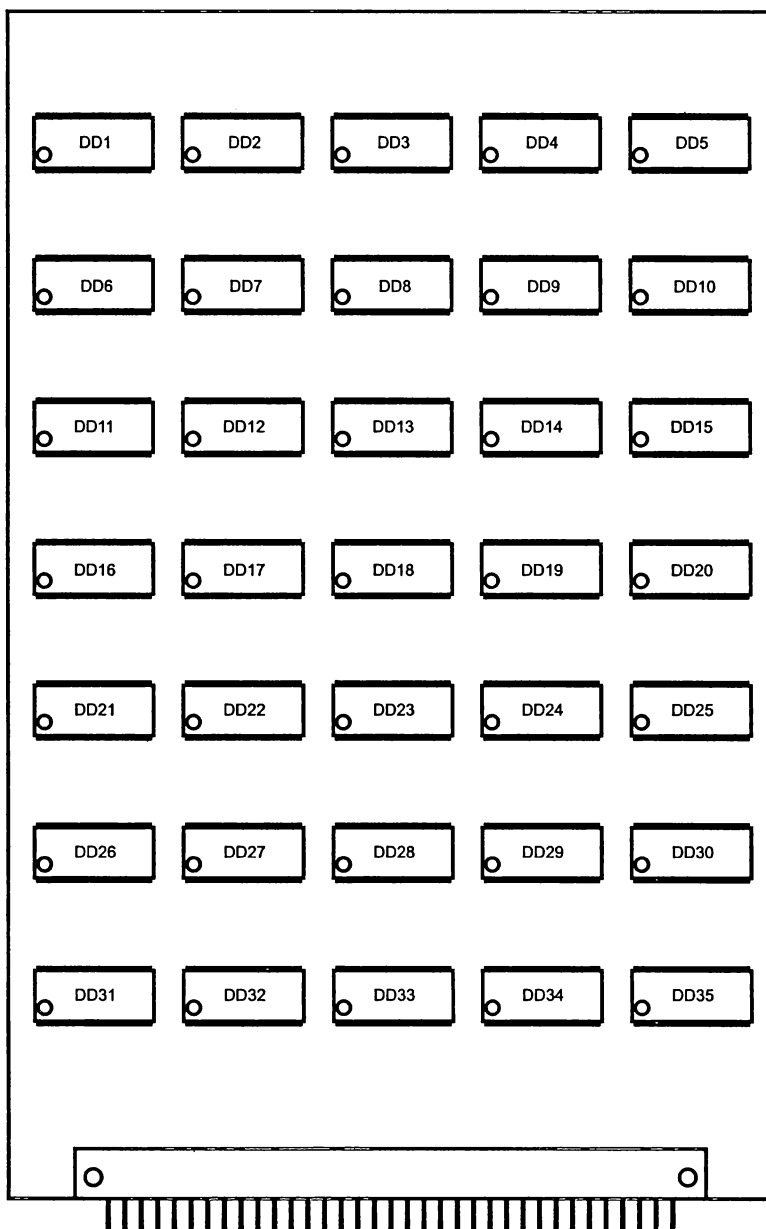


Рис. 1.20. Пример установки микросхем серий K555, K561 и им подобных на универсальной печатной плате

ки. Пишущий узел отделяют от пластмассовой трубки, вынимают шарик и промывают узел ацетоном. В освободившееся от шарика отверстие вставляют швейную иглу подходящего диаметра и длины и припаивают к пишущему узлу. К ушку иглы припаивают отрезок монтажного провода, а затем на пишущий узел с иглой одевают ранее снятую пластмассовую трубку. Получившуюся конструкцию вставляют в корпус шариковой ручки, просверлив предварительно в колпачке отверстие для провода.

7. Обычно выводы радиоэлементов окисляются, и их пайка в печатную плату представляет некоторую проблему. Чаще всего окисляются выводы постоянных резисторов и конденсаторов. Для зачистки окислившихся выводов удобно пользоваться ученическим ластиком (резинкой) красного цвета.

8. Определенную трудность представляет замена вышедших из строя микросхем и других многоконтактных элементов. Для упрощения процесса можно использовать иглу от шприца, у которой скос обрезают, а края обтачивают на мелком абразивном круге. Расплавив жалом паяльника припой, на вывод демонтируемого элемента надевают иглу и, постоянно вращая ее, дожидаются застывания припоя, после чего иглу вынимают. Так же поступают со всеми выводами, после чего элемент вынимают из платы.

Другой способ демонтажа состоит в удалении излишков припоя около выводов. Для этого можно использовать паяльник с отсосом припоя (в последнее время такой инструмент имеется в продаже) либо удалять излишки припоя, используя какой-либо впитывающий материал. Удобно для этого использовать оплетку экранированного провода. После демонтажа следует прочистить освободившиеся отверстия. Для этого вновь прогревают паяльником остатки припоя и вставляют в отверстие остро заточенную деревянную палочку (удобно использовать зубочистку).

9. Чтобы как можно реже прибегать к процедуре демонтажа микросхем, следует пользоваться панельками, откуда вышедшая из строя микросхема может быть легко изъята и заменена на новую.

Более подробные сведения о применении микросхем можно получить в литературе [1—8].

## **Глава 2.**

# **Любительская телефония**

### **2.1. Современный телефон и прибор для проверки телефонных аппаратов**

*Телефонные аппараты*, работающие в современных телефонных сетях, включают в себя следующие обязательные элементы: микрофон и телефон, объединенные в микротелефонную трубку, вызывное устройство, трансформатор, разделительный конденсатор, номеронабиратель, рычажный переключатель. На принципиальных электрических схемах телефонный аппарат обозначают буквой Е.

Кратко рассмотрим назначение основных элементов телефонного аппарата.

*Микрофон* служит для преобразования звуковых колебаний речи в электрический сигнал звуковой частоты. Микрофоны могут быть угольными, конденсаторными, электродинамическими, электромагнитными, пьезоэлектрическими. Их можно классифицировать на активные и пассивные. Активные микрофоны непосредственно преобразуют звуковую энергию в электрическую. В пассивных же микрофонах звуковая энергия преобразуется в изменение какого-либо параметра (чаще всего — емкости и сопротивления). Для работы такого микрофона обязательно требуется вспомогательный источник питания.

В массовых телефонных аппаратах применяют, как правило, угольные микрофоны, в которых под действием звуковых волн изменяется электрическое сопротивление угольного порошка, находящегося под мембраной. Наиболее широко используют микрофонные капсулы типов МК-10, МК-16, обладающие достаточно высокой чувствительностью (в описываемых устройствах применены в основном угольные микрофоны). На принципиальных схемах микрофон обозначают латинскими буквами ВМ.

Следует отметить, что в последнее время ряд телефонных аппаратов оснащают также конденсаторными электретными микрофонами типов МКЭ-3, КМ-4, КМ-7.



*Телефоном* называют прибор, предназначенный для преобразования электрических сигналов в звуковые и рассчитанный для работы вблизи уха человека. В зависимости от конструктивных особенностей телефоны подразделяют на электромагнитные, электродинамические, с дифференциальной магнитной системой и пьезоэлектрические. В телефонных аппаратах наибольшее распространение получили телефоны электромагнитного типа. В таких телефонах катушки закреплены неподвижно. Под действием протекающего в катушках тока возникает переменное магнитное поле, приводящее в движение подвижную мембрану, которая и излучает звуковые колебания. В современных телефонных аппаратах применяют телефонные капсюли типа ТК-67, а в аппаратах устаревших конструкций — также ТК-47 и ТА-4.

Полоса рабочих частот для микрофонов и телефонов, используемых в телефонных аппаратах, составляет примерно 300...3500 Гц. На принципиальных схемах телефон обозначают латинскими буквами ВF.

Для удобства пользования микрофон и телефон объединены в *микротелефонной трубке*.

*Вызывное устройство* служит для преобразования вызывного сигнала переменного тока в звуковой сигнал. Применяют электромагнитные или электронные вызывные устройства. Первое из них представляет собой одно- или двухкатушечный звонок. Звуковой сигнал образуется в результате удара бойка о звонковые чашки. Протекающий в катушках ток частотой 16...50 Гц создает переменное магнитное поле, которое приводит в движение якорь с бойком. Как правило, в телефонных звонках используют постоянные магниты, создающие определенную полярность магнитопровода, поэтому такие звонки называют поляризованными. Сопротивление обмоток звонка постоянному току составляет 1,5...3 кОм, рабочее напряжение 30...50 В. На принципиальных схемах звонок обозначают латинскими буквами НА.

*Электронное вызывное устройство* преобразует вызывной сигнал в звуковой тональный сигнал, который может имитировать, например, пение птицы. В качестве акустического излучателя при этом используют телефон или пьезоэлектрический вызывной прибор ВП-1. Такие вызывные устройства применяют, например, в совре-

менных телефонных аппаратах ТА-1131 «Лана», ТА-1165 «Стелла» и др. Электронные вызывные устройства выполняют на транзисторах и микросхемах.

*Трансформатор* телефонного аппарата предназначен для связи отдельных элементов разговорной части и для согласования их сопротивлений с входным сопротивлением абонентской линии. Он, кроме того, позволяет устранять так называемый местный эффект, о чем будет сказано ниже. Трансформаторы изготавливают с отдельными обмотками или в виде автотрансформаторов.

*Разделительный конденсатор* служит элементом подключения вызывного устройства к абонентской линии в режиме ожидания и приема вызова. При этом обеспечивается практически бесконечно большое сопротивление телефонного аппарата постоянному току и малое сопротивление — переменному. В телефонных аппаратах применяют разделительные конденсаторы типов МБМ, К73-17 емкостью 0,25...1 мкФ и на номинальное напряжение 160...250 В.

*Номеронабиратель* обеспечивает подачу импульсов набора номера в абонентскую линию с целью установления требуемого соединения. В современных телефонных аппаратах применяют механические и электронные номеронабиратели. Дисковый механический номеронабиратель имеет диск с десятью отверстиями. При вращении диска по часовой стрелке заводится пружина механизма номеронабирателя. После отпускания диска он вращается в обратную сторону под действием пружины, при этом происходит периодическое замыкание контактов, коммутирующих абонентскую линию. Необходимая скорость и равномерность вращения диска достигаются наличием центробежного регулятора или фрикционного механизма. Формирование импульсов при свободном движении диска обеспечивает их стабильную частоту и необходимый интервал между импульсными послылками, соответствующими двум соседним цифрам набираемого номера. Необходимый интервал обеспечивается благодаря тому, что число замыканий импульсных контактов всегда выбирается на одно-два больше, чем требуется подать импульсов в линию. Этим обеспечивается гарантированная пауза между пачками импульсов (0,2...0,8 с). При этом указанные лишние импульсы в линию не поступают, поскольку в это время импульсные контакты шунтируются одной из групп контактов номеронабирателя. Имеются также кон-

такты, замыкающие телефон при наборе номера, чтобы исключить неприятные щелчки. Частота импульсов, формируемых номеронабирателем, должна составлять  $(10+1)$  имп/с. Число проводов, соединяющих номеронабиратель с другими элементами телефонного аппарата, может быть 3—5.

Электронные номеронабиратели, которыми комплектуются многие современные телефонные аппараты (например, серии «Спектр» — ТА-1152, ТА-51160, серии «Электроника» — ТА-7, ТА-8, ТА-101), выполнены на интегральных микросхемах и транзисторах. Набор номера осуществляют нажатием кнопок клавиатуры — так называемой тастатуры. Поскольку скорость нажатия кнопок может быть сколь угодно большой, в среднем на наборе одной цифры номера экономится 0,5 с. Кроме того, тастатурные номеронабиратели предоставляют пользователям различные удобства, экономящие время: запоминание последнего набранного номера, возможность запоминания нескольких десятков номеров и др. Питание электронных номеронабирателей осуществляется, как правило, от абонентской линии.

В 1970 г. была изобретен новый способ набора номера — частотный, или тональный. Нажатие каждой кнопки клавиатуры генерирует двухчастотный сигнал. Всего частот — 8 (в диапазоне от 697 до 1633 Гц), а число возможных комбинаций из них — 16. Главное преимущество частотного набора перед импульсным — более высокая скорость набора. При частотном наборе максимальная скорость составляет 7 цифр в секунду, что почти в десять раз выше, чем скорость импульсного набора.

*Рычажный переключатель* обеспечивает подключение к абонентской линии вызывного устройства телефонного аппарата в нерабочем состоянии (микротелефонная трубка лежит) и разговорных цепей или номеронабирателя в рабочем состоянии (трубка снята). Рычажный переключатель представляет собой группы из нескольких переключающих контактов, срабатывающих при снятии телефонной трубки.

Кроме перечисленных элементов в состав телефонного аппарата входят также резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, образующие разговорную цепь аппарата.

Рассмотрим устройство телефонного аппарата (ТА) в целом.

При работе телефонного аппарата в разговорном режиме возникает местный эффект, т. е. прослушивание собственной речи в теле-

фоне аппарата. Местный эффект объясняется тем, что ток, протекающий через микрофон, поступает не только в абонентскую линию, но и в собственный телефон. Для устранения этого нежелательного явления в современных телефонных аппаратах используют специальные устройства.

Существуют различные типы подобных устройств. Рассмотрим одно из них — противоместное устройство мостового типа (рис. 2.1). Микрофон  $BM1$ , телефон  $BF1$ , балансный контур  $Z_6$  и линия  $Z_{\text{л}}$  связаны между собой обмотками трансформатора  $T1$ : линейной I, балансной II и телефонной III. Во время разговора, когда сопротивление микрофона изменяется, разговорные токи звуковой частоты протекают по двум цепям: линейной и балансной. Из схемы видно, что токи, протекающие через обмотки I и II, суммируются с противоположными знаками, поэтому ток в обмотке III будет отсутствовать в том случае, если токи в линейной и балансной обмотках равны по величине. Это достигается соответствующим выбором элементов балансного контура  $Z_6$ , параметры которого зависят от параметров линии  $Z_{\text{л}}$ . Сопротивление линии содержит активную и емкостную составляющие, поэтому балансный контур выполняют из резисторов и конденсаторов.

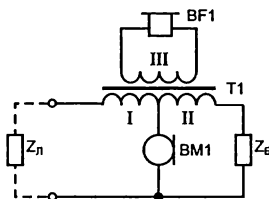


Рис. 2.1. Функциональная схема телефонного аппарата с противоместным эффектом

Полное устранение местного эффекта достигается только на одной определенной частоте и определенных параметрах линии, что в реальных условиях невыполнимо, поскольку речевой сигнал содержит широкий спектр частот, а параметры линии изменяются в широких пределах (зависят от удаленности абонента от АТС, переходных сопротивлений, емкостей в кабелях и др.), поэтому на практике местный эффект не уничтожается полностью, а только ослабляется.

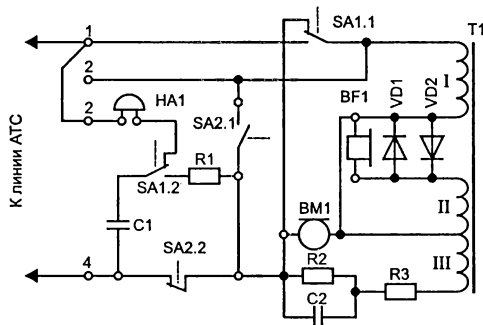


Рис. 2.2. Схема телефонного аппарата ТА-72М-5

Рассмотрим схему телефонного аппарата ТА-72М-5 (рис. 2.2), предназначенного для работы в городских сетях. Его коммутационно-вызывную часть образуют рычажный переключатель SA1, звонок HA1, разделительный конденсатор C1 и номеронабиратель SA2. Разговорная часть телефонного аппарата состоит из телефона BF1, микрофона BM1, трансформатора T1, балансного контура (конденсаторы C1 и C2, резисторы R1—R3) и ограничительных диодов VD1, VD2. Разговорная часть выполнена по противоместной схеме мостового типа.

В исходном состоянии контактов рычажного переключателя SA1 и номеронабирателя SA2, показанном на схеме, к линии подключены последовательно соединенные между собой звонок HA1 и конденсатор C1, а разговорная часть отключена. При появлении вызывного напряжения на зажимах 1 и 4 телефонного аппарата ток протекает по цепи: зажим 1 — перемычка — зажим 3 — обмотка звонка — нормально замкнутые контакты SA1.2 рычажного переключателя — конденсатор C1 — зажим 4. (Направление тока выбрано условно — с таким же успехом его можно было бы считать протекающим от зажима 4 к зажиму 1.) Услышав звонок, абонент снимает трубку. При этом контакты SA1.1 и SA1.2 переключаются в другое положение, отключая вызывную цепь и подключая к линии разговорную цепь. Сопротивление постоянному току между зажимами 1 и 4 изменяется от очень большого (сотни килоом — мегомы) до относительно малого (сотни Ом), это фиксируется приборами телефонной станции, и они переключаются в разговорный режим.

При наборе номера контакты SA2.1 номеронабирателя находятся в замкнутом состоянии во время прямого и возвратного вращения диска, что обеспечивает шунтирование разговорной цепи и исключает прослушивание щелчков в телефоне. При возвратном вращении диска номеронабирателя контакты SA2.2 разрывают линейную цепь, и приборы станции по числу таких размыканий фиксируют номер вызываемого абонента.

Диоды VD1 и VD2 ограничивают выбросы напряжения на обмотках телефона и исключают резкие звуки, неприятные для уха.

Четкость работы абонентских реле и шагового искателя на АТС зависит от времени размыкания контактов номеронабирателя, которое не должно превышать 0,1 с. Поэтому параметры номеронабирателей телефонных аппаратов должны соответствовать следующим требованиям:

- 1) частота импульсов номеронабирателя 10+1 имп/с;
- 2) период повторения импульсов 0,95...0,105 с;
- 3) пауза между сериями импульсов не менее 0,64 с;
- 4) отношение времени размыкания к времени замыкания импульсного контакта номеронабирателя, называемое импульсным коэффициентом, в зависимости от типа АТС 1,3...1,9.

Центральная батарея АТС осуществляет питание линий абонентов постоянным напряжением  $U_{\text{пит}} = 60$  В. При снятии трубки телефонного аппарата линия АТС оказывается нагруженной на внутреннее сопротивление телефонного аппарата, в результате напряжение на зажимах линии падает до 10...20 В (в зависимости от удаленности абонента от АТС и типа применяемого аппарата). Внутреннее сопротивление телефонного аппарата при снятой трубке может составлять 200...800 Ом, а рабочий (разговорный) ток через аппарат — 20...40 мА. Приведенное к гнездам абонента сопротивление АТС, которое включает сопротивления линии, обмоток реле АТС и внутреннее сопротивление центральной батареи, может составлять от 600 Ом до 2 кОм.

Для телефонного аппарата с дисковым номеронабирателем набор номера абонента осуществляется следующим образом: при вращении диска по часовой стрелке до пальцевого упора контакты номеронабирателя замыкают линию, а при возвратном вращении линия размыкается такое число раз, которое соответствует набранной цифре.

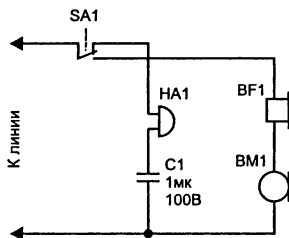


Рис. 2.3. Схема самодельного телефонного аппарата

В качестве вызывного сигнала на АТС используется переменное напряжение 80...120 В частотой 16...30 Гц.

В устройствах телефонной связи, которые описаны в этой книге, можно использовать выпускаемые промышленностью телефонные аппараты как с номеронабирателем (ТА-68, ТА-72М-5, ТА-1146 и др.), так и без него (ТА-68ЦБ-2 и другие аналогичные). Телефонные аппараты без номеронабирателя годятся для переговорных устройств. Если в распоряжении радиолюбителя имеется телефонный аппарат, у которого исправны лишь трубка и звонок, его также можно использовать. В этом случае соединение элементов осуществляют в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.3. Конденсатор С1 — типа К73-17, МБМ, МБГО. Следует отметить, что в таком телефонном аппарате в полной мере будет проявляться местный эффект, но ради простоты можно несколько поступиться удобством.

### Советы по ремонту телефонных аппаратов

Телефонный аппарат — прибор, рассчитанный на работу в течение длительного времени. Во время срока эксплуатации практически в любом телефонном аппарате могут проявиться дефекты. В большинстве случаев их можно устранить самому, о чем и пойдет речь ниже.

В аппаратах, имеющих номеронабиратель и рычажный переключатель с механическими контактами, загрязнение или деформация таких контактов являются наиболее частыми причинами неисправностей и приводят к неудовлетворительной работе аппарата или даже к его полной неработоспособности. Если при снятии трубки аппарата не прослушивается сигнал ответа АТС, следует прежде всего обра-

тить внимание на контакты рычажного переключателя. В этом случае необходимо проверить омметром сопротивление электрического контакта, которое должно составлять доли ома. Причинами плохого контакта могут быть деформация контактов рычажного переключателя или их загрязнение (окисление). В первом случае с помощью пинцета контакты аккуратно подгибают, во втором случае необходимо контакты промыть спиртом и обезжирить. Применять для чистки контактов шлифовальную шкурку, даже мелкоабразивную, не следует, поскольку можно нарушить серебряное покрытие контактных площадок. Такие же мероприятия следует осуществить, если есть подозрение на плохую работу контактов номеронабирателя.

Иногда диск номеронабирателя вращается медленно и неравномерно, что приводит к неправильному набору цифр номера. Это происходит в результате загрязнения трущихся поверхностей механизма номеронабирателя, высыхания смазки, ослабления возвратной пружины, нарушения регулировки центробежного регулятора. Следует все трущиеся части промыть бензином или спиртом. Затем трущиеся части, за исключением деталей центробежного регулятора, необходимо смазать масляно-бензиновой смесью. Следует снять пальцевый диск и осмотреть возвратную пружину; при необходимости промыть бензином и подтянуть на 1...2 витка. Проверяют скорость работы механизма номеронабирателя: центробежный регулятор должен обеспечивать возврат диска после набора цифры «0» в исходное положение за 1 с, в противном случае следует аккуратно подрегулировать механизм номеронабирателя. Детали центробежного регулятора смазке не подлежат. В последнее время трущиеся детали номеронабирателей выполняют из тефлона и самосмазывающегося металлографита, и в дополнительной смазке детали таких номеронабирателей не нуждаются. Номеронабиратель является самой сложной деталью телефонного аппарата, и разбирать его можно только будучи уверенным, что сборку удастся осуществить в домашних условиях. Впрочем, аппараты с дисковым номеронабирателем медленно, но верно уходят в прошлое.

В клавишных номеронабирателях причиной плохой работы обычно является загрязнение контактов, что приводит к повышенному дребезгу контактов и неправильному набору цифр номера. Следует потоком воздуха удалить пыль из контактов, а затем промыть



спиртом печатные проводники, выполняющие функцию контактов; промыть спиртом необходимо также и ту часть кнопок, которая соприкасается при нажатии с печатной платой. Спирт следует наносить на ткань или кисть, которые не оставляют волос на протираемых поверхностях.

Очень часто повреждаются шнуры, соединяющие микротелефонную трубку с аппаратом и сам телефонный аппарат с розеткой АТС. В этом случае в трубке слышен сильный шорох и треск, либо не слышно ничего. Для поиска повреждения следует осторожно прощупать каждый сантиметр шнура, предварительно подключив омметр к концам провода. Обычно повреждение бывает в местах подключения шнуров к аппарату, трубке или к вилке. Поврежденный участок шнура вырезают, зачищают провода и подсоединяют к снятым с отрезанного шнура контактными лепесткам. Телефонные шнуры состоят из мишурных жил, изготовленных путем навивки узкой и тонкой медной ленты на шелковую нить, поэтому медные жилы нельзя припаивать к лепесткам. Контакт достигается путем обжатия медных жил лапками контактных лепестков.

Часто причиной шумов в телефоне микротелефонной трубки является неисправный угольный микрофон. Если микротелефонную трубку резко встряхнуть, помехи пропадают. Это может быть результатом частичного выгорания или недостачи угольного порошка. Для устранения дефекта можно попробовать слегка вдавить верхнюю крышку микрофона внутрь корпуса капсюля на 2...3 мм. Иногда для восстановления работоспособности микрофонного капсюля его достаточно просушить на батарее отопления в течение суток. А еще лучше заменить неисправный угольный микрофон новым.

Звонок телефонного аппарата и телефонный капсюль редко выходят из строя. Чтобы проверить их исправность, необходимо омметром измерить сопротивление их обмоток постоянному току. У звонка оно должно составлять 1,5...2,5 кОм, у телефонного капсюля — 60...70 Ом. Если звонок не звонит, следует проверить, подается ли вызывное напряжение на его обмотки. Если не подается, необходимо проверить надежность соединений, а также исправность конденсатора. Если напряжение поступает на обмотку звонка, а боек остается неподвижным, проверяют наличие зазора между чашками звонка и бойком. Для установки оптимального зазора 0,1...0,2 мм надо осла-

бить винты, крепящие чашки, и, поворачивая чашки вокруг оси, установить зазор, обеспечивающий мелодичное звучание. В случае необходимости следует также отрегулировать ход якоря, который должен составлять 0,3...0,5 мм. Что касается телефонного капсюля, то в ряде случаев его чувствительность можно повысить, перевернув мембрану другой стороной.

Иногда неисправность телефонного аппарата связана с нарушением контакта в печатном монтаже: либо плохая пайка, либо образование микротрещин в печатных проводниках. Последний дефект обычно возникает при падении телефонного аппарата, вблизи наиболее массивных деталей, установленных на печатной плате (трансформатора, рычажного переключателя и др.). Микротрещины обычно не видны невооруженным глазом, и обнаружить их можно с помощью омметра. После обнаружения зачищают печатный проводник по обе стороны трещины на 5...7 мм, лудят его, накладывают на проводник луженый многожильный провод сечением 0,07...0,15 мм<sup>2</sup> и тщательно пропаивают этот участок.

Современные телефонные аппараты содержат в своем составе значительное число элементов электронной техники. Поиск неисправностей следует вести, руководствуясь принципиальной схемой и здравым смыслом. Как правило, неисправными оказываются дискретные элементы либо обнаруживаются дефекты печатной платы, подводящих проводов и коммутирующих элементов. В практике автора, например, чаще других элементов неисправными оказывались оксидные конденсаторы типа К50-6 производства одного из заводов бывшего СССР (имел место обрыв внутри конденсатора).

Тем, кто желает более подробно изучить принципы работы телефонных аппаратов и организации телефонной связи, автор рекомендует ознакомиться с книгами [9, 10, 11].

## **Прибор для проверки телефонных аппаратов**

Каждому радиолюбителю время от времени приходится заниматься ремонтом телефонных аппаратов — своих и друзей. Обычно для проверки ремонтируемого аппарата его подключают к телефонной линии, что препятствует ее использованию по прямому назначе-

нию. Кроме того, это может привести к перегрузке и замыканию линии. Предлагаемое устройство, описанное в [12], позволит проверить и отремонтировать телефонный аппарат, не занимая линию. Оно может быть весьма полезно и в том случае, если радиолюбитель конструирует приставки к телефонным аппаратам и устройства телефонной связи, описанные в этой книге.

Схема прибора показана на рис. 2.4. Блок питания формирует напряжение +60 В для проверяемого телефонного аппарата (ТА), а также +9 В для питания микросхем и усилителя устройства. Обмотка IV трансформатора Т1 служит для питания вызывного блока. Усилитель на транзисторе VT5 предназначен для проверки разговорного узла ТА. Тональный генератор на логических элементах DD5.3, DD5.4 вырабатывает сигнал частотой 425 Гц для выдачи в линию. Индикатор HL1 показывает набираемые цифры.

При включении питания, если трубка проверяемого аппарата находится в исходном положении, высокий уровень напряжения с делителя R17R18 поступает через интегрирующую цепь R14C15 на вход логического элемента DD1.1. На его выходе также напряжение высокого уровня, транзистор VT1 открыт, на входы сброса всех микросхем поступают уровни напряжений, устанавливающие микросхемы в начальное состояние. Если устройство включено при поднятой трубке проверяемого ТА, то сброс осуществляется цепью R2C1.

После поднятия трубки ТА напряжение низкого уровня с делителя R17R18 запускает тональный генератор 425 Гц. При наборе любой цифры на проверяемом аппарате соответствующее число импульсов через логический элемент DD1.2 поступает на счетный вход СР счетчика DD3.1, а также на вход одновибратора на логическом элементе DD2.1 и на элемент DD5.1. Счетчик DD3.1 выдает четырехразрядный двоичный код на дешифратор DD4, одновибратор DD2.1 формирует импульс длительностью около 250 мс, а импульсы с элемента DD5.1 сбрасывают одновибратор DD2.2. Сигнал высокого уровня с выхода DD2.1 через диод VD12 запрещает работу генератора на логических элементах DD5.3, DD5.4.

Спадом этого импульса запускается одновибратор DD2.2, который формирует импульс длительностью 12...14 с для продолжения запрета работы генератора. В этот момент на инверсном выходе элемента DD2.2 имеется низкий уровень, поэтому конденсатор C12 за-

ряжается через резистор R9. Спустя 3 с на выходе элемента DD5.2 возникает высокий уровень, транзисторы VT3 и VT4 открываются, элемент «Н» индикатора HL1 загорается, сигнализируя о подаче напряжения питания на усилитель. Таким образом, время работы усилителя равно примерно 10 с, после чего устройство возвращается в исходное состояние и включается тональный генератор.

Теперь вернемся немного назад. После окончания серии импульсов с элемента DD1.2, равных по числу набранной цифре, спад импульса на выходе одновибратор DD2.1 одновременно переключает счетчик DD3.2. Высокий уровень с его выхода 1 через дифференцирующую цепь C4R7 подает импульс записи на регистр хранения преобразователя кода DD4, который, в свою очередь, выдает семисегментный код на индикатор HL1. По окончании зарядки конденсатора C3 высокий уровень с выхода элемента DD1.3 сбрасывает счетчики DD3.1 и DD3.2 в нулевое состояние, подготавливая их к подсчету следующей серии импульсов.

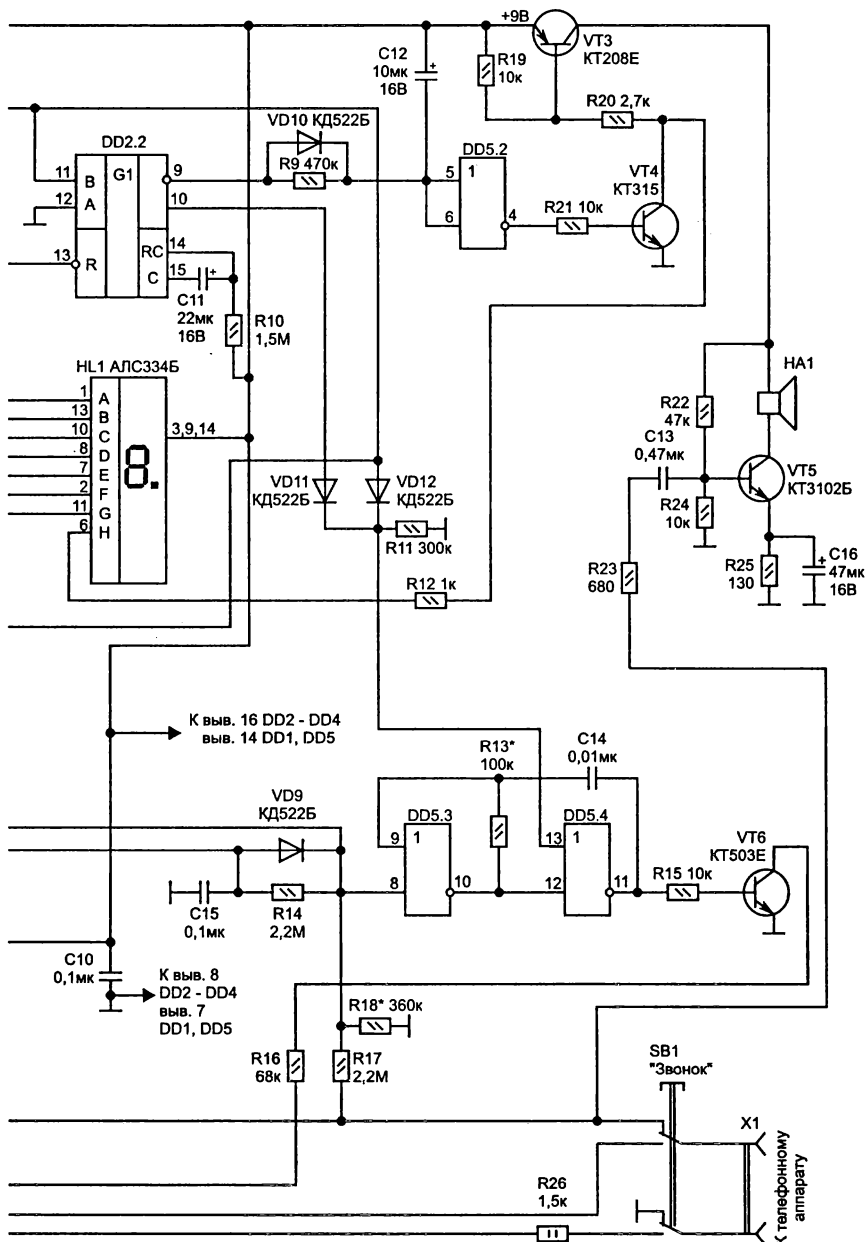
Если в какой-либо момент цикла работы устройства набрать с проверяемого аппарата любую цифру, импульсы с элемента DD1.2 произведут очередной запуск устройства, и все повторится заново.

При нажатии кнопки SB1 «Звонок» проверяемый ТА подключается к последовательно включенным обмоткам III и IV трансформатора T1 с суммарным напряжением около 72 В.

Цепь R14C15 служит для сброса устройства при нажатии рычажного переключателя проверяемого аппарата (режим «Отбой»). Диод VD9 предотвращает ложные сбросы во время набора цифры. Каскад на элементе DD1.2 не пропускает импульсы помех, возникающие при возможномдребезге контактов проверяемого ТА. Резистор R26 защищает телефонный аппарат от выхода из строя при случайном снятии трубки в момент подачи вызывного сигнала.

В качестве транзисторов VT2, VT3, помимо указанных на схеме, можно использовать любые из серий КТ208, КТ209, КТ502, КТ3107, а в качестве VT1 и VT4 подойдут любые маломощные структуры *n-p-n* (КТ503, КТ3102, КТ3117 с любыми буквами). Светодиодный индикатор — любого типа с общим анодом. Диоды VD1—VD4 должны быть с допустимым обратным напряжением не менее 30 В и током не менее 150 мА. Диоды VD5—VD8 должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 100 В. Вместо всех указанных дио-





дов можно применить диодные мосты типов КЦ405 с любыми буквами, а также КЦ407А. Излучатель НА1 — типа ТОН-2. Гнездо разъема Х1 — стандартная телефонная розетка. Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II — 130 витков провода ПЭВ-2 0,21; обмотка III — 450 витков провода ПЭВ-2 0,14; обмотка IV — 320 витков провода ПЭВ-2 0,14.

Налаживание устройства сводится к подбору резистора R13 до получения частоты генератора, равной 425 Гц, а также подбору резистора R18 до четкого и правильного определения количества поступивших импульсов набора номера.

## 2.2. Самодельная АТС на 10 номеров

Автоматическая телефонная станция предназначена для установления двухсторонней телефонной связи между двумя абонентами и может найти применение на небольших предприятиях, в офисах школах и пр.

Автоматическая телефонная станция обеспечивает:

- дуплексную (т. е. такую, когда два абонента могут говорить одновременно — в отличие от симплексной, когда абоненты могут разговаривать только поочередно) связь между любыми двумя абонентами из десяти, подключенными к АТС;
- контроль исправности линии исходящего соединения путем прослушивания в микротелефонной трубке звуковых сигналов;
- сигнализацию занятости приборов АТС путем подачи сигналов коротких гудков в линии абонентов, для которых соединение в данный момент невозможно;
- невозможность подключения других абонентов к ведущемуся разговору;
- установку всех приборов АТС в исходное состояние после возвращения всех микротелефонных трубок на аппараты.

Сопротивление шлейфа линий абонентов должно быть не более 1 кОм, что соответствует дальности связи до 3...5 км (1 км телефонного провода марки ТРП 2×0,4 имеет сопротивление около 270 Ом). Мощность, потребляемая от сети, не превышает 10 Вт.

Но прежде чем начать рассмотрение работы АТС, поясним сущность и назначение информационных сигналов, используемых в телефонии.

Информационные сигналы вырабатываются приборами станции и передаются в линию для извещения вызывающего абонента о процессе установления соединения, а также о том, свободна или занята соединительная линия и линия вызванного абонента. На станциях городских телефонных сетей применяют информационные сигналы, указанные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Наименование информационного сигнала, принятое в литературе	Наименование информационного сигнала, принятое в обиходе	Частота информационного сигнала	Периодичность подачи сигнала
Ответ станции	«Зуммер»	425 Гц	Непрерывный
Линия занята	«Короткие гудки»	425 Гц	Длительность 0,3...0,4 с, интервал 0,3...0,4 с
Контроль посылки вызова	«Длинные гудки»	425 Гц	Длительность 1 с, интервал 4 с

Все эти сигналы будут использованы в описываемой ниже АТС, а также переговорных устройствах телефонной связи.

На рис. 2.5 представлена структурная схема АТС. Телефонные аппараты соединены с абонентским узлом, в состав которого входят электромагнитные реле, обеспечивающие связь между двумя абонентами и отключающие на это время телефонные аппараты других абонентов. В узле сигналов и управления формируются импульсы набора номера, а также сигналы состояния линии — «непрерывный гу-

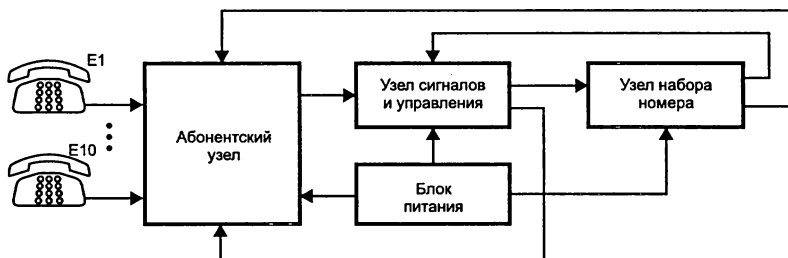


Рис. 2.5. Структурная схема АТС



док» при свободной линии и сигналы «занято» — если линия занята. Узел набора номера обеспечивает подсчет числа импульсов, поступивших от телефонного аппарата вызывающего абонента, и соединение абонентов. Блок питания обеспечивает приборы АТС постоянным и переменным напряжениями необходимой величины.

Рассмотрим работу АТС по ее принципиальной схеме, приведенной на рис. 2.6, и таблице состояний приборов АТС (табл. 2.2).

Когда первый абонент (владеющий аппаратом E1) желает поговорить с десятым абонентом (аппарат E10), он снимает трубку телефонного аппарата. При этом через сопротивление аппарата E1, резистор R40, нормально замкнутые контакты группы K1.1, диод VD36 и резисторы R38, R39 подается постоянное напряжение на базу транзистора VT8. После зарядки конденсатора C6 транзистор VT8 откроется. Сработает реле K23 и своими контактами K23.2 замкнет цепь питания реле K1—K22, а контактами K23.1 подаст напряжение низкого уровня на входы R микросхемы DD6 (выводы 7 и 15). Счетчик DD6.1 начнет работать, а счетчик DD6.2 будет подготовлен к работе.

Кроме того, при поднятой трубке аппарата E1 через аппарат, резистор R40, нормально замкнутые контакты K1.1, K12.1, резистор R18 и управляющий электрод тринистора VS2 начнет протекать постоянный ток. Тринистор откроется, и включенное в его анодную цепь реле K12 сработает. Протекающий через анодную цепь тринистора ток превышает ток удержания тринистора, поэтому реле останется включенным и после прекращения протекания тока через управляющий электрод (это произойдет после срабатывания реле K12).

Как только подвижный контакт группы K12.1 соединится с нижним по схеме контактом, потечет ток через управляющий электрод тринистора VS1. Сработает реле K11. При этом в телефонной трубке аппарата E1 будет слышен непрерывный сигнал частотой около 425 Гц «Ответ станции», означающий готовность АТС к набору номера вызываемого абонента. Этот сигнал поступает в линию связи через резистор R17 с коллектора транзистора VT5.

Рассмотрим подробнее, как формируются различные служебные сигналы. Генератор на логических элементах DD1.1, DD1.2 вырабатывает прямоугольные импульсы частотой около 425 Гц. Эта частота используется для формирования сигнала «Ответ станции», а также служит исходной для формирования сигналов «Занято» (короткие

**Таблица 2.2**

Номер режима работы		Состояния приборов АТС														
Название режима работы		Вых. DD1.2	Выв.14 DD5.2	Вых. DD1.3	Выв. 7,15 DD6	Выв. 12 DD7	Вых. DD2.1	Вых. DD2.2	Вых. DD1.4	Вых. DD4.3	Вых. DD4.5	K23	K12	K11	K10	K22
1	Исходное состояние	Импульсы напряжения частотой 450 Гц	Импульсы напряжения частотой 1,7 Гц	Сигналы «Занято» (короткие гудки)	1	9	1	1	450 Гц	0	1	0	0	0	0	0
2	Снята трубка аппарата Е1				0	0	1	1	450 Гц	0	1	1	1	0	0	
3	Набран номер Е10: а) линия связи исправна; б) линия связи неисправна				0	1	0,2 Гц	0	450×0,2 Гц (длинные гудки)	0,2 Гц	0,2 Гц	1	1	1	0	
4	Абонент Е10 снял трубку				0	1	0,2 Гц	1	1	0,2 Гц	0,2 Гц	1	1	1	1	1

Абоненты Е1, Е10 возвратили трубки в исходное состояние

Все приборы АТС возвращаются в исходное состояние

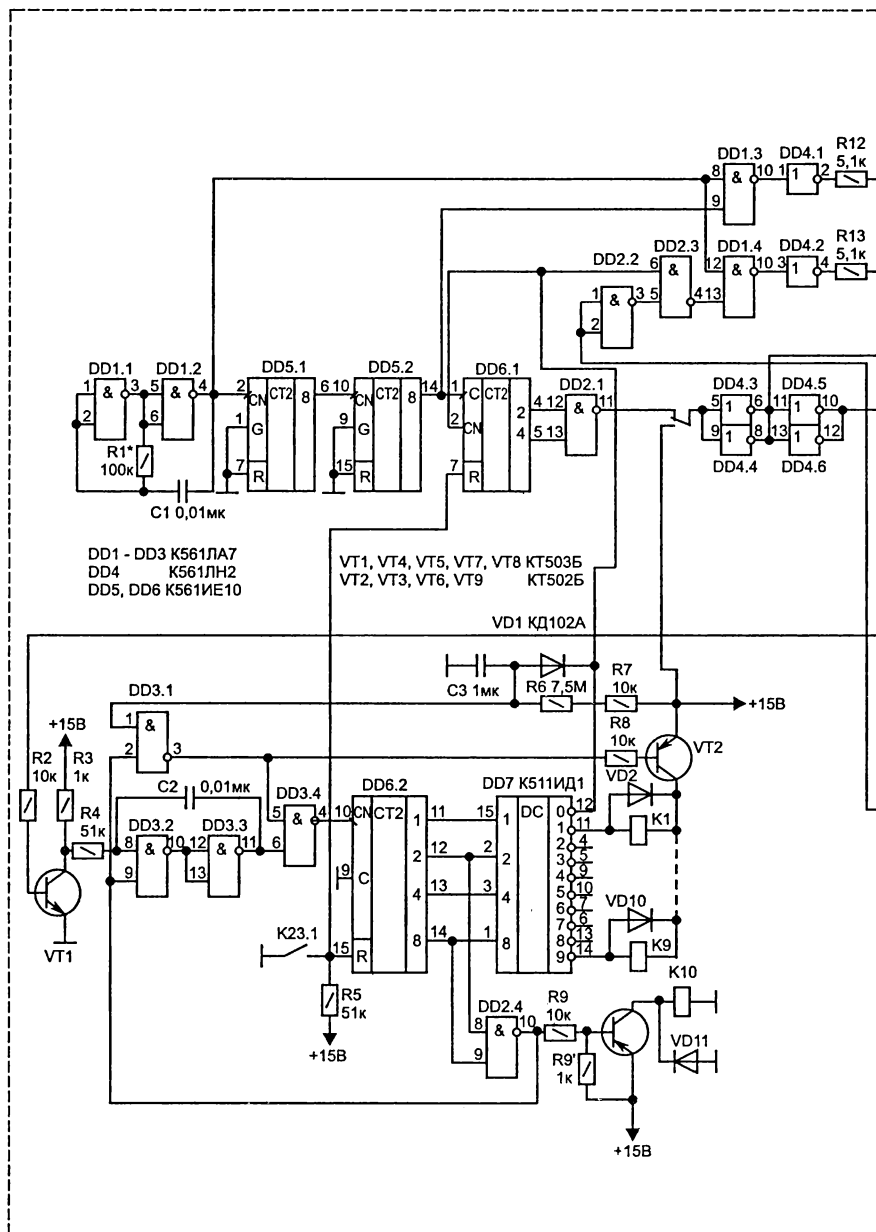


Рис. 2.6. Принципиальная схема АТС на десять абонентов



гудки) и «Контроль посылки вызова» (длинные гудки). Счетчики DD5.1 и DD5.2 делят исходную частоту на 256, и на выходе счетчика DD5.2 импульсы следуют с частотой около 1,7 Гц (скважность импульсов равна двум). Эти импульсы суммируются с сигналом 425 Гц в логическом элементе DD1.3, на выходе которого имеется сигнал «Занято». Через транзистор VT4 он поступает на катоды тринисторов VS2—VS11.

Счетчик DD6.1 также работает в режиме деления частоты. На его выходах 2 и 4 следуют импульсы с частотами соответственно около 0,4 и 0,2 Гц. Они подаются на логический элемент DD2.1, на выходе которого имеются импульсы частотой 0,2 Гц и скважностью, равной четырем. Но эти импульсы появляются только после замыкания контактов реле K23.1, соединяющих вход R счетчика DD6.1 с общим проводом, и подачи напряжения высокого уровня на вход E.

Итак, в микротелефонной трубке первый абонент слышит непрерывный сигнал «Ответ станции». Все остальные абоненты, если снимут трубку своего аппарата, услышат сигнал «Занято», который поступает в линии через замкнувшиеся контакты K11.1 и диоды VD27—VD35. Кроме того, контакты K11.1 и диоды VD26—VD35 выполняют и другую функцию: замыкают на общий провод цепи управляющих электродов тринисторов после снятия трубки одним из абонентов. Следовательно, после того, как абонент E1 снял трубку, реле K13—K21 сработать уже не смогут.

Услышав сигнал «Ответ станции», первый абонент набирает номер, например, десятого абонента — цифру «0». При возвратном вращении диска номеронабирателя ток в цепи базы транзистора VT1 прервется десять раз и столько же импульсов поступит с выхода формирователя (выхода логического элемента DD3.3) на вход элемента DD3.4, а поскольку на другом входе этого элемента имеется напряжение высокого уровня, все импульсы поступят на счетный вход E двоичного счетчика DD6.2. Формирователь выполнен на элементах DD3.2, DD3.3 по схеме ждущего мультивибратора и необходим для подавления импульсов дребезга, которые образуются при замыкании и размыкании контактов номеронабирателя. Выходы счетчика DD6.2 соединены со входами дешифратора-мультиплексора DD7, преобразующего двоичный код в позиционный десятичный. Непосредственно к выходам дешифратора, которые выполнены по схеме с открытым

коллектором, подключены электромагнитные реле К1—К9. Поскольку дешифратор не имеет выхода, соответствующего числу 10, для расшифровки соответствующего этому числу двоичного кода собрана цепь на логическом элементе DD2.4, резисторе R9 и транзисторе VT3.

После прихода первого импульса набора номера на выводе 12 микросхемы DD7 появится напряжение высокого уровня, а на выходе логического элемента DD2.3 установится напряжение низкого уровня. Через логический элемент DD1.4 прекратится подача непрерывного сигнала «Ответ станции» на базу транзистора VT5. Одновременно через резистор R6 начнется зарядка конденсатора C3.

Как только на вход счетчика DD6.2 поступит десять импульсов, на выходах 2 и 8 этого счетчика установится напряжение высокого уровня, а на выходе элемента DD2.4 — напряжение низкого уровня. Это вызовет открывание транзистора VT3 и срабатывание реле К10. Контакты К10.1 подключат один из проводов линии аппарата Е10 к резистору R37. Одновременно напряжение низкого уровня, поданное с выхода элемента DD2.4 на вывод 9 элемента DD3.2, заблокирует работу формирователя импульсов набора, и теперь через него не пройдут импульсы набора номера, которые могут образоваться от повторного произвольного поворота диска номеронабирателя первым абонентом; не пройдут также и возможные помехи, способные вызвать ошибку в наборе.

Если же набранный номер не превышает цифру 9, то на выходе элемента DD2.4 — напряжение высокого уровня, а блокировка прохождения импульсов осуществляется подачей напряжения низкого уровня на вывод 5 элемента DD3.4. Это происходит через 2...3 с после начала зарядки конденсатора C3, т. е. тогда, когда на выводе 1 элемента DD3.1 устанавливается напряжение высокого уровня.

Остановимся теперь на назначении транзистора VT2. Он необходим для обеспечения включения реле К1—К9 с задержкой. Если бы такой задержки не было, то при наборе, допустим, абонентом Е1 любого номера последовательно кратковременно срабатывали бы реле К1—К10; размыкание нормально замкнутых контактов К1.1 привело бы к размыканию цепи аппарата Е1 и вызвало ошибку в наборе номера. Необходимость использования транзистора VT2 связана и с особенностью работы дешифратора К511ИД1 (микросхема DD7). При поступлении на его входы двоичных кодов чисел от 0 до 9 в актив-

ном состоянии находится лишь один выход, т. е. может сработать лишь одно реле из K1—K9. Если же на входы поступает двоичный код, соответствующий числам от 10 до 15, то в активном состоянии будут находиться два выхода дешифратора. Так, при входном двоичном коде 0101 (он соответствует десятичному числу 10) в активном состоянии находятся выходы 2 и 8. Если не принять специальных мер, то сработают сразу два реле, и вызов также пойдет к двум абонентам. Но в данном случае напряжение низкого уровня появится на выходе элемента DD2.4, которое поступит на вывод 2 элемента DD3.1, а на выходе этого элемента установится напряжение высокого уровня. Транзистор VT2 будет закрыт. В этом случае ток протекает лишь через обмотку реле K10. Это реле сработает без задержки, но здесь задержка и не нужна, поскольку номер десятого абонента является наибольшим.

Напряжение высокого уровня с вывода 12 дешифратора DD7 поступит на вход Е счетчика DD6.1, и работа этого счетчика будет разрешена. На выходе элемента DD2.1 появятся импульсы, которые через нормально замкнутые контакты K22.1 поступят на входы логических элементов DD4.3, DD4.4. Это вызовет попеременное открывание светодиодов оптронов U1 и U2. При этом линия связи аппарата E10 будет подключаться то к базе транзистора VT7, то к обмотке II трансформатора T1 (через мостовой выпрямитель VD47).

Если напряжение низкого уровня имеется на выходах элементов DD4.5, DD4.6, то будет открыт фотодинистор оптрона U2. При этом через мостовой выпрямитель VD47 протекает переменный вызывной ток, который подается на аппарат E10. Цепь прохождения вызывного тока такова: верхний по схеме вывод обмотки II трансформатора T1 — мостовой выпрямитель VD47 и фотодинистор оптрона U2 — замыкающие контакты группы K10.1 — резистор R49 — телефонный аппарат E10 — нормально замкнутые контакты K22.2 — шина питания +28 В — резистор R34 — нижний по схеме вывод обмотки II. В аппарате E10 звонит звонок.

Если линия связи исправна, то вызывной ток, протекая через эмиттерный переход транзистора VT9, откроет этот транзистор. При этом на входы логического элемента DD2.2 поступит напряжение высокого уровня с резистора R36. На выходе элемента DD1.4 будут формироваться сигналы длинных гудков, которые с коллектора транзистора

VT5 через резистор R17 и замыкающие контакты K12.1 поступят в микротелефонную трубку аппарата E1. Эти сигналы, свидетельствующие об исправности линии, услышит вызывающий абонент.

В другом такте работы счетчика DD6.1 напряжение низкого уровня имеется на выходах элементов DD4.3 и DD4.4, и открыт фотодинистор оптрона U1. При этом линия связи аппарата E10 подключается к базе транзистора VT7 через резистор R37, диод VD46 и открытый фотодинистор оптрона. Если трубка аппарата E10 находится в исходном состоянии, то сопротивление постоянному току линии этого аппарата бесконечно велико, поскольку к линии подключены последовательно соединенные звонок и конденсатор. Через базу транзистора VT7 ток при этом не протекает. Если же трубку аппарата E10 снять, то сопротивление линии постоянному току окажется небольшим, откроются транзисторы VT7, VT6 и сработает реле K22. Kontakтами K22.1 оно подключит входы логических элементов DD4.3, DD4.4 к шине питания +15 В, при этом фотодинистор оптрона U1 будет открыт, а фотодинистор оптрона U2 — закрыт. Контакты K22.2 подключат к линии связи аппаратов E1 и E10 стабилизатор тока, выполненный на элементах VT10, VD48, R50 и R51, а также подадут напряжение на светодиод HL1 «Разговор». Абоненты могут вести разговор. При этом изменение тока в линии одного абонента полностью передается в линию другого абонента благодаря использованию стабилизатора тока, что обеспечивает максимальную громкость разговора.

После того как абоненты, закончив разговор, положат трубки, все приборы АТС возвратятся в исходное состояние.

Несколько слов о назначении некоторых элементов устройства. Диод VD1 необходим для быстрой разрядки конденсатора C3 после возвращения трубок в исходное состояние. Резисторы R18—R27 ограничивают ток управляющих электродов тринисторов VS2—VS11. Резисторы R40—R49 ограничивают токи в линиях телефонных аппаратов и влияют на громкость разговора. Диод VD46 предотвращает попадание отрицательных полуволн вызывного напряжения на динистор оптрона U1. Резисторы R28, R32, R33, R34 обеспечивают надежное закрывание транзисторов VT6—VT9 при отсутствии сигналов на их базах. Конденсатор C5 сглаживает пульсации вызывного тока. Элементы R29, R30, C4 работают в Т-образном фильтре и обес-



печивают задержку открывания транзистора VT6 относительно момента открывания транзистора VT7 в 0,5...0,7 с. За это время успевает разрядиться конденсатор, включенный последовательно со звонком в телефонном аппарате. Импульс тока, поступающий в базовую цепь транзистора VT7, вызывает кратковременное его открывание, и при отсутствии цепи R29R30C4 это привело бы к кратковременному срабатыванию реле K22, сопровождающемуся неприятным щелчком в микротелефоне вызывающего абонента. Интегрирующая цепь R38C6 обеспечивает удержание транзистора VT8 в открытом состоянии при наборе номера, когда происходит периодическое размыкание линии связи. Диоды, подключенные параллельно обмоткам реле, предохраняют микросхему DD7, транзисторы VT6, VT8 и тринисторы VS1—VS11 от воздействия на них всплесков напряжения, возникающих на обмотках реле при размыкании питающей цепи (так называемая противо-ЭДС). Если бы этих диодов не было, напряжения на обмотках реле достигали бы сотен вольт, что привело бы к выходу из строя тринисторов.

Источник питания АТС выполнен по традиционной схеме. Напряжение +28 В используется для питания цепей телефонных аппаратов; напряжение +15 В необходимо для питания микросхем и обмоток реле.

В автоматической телефонной станции применены детали следующих типов. Транзисторы VT1, VT4, VT5, VT7, VT8 могут быть любыми из серий КТ503, КТ315, КТ3117, КТ608; VT2, VT3, VT6 — любые из серий КТ501, КТ502, КТ203, КТ208, КТ209, КТ361; VT9 — КТ501, КТ208, КТ209 с буквами Г—М или КТ502 с любыми буквами, а также КТ203 с буквами А, Б, Г, КТ361 с буквами В—Е; VT10 — любой из серий КТ814, КТ816; VT11 — КТ815, КТ817 с буквами Б—Г. Транзистор VT8 необходимо подобрать с коэффициентом передачи тока базы не менее 100. Диоды, шунтирующие обмотки реле, должны допускать подачу обратного напряжения 15 В и прямой ток не менее 15...20 мА. Этим условиям удовлетворяют диоды серий Д9 с буквами В—Л, КД503, КД509, КД513, КД521, КД522 с любыми буквами. Диод VD1 должен быть рассчитан на обратный ток не более 0,1 мкА при обратном напряжении 15 В. Кроме указанного на схеме можно применить диоды КД103, КД104, Д219, Д220, КД521. Можно применять диоды и с большим обратным током (1...2 мкА), но тогда

придется подобрать резистор R6 и конденсатор C3. Диод VD46 должен быть на обратное напряжение не менее 50 В и прямой ток не менее 20 мА. Подойдут диоды КД401, КД509А, КД510А, КД513А. Транзисторы VS1—VS11 могут быть КУ101 с любыми буквами.

В качестве оптрона U1 можно использовать приборы АОУ103 с любыми буквами. Можно также использовать транзисторный оптрон, например АОТ110 с любыми буквами, при этом коллектор транзистора подключают к катоду диода VD46, а эмиттер — к базе транзистора VT7; между базой и эмиттером транзистора оптрона необходимо включить резистор сопротивлением 300...510 кОм. При замене оптрона U2 необходимо использовать приборы с прямым напряжением выходной цепи не менее 60 В. Такому условию отвечают динисторные оптроны АОУ103Б, АОУ103В.

Все резисторы, кроме R50, — МЛТ-0,25; R50 — СП5-2. Конденсаторы C1—C3, C5, C7—C10 — КМ-6, К10-17, К73-17; C4, C6 — К50-6, К50-16 или К50-35; C11 — К50-29. Возможно применение конденсаторов и других типов, которые будут отличаться размерами. Реле K1—K21 — РЭС49, паспорт РС4.569.421-00 (последние две цифры могут быть также 01, 04—07, 10, 11); K22, K23 — РЭС47, паспорт РФ4.500.407-00 (последние две цифры могут быть также 02, 07, 08). Можно использовать и другие реле с рабочим напряжением 15...20 В; реле K1—K9 должны иметь ток срабатывания не более 15 мА, остальные — не более 10...30 мА. Трансформатор Т1 может быть готовым, например, типов ТА11, ТА12, ТА28 — ТА30, ТАН1, ТАН2, ТПП235, ТПП236, ТПП247, ТПП248, ТПП261, ТПП262. Вторичные обмотки соединяют таким образом, чтобы обеспечивалось напряжение около 40 В при токе не менее 20 мА и напряжение около 30 В при токе не менее 200 мА. Самодельный трансформатор может быть выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16х25. Обмотка I содержит 1760 витков провода ПЭВ-2 0,11; обмотка II — 340 витков провода ПЭВ-2 0,12; обмотка III — 260 витков провода ПЭВ-2 0,31. Выключатель питания Q1 — тумблер любого типа (например, МТ1).

Транзистор VT11 и микросхема DA1 установлены на двух одинаковых радиаторах с поверхностью охлаждения около 100 см<sup>2</sup>.

Большая часть элементов устройства размещена на печатной плате (рис. 2.7). На плате установлена вилка разъема ГРПМ1-31 (XP1). Печатная плата, трансформатор питания, светодиоды HL1 и HL2,

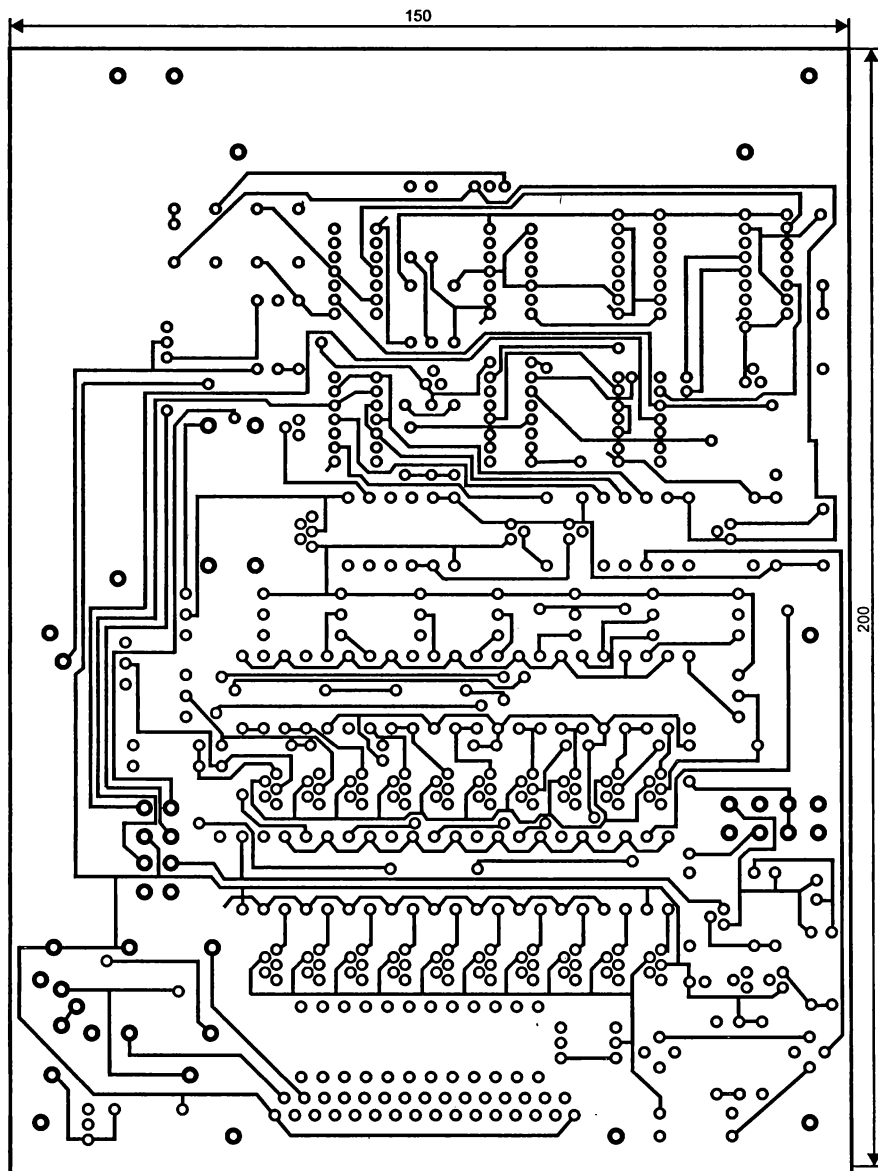
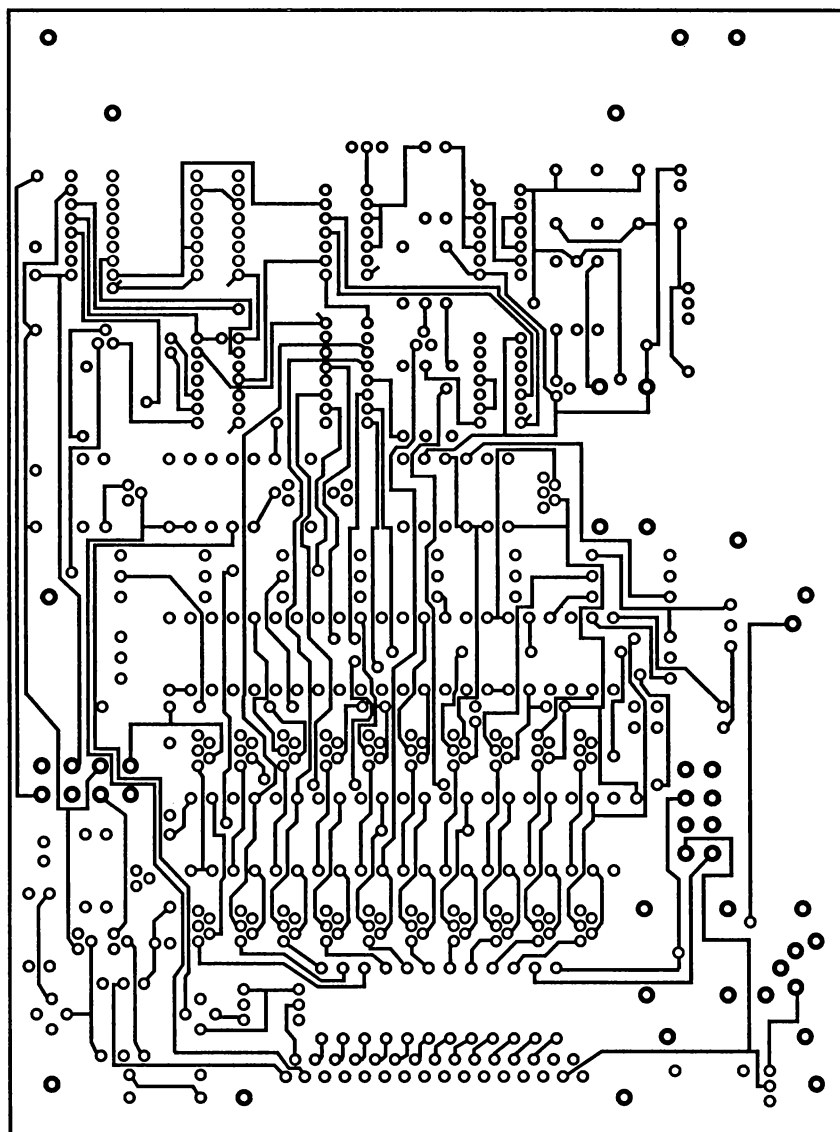


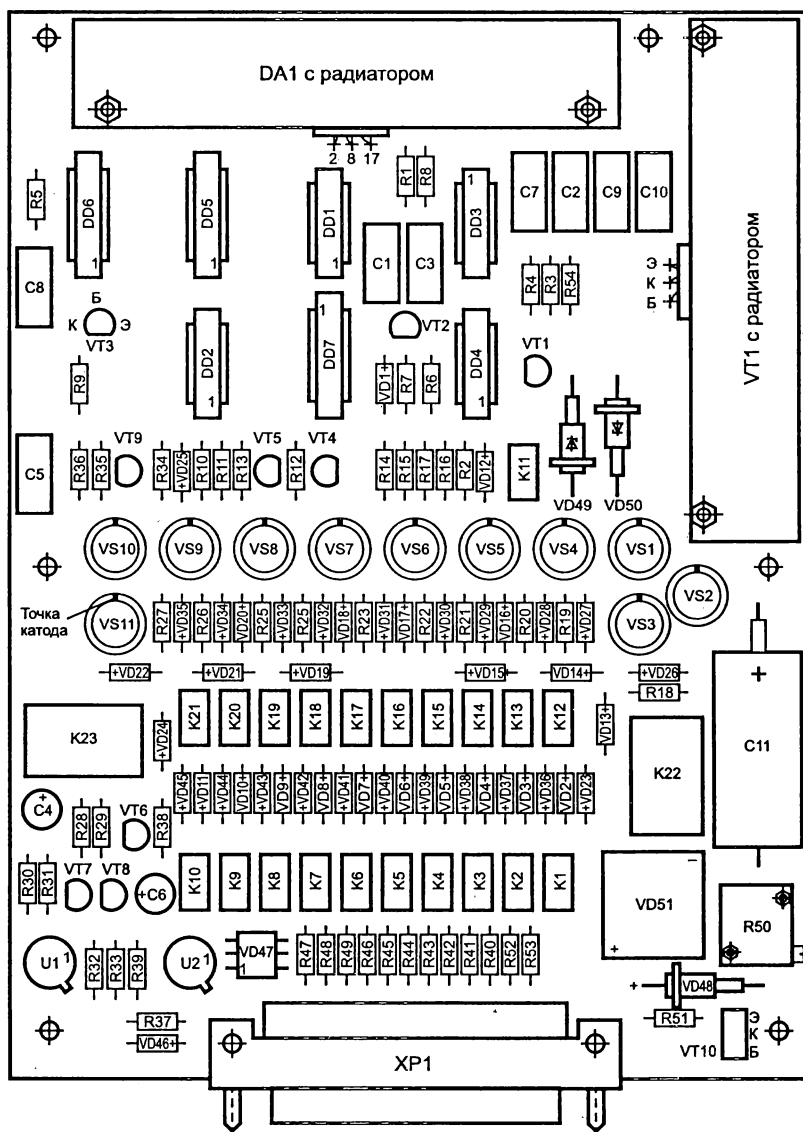
Рис. 2.7. Монтажная плата АТС:

*a* — вид на печатные проводники со стороны монтажа



Продолжение рис. 2.7. Монтажная плата АТС:

б — вид на печатные проводники со стороны деталей



Продолжение рис. 2.7. Монтажная плата АТС  
и схема размещения деталей на ней:

в — расположение деталей на плате

тумблер включения питания, держатель предохранителя FU1 установлены в металлическом корпусе размером  $280 \times 170 \times 65$  мм. Для подключения линий абонентов установлена клеммная колодка на 11 контактов (один провод является общим для всех абонентов).

Если все детали исправны и монтаж выполнен без ошибок, то настройка АТС не представляет трудностей. Резистором R1 устанавливают частоту генератора (измеряют на выходе логического элемента DD1.2 — она должна составлять около 425 Гц). Резистор R6 подбирают таким, чтобы задержка срабатывания реле K1—K9 составляла бы 2...3 с после начала возвратного вращения диска номеронабирателя. Резисторы R40—R49 подбирают в том случае, если необходимо получить примерно одинаковую громкость разговора при соединениях различных абонентов. Если же такой необходимости нет, то подбирать эти резисторы не обязательно. Переменным резистором R50 устанавливают ток стабилизатора, выполненного на транзисторе VT10. Для этого обеспечивают разговорный режим работы АТС и, включив миллиамперметр в разрыв общего провода телефонных аппаратов, устанавливают силу тока 20...25 мА. Такому току должна соответствовать наибольшая громкость разговора.

Если некоторые тиристоры не будут удерживаться в открытом состоянии после снятия напряжения с управляющего электрода, то следует несколько увеличить ток через анодную цепь такого тиристора. Для этого параллельно обмотке реле, включенной в цепь данного тиристора (K11—K21), следует подключить резистор сопротивлением 1...1,5 кОм мощностью не менее 0,25 Вт.

Для использования с АТС подойдут телефонные аппараты любого типа с дисковым номеронабирателем (ТА-68, ТАН-66, ТА-1146, ТА-72М-5 и др.). Возможно также использование некоторых типов аппаратов с кнопочным номеронабирателем (например, «Спектр-305»).

Линии связи телефонных аппаратов с АТС могут прокладываться любым проводом; важно лишь, чтобы сопротивление шлейфа не превышало 1 кОм.

Автоматическая телефонная станция рассчитана на круглосуточную работу.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость увеличения числа абонентов, обслуживаемых станцией. Это потребует пере-

хода на двузначную систему нумерации и увеличения числа абонентов, которые могут одновременно вести разговор. В описанной выше АТС на 10 абонентов одновременно может вести разговор одна пара абонентов, что составляет 20% их общего числа. Такой показатель принят и на многих промышленных телефонных станциях. Решение этих двух задач (переход на двузначные номера и увеличение числа каналов связи) потребует капитальной перестройки АТС и использования кардинально других принципов ее работы.

### **2.3. Переговорные устройства на базе «устаревших» телефонов**

Развитие техники приводит к созданию все более новых моделей телефонных аппаратов. В результате много телефонных аппаратов оказываются морально устаревшими. Иногда такие аппараты содержат неисправности, которые могут быть относительно легко устранены. Поскольку телефонные аппараты довольно часто падают, печатные платы таких телефонов имеют много ненадежных контактов, что приводит к неустойчивой работе, сопровождающейся шумами и тресками. Для описанных ниже переговорных устройств подойдут аппараты, у которых исправны лишь микротелефонная трубка и вызывное устройство. Схема такого телефонного аппарата уже была показана в начале этой главы (см. рис. 2.3).

Переговорные устройства, о которых рассказывается далее в этой главе, предназначены для установления телефонной связи между двумя абонентами

Переговорные устройства могут найти применение для обеспечения телефонной связью, например, двух квартир, дач, гаражей и других объектов бытового и производственного назначения. Дальность связи во всех случаях ограничивается сопротивлением линии 1...2 кОм и при использовании медного провода диаметром 0,4 мм может достигать 5...10 км. Дальнейшее увеличение длины абонентских линий нецелесообразно даже при увеличении сечения провода, поскольку возрастающие индуктивность и емкость линии будут вносить значительное затухание в передачу сигнала.

Подключать описываемые устройства к городской или местной телефонной сети недопустимо.

Переговорные устройства обеспечивают телефонную связь между двумя абонентами. Вызов осуществляется через звонок или электронное вызывное устройство, имеющиеся в телефонном аппарате.

На рис. 2.8 показана схема переговорного устройства, в котором телефонные аппараты E1 и E2 соединены трехпроводной линией связи. Переменное напряжение снимают с обмотки II сетевого трансформатора T1, постоянное — с компенсационного стабилизатора напряжения, выполненного на специализированной микросхеме DA1. Эта микросхема имеет на выходе фиксированное напряжение +20 В.

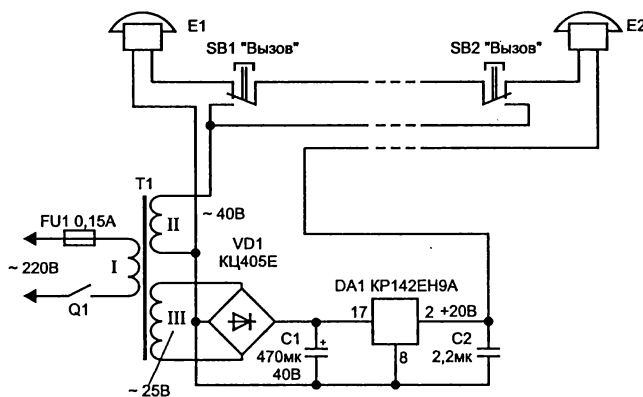


Рис. 2.8. Простейшее переговорное устройство для двух абонентов с трехпроводной линией связи

Для вызова абонента E2 первый абонент (у него телефонный аппарат E1) должен нажать кнопку переключателя SB1. Тогда переменное напряжение с обмотки II трансформатора будет подано на телефонный аппарат E2, и в нем зазвонит звонок. При снятых трубках обоих телефонных аппаратов источник постоянного напряжения окажется включенным последовательно с аппаратами — можно вести разговор. Если же второй абонент желает вызвать первого, он нажимает кнопку переключателя SB2.

Выпрямительный диодный мост VD1 может быть любым из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407. Он может быть заменен четырьмя диодами серий КД509, КД510, КД513, КД521, КД522. Конденсатор C1 — К50-16, К50-24, К50-35; C2 — КМ-6, К10-23 или К73-17. Кнопочные



переключатели — КМ-1, П2К, выключатель питания — тумблер ТВ2-1. Сетевой трансформатор выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16х25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка II — 440 витков ПЭВ-2 0,10, обмотка III — 270 витков ПЭВ-2 0,25.

Телефонные аппараты могут быть типов ТА-68, ТАН-66, ТАН-70, ТА-1146. В том же случае, если используются аппараты с неисправными номеронабирателями, следует отключить от номеронабирателей проводники и соединить их с рычажным переключателем так, как показано на рис. 2.3.

Элементы переговорного устройства включая и трансформатор Т1, монтируют в корпусе телефонного аппарата Е1. На его задней стенке устанавливают выключатель питания, а через отверстие в стенке выводят сетевой шнур с вилкой на конце. Переключатели устанавливают на корпусах телефонных аппаратов. Для линии используют одножильный или многожильный телефонный или монтажный провод с жилой диаметром не менее 0,4 мм при больших расстояниях (до 1 км) и не менее 0,2 мм — при малых (до 200 м). При монтаже линий связи в закрытых помещениях удобно использовать так называемую «телефонную лапшу» — провод марки ТРП 2х0,4 мм. Для устройства трехпроводной линии связи используют два двухжильных провода. При прокладке линий связи вне помещений сечение проводов определяется в основном соображениями механической прочности.

Являясь предельно простым, такое переговорное устройство имеет недостаток: линия связи содержит три провода. Если несколько усложнить устройство, можно сократить число проводов до двух, как это и имеет место в городских телефонных сетях.

Принципиальная схема переговорного устройства, имеющего двухпроводную линию связи, представлена на рис. 2.9.

На логических элементах DD1.1—DD1.3 микросхемы DD1 выполнен генератор, вырабатывающий импульсы частотой около 425 Гц (как было указано выше, примерно такую частоту имеют сигналы длинных, коротких гудков и ответа станции в городских телефонных сетях). Элемент DD1.4, включенный инвертором, повышает нагрузочную способность генератора. На логических элементах DD2.1 и DD2.2 собран генератор импульсов, период следования ко-

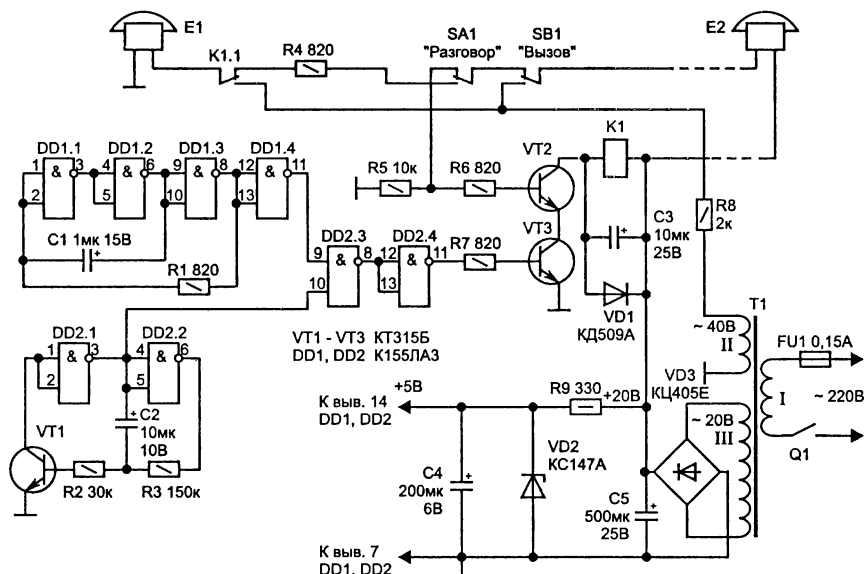


Рис. 2.9. Переговорное устройство с двухпроводной линией связи

торых составляет 4...5 с. Логический элемент DD2.3 суммирует сигналы двух генераторов, в результате чего на базу транзистора VT3 поступает напряжение сигнала «длинные гудки».

Допустим, второй абонент желает вызвать первого. Для этого ему достаточно снять трубку своего аппарата E2. При этом на базу транзистора VT2 через нормально замкнутые контакты переключателя SA1 и кнопки SB1, резистор R6 и внутреннее сопротивление телефонного аппарата поступит постоянное напряжение двухполупериодного выпрямителя. А так как на базу транзистора VT3 подается прерывистое напряжение, снимаемое с выходов генераторов на микросхеме DD1 и логических элементах DD2.1, DD2.2, то реле K1 будет срабатывать и отпускать с периодом 4...5 с. Kontakтами K1.1 на телефонный аппарат E1 будет периодически подаваться переменное напряжение с обмотки II трансформатора T1 через ограничительный резистор R8. Цепь прохождения переменного тока следующая: верхний (по схеме) вывод обмотки II — резистор R8 — замыкающие контакты K1.1 — телефонный аппарат E1 — общий провод — нижний (по схеме) вывод обмотки II. Одновременно в микрофонной

трубке аппарата Е2 будут слышны сигналы «длинные гудки». Они поступают с резистора R7 на базу транзистора VT3, усиливаются им и далее через эмиттерный переход транзистора VT2, резистор R6, нормально замкнутые контакты переключателя SA1 и кнопки SB1 — на аппарат Е2.

Первый абонент, услышав звонок, должен перевести переключатель SA1 «Разговор» в противоположное показанному на схеме положение. При этом транзистор VT2 закроется, поскольку цепь подачи положительного напряжения разомкнется, и база транзистора окажется соединенной с общим проводом через резисторы R5 и R6, а реле K1 отпустит; подача переменного напряжения на телефонный аппарат Е1 прекратится. Абоненты могут вести разговор.

Если же первый абонент захочет вызвать второго, он должен нажать кнопку SB1 «Вызов» (напряжение питания при этом должно быть подано на переговорное устройство выключателем Q1). При этом на телефонный аппарат Е2 от обмотки II трансформатора Т1 через резистор R8, замыкающие контакты кнопки SB1 и внутреннее сопротивление источника напряжения +20 В поступает вызывное переменное напряжение. Услышав звонок, вызываемый абонент снимает трубку, при этом вызов проходит к первому абоненту (как было описано выше), он переводит переключатель SA1 в другое положение, и абоненты ведут разговор. Переключатель SA1 может быть установлен в требуемое положение и до нажатия кнопки SB1. По окончании разговора контакты переключателя SA1 возвращают в исходное положение.

О назначении некоторых элементов переговорного устройства. Диод VD1 предохраняет транзистор VT2 от выбросов напряжения (или, как говорят, от экстранапряжений), возникающих на обмотке реле K1 при его переключении. Конденсатор C3 исключает вибрацию якоря реле от прохождения сигнала звуковой частоты, вырабатываемого генератором на микросхеме DD1.

Микросхемы DD1, DD2 можно заменить соответствующими аналогами из серий K133, K158, K555, KP1533, KP1531. Транзисторы VT1—VT3 — КТ315 (В, Д, Е), КТ503, КТ603 (А, Б), КТ608, КТ630 (с любыми буквенными индексами), КТ3117А. Диод VD1 — любой из серий КД226, КД102, КД103, КД510, КД521, КД522; выпрямительный мост VD3 — любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407. Оксидные

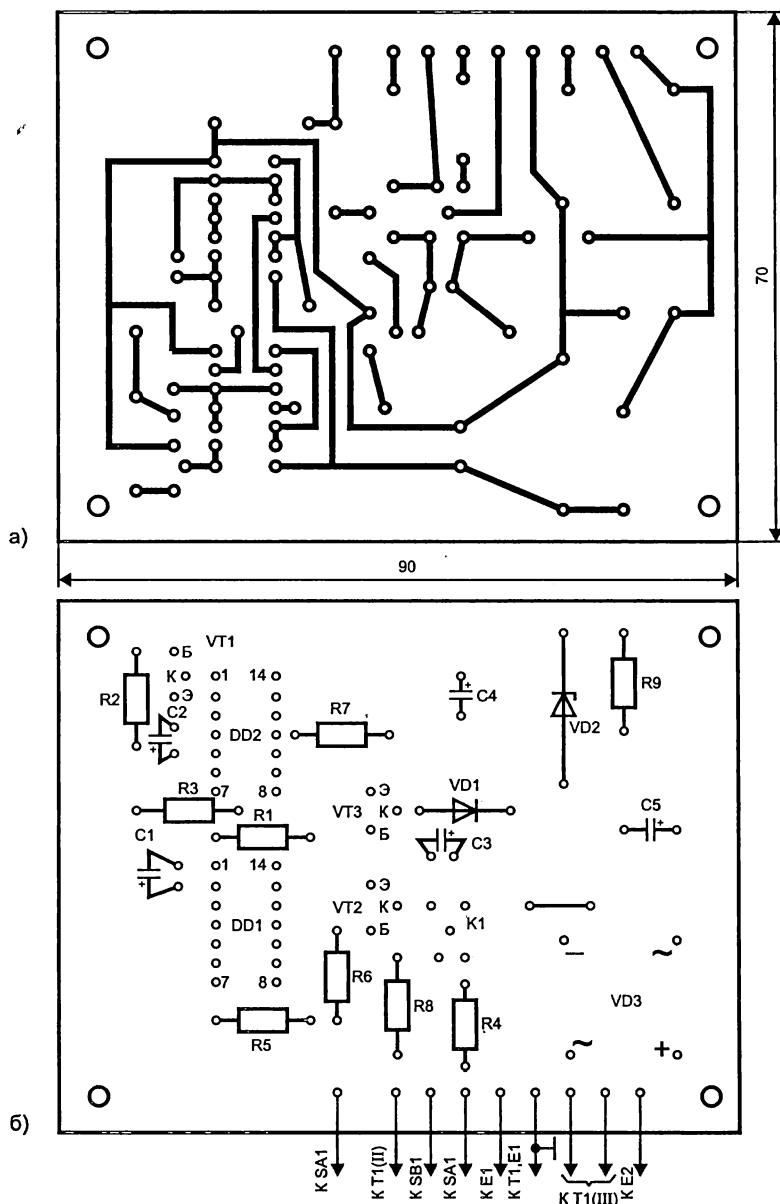
конденсаторы — К50-6, К50-16, К50-35, К50-24. Все резисторы — типа МЛТ или С2-33. Реле К1 — РЭС15 (паспорт РС4.591.004), РЭС10 (паспорта РС4.524.302, РС4.524.312, РС4.524.319). Кнопка SB1 — КМ1, П2К; переключатель SA1 и выключатель питания Q1 — тумблер ТП1-2, ТВ2-1, МТ1. Трансформатор Т1 аналогичен используемому в ранее описанном переговорном устройстве, только число витков обмотки III уменьшено до 250. Можно использовать также и готовые унифицированные трансформаторы ТПП216, ТПП217, ТПП218, ТПП225, ТПП226, ТПП234—ТПП238, ТПП247, ТПП248 и др., соединив соответствующим образом их обмотки для получения нужного напряжения (справочные данные приведены в [13]).

Большая часть элементов переговорного устройства смонтирована на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 2.10). Установочные отверстия элементов рассчитаны под оксидные конденсаторы К50-16 или К50-35, реле РЭС15; типы остальных элементов указаны на принципиальной схеме.

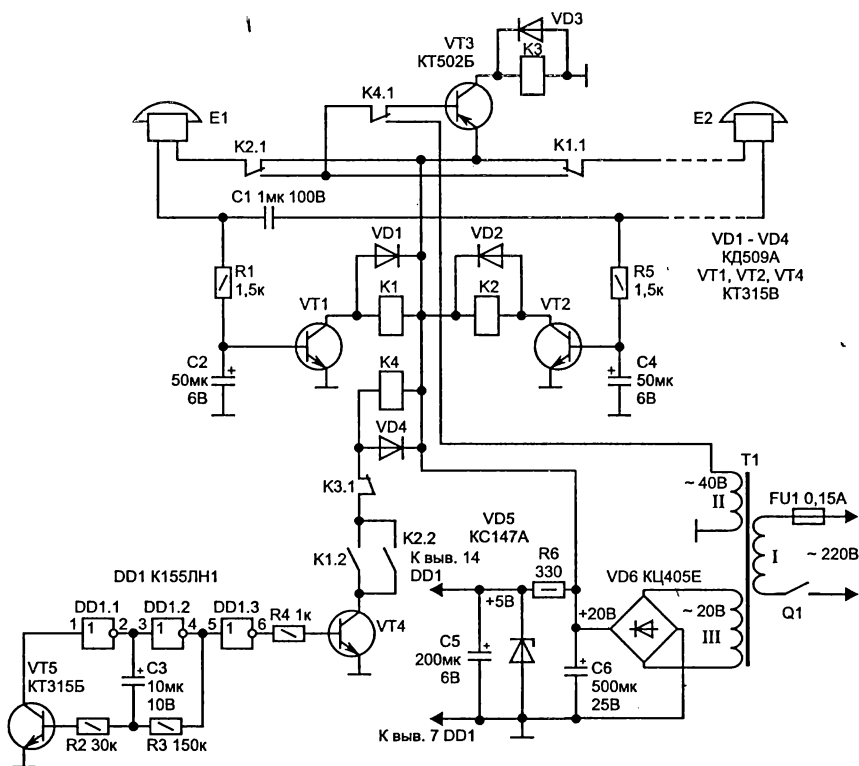
Монтажную плату и трансформатор питания целесообразно разместить в корпусе телефонного аппарата Е1 (желательно использовать аппарат без номеронабирателя, например ТА-68ЦБ-2). В этом случае коммутационные элементы SA1, SB1, Q1 располагают на передней наклонной стенке корпуса. Если же габаритные размеры трансформатора Т1 не позволят разместить его и монтажную плату в корпусе аппарата, переговорное устройство собирают в отдельном корпусе, выполненном в виде подставки под телефонный аппарат.

Устройство, собранное из исправных деталей и без ошибок, налаживания не требует.

Описанное выше переговорное устройство имеет недостаток: первый абонент должен переключать тумблер для ведения разговора (до разговора и после разговора). Это неудобно, поскольку, во-первых, требуются дополнительные действия и, во-вторых, если по окончании разговора первый абонент забудет установить переключатель в исходное положение, то второй абонент не сможет дозвониться до первого. Кроме того, нажатие кнопки вызова — это тоже дополнительное действие. Более удобно в использовании переговорное устройство, в котором вызов абонента осуществлялся бы простым снятием трубки.



**Рис. 2.10.** Монтажная плата переговорного устройства с двухпроводной линией связи:  
 а — расположение печатных проводников;  
 б — расположение элементов на плате



**Рис. 2.11.** Переговорное устройство с двухпроводной линией связи (вариант 2)

На рис. 2.11 приведена принципиальная схема устройства, отвечающего такому требованию. В этом устройстве оба абонента равнозначны, а вызов осуществляется простым снятием трубки с телефонного аппарата.

Допустим, первому абоненту необходимо связаться со вторым. Для этого он должен снять трубку, при этом положительное напряжение через нормально замкнутые контакты реле К2.1, сопротивление телефонного аппарата Е1 и резистор R1 подается на базу транзистора VT1. Реле К1 срабатывает и контактами К1.2 замыкает цепь питания реле К4, а контактами К1.1 замыкает линию подачи вызывного тока на аппарат Е2. Реле К4, управляемое импульсами генератора на логических элементах DD1.1 и DD1.2, периодически срабатывает с частотой

той 0,2...0,25 Гц, а его контакты К4.1 подают на аппарат Е2 вызывное переменное напряжение, в результате чего в этом аппарате звонит звонок. При снятии телефонной трубки аппарата Е2 на базу транзистора VT3 поступает открывающее его отрицательное напряжение, срабатывает реле К3 и контактами К3.1 обесточивает реле К4. Одновременно срабатывает реле К2 и контактами К2.1 подключает линию аппарата Е1 к линии аппарата Е2. Можно вести разговор. В течение разговора реле К1—К3 находятся под током, а после возвращения трубок обоих телефонных аппаратов на рычаги устанавливаются в исходное состояние.

При вызове первого абонента вторым переговорное устройство работает аналогично.

Несколько слов о назначении некоторых элементов устройства. Конденсаторы С2, С4 предотвращают вибрацию якорей реле К1, К2 при прохождении через телефонные аппараты и резисторы R1 и R5 тока вызова, а также замыкают по переменному току цепь вызывного сигнала. Эти конденсаторы, кроме того, не позволяют отпускать реле К1 (К2) при переключении контактов К2.1 (К1.1) соответственно. Конденсатор С1 замыкает разговорную цепь по переменному току. Кроме того, наличие этого конденсатора позволяет контролировать исправность линии вызываемого абонента: если линия исправна, то в трубке вызывающего абонента слышен сигнал вызывного тока (50 Гц).

Источник питания данного переговорного устройства точно такой же, как и в предыдущем устройстве.

Микросхему К155ЛН1 (DD1) можно заменить аналогичной из серий К133, К555, КР1533. Можно также применить микросхему К155ЛА3 (или ее аналоги из других серий), соединив входы каждого ее элемента вместе. Транзистор VT3 может быть серий КТ501 (Г—М), КТ502 (с любыми буквами), КТ208 (А, Б), КТ361 (В—Е). Реле К1 и К2 — РЭС48 (паспорт РС4.590.207) или РЭС9 (паспорт РС4.524.201). Конденсатор С1 — К73-16, К73-17. Остальные детали — тех же типов, что и в предыдущем устройстве.

Все детали переговорного устройства, за исключением трансформатора Т1, предохранителя FU1 и выключателя питания Q1, размещены на печатной плате (рис. 2.12). Используются реле типов РЭС15 (К3, К4), РЭС48 (К1, К2), конденсатор С1 — К73-17.

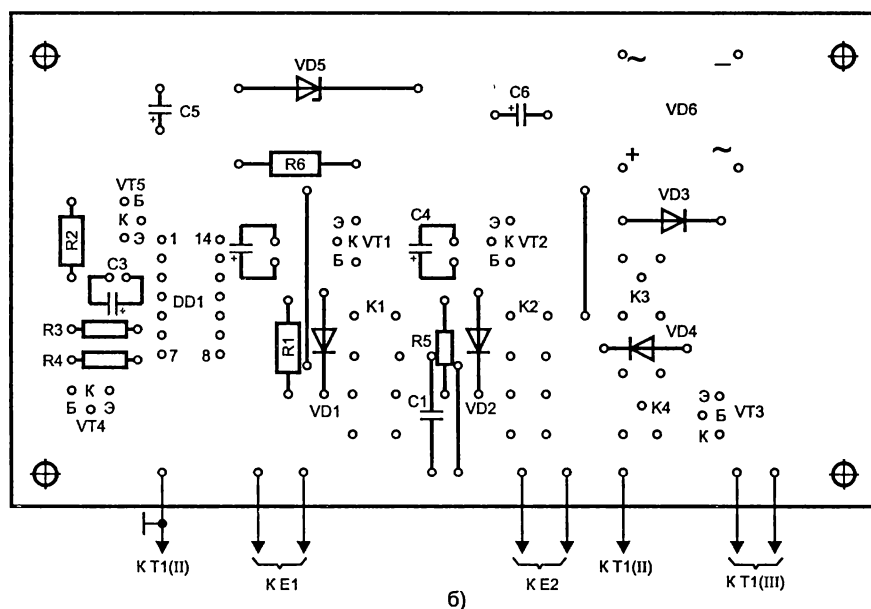
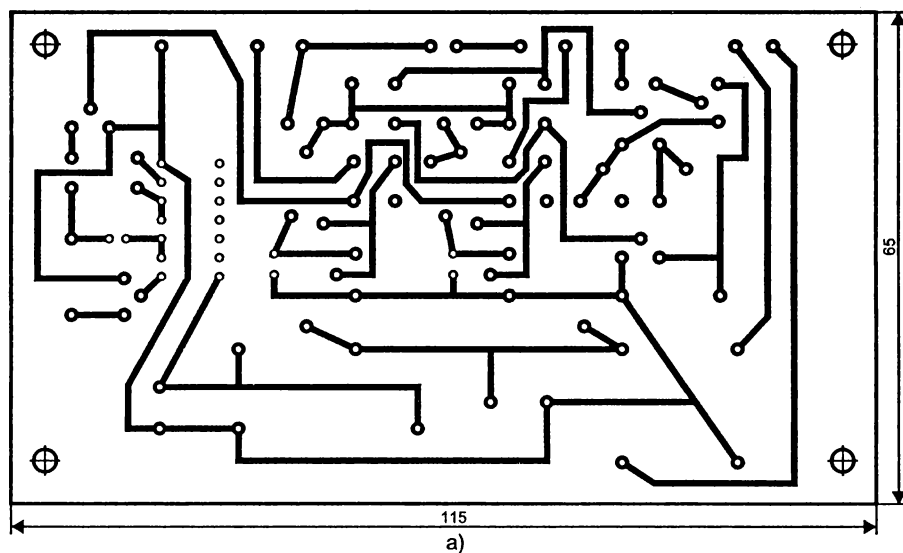


Рис. 2.12. Монтажная плата 2-го варианта переговорного устройства:

*а* — расположение печатных проводников; *б* — расположение элементов на плате



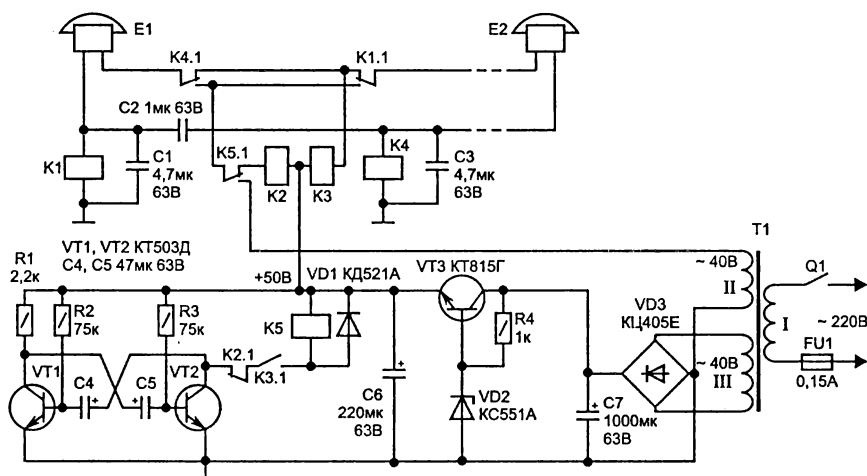


Рис. 2.13. Третий вариант переговорного устройства

На рис. 2.13 представлена схема еще одного, третьего, варианта переговорного устройства с двухпроводной линией связи. Это устройство работает следующим образом.

Предположим, что контакты выключателя Q1 замкнуты, питание подано на элементы устройства, а трубки телефонных аппаратов E1, E2 находятся в исходном положении. Контакты рычажных переключателей телефонных аппаратов при этом подключают к зажимам аппаратов последовательно соединенные звонок и конденсатор; сопротивление аппарата постоянному току бесконечно велико, ток в линиях аппаратов отсутствует, и электромагнитные реле K1—K5 обесточены.

Первый абонент (обладающий телефонным аппаратом E1), желая вызвать второго абонента, должен снять трубку аппарата E1. При этом к линии будет подключено сопротивление аппарата E1, составляющее несколько сотен Ом, и в линии потечет ток по цепи: «плюс» источника питания — обмотка реле K3 — нормально замкнутые контакты K4.1 — внутреннее сопротивление телефонного аппарата E1 — обмотка реле K1 — общий провод источника питания. Реле K1 и K3 сработают. Контакты K3.1 замкнут цепь обмотки реле K5, которое начнет срабатывать с частотой 0,5...1 Гц, вырабатываемой симметричным мультивибратором на транзисторах VT1, VT2. Через за-

мыкающие контакты К5.1 на аппарат Е2 будет периодически поступать переменное напряжение 50 Гц, приводящее в действие звонок аппарата. Цепь подачи вызывного напряжения такова: верхний (по схеме) вывод обмотки II трансформатора Т1, замыкающие контакты К5.1 и К1.1, аппарат Е2, параллельно соединенные обмотка реле К4 и конденсатор С3, общий провод, соединенный с нижним (по схеме) выводом обмотки II. Услышав звонок, абонент снимет трубку аппарата Е2. Сработает реле К4. В момент нахождения контактов К5.1 в показанном на схеме положении сработает реле К2 и контактами К2.1 обесточит обмотку реле К5. Реле К3 также отпустит. Абоненты могут вести разговор. Разговорный ток протекает через обмотки реле К1, К4, К2, аппараты Е1, Е2, а также через конденсаторы С1—С3. В течение разговора под током находятся обмотки реле К1, К2, К4, а реле К4 и К5 обесточены. После возвращения трубок обоих аппаратов на рычаги все реле отпускают.

Точно так же работает переговорное устройство и при вызове первого абонента вторым.

Конденсаторы С1, С3 предотвращают вибрацию якорей реле К1, К4 при прохождении вызывного тока, а также замыкают по переменному току цепь вызывного сигнала. Кроме того, эти конденсаторы не позволяют отпускать реле К1 (К4) при переключении контактов К4.1 (К1.1). Конденсатор С2 замыкает разговорную цепь по переменному току. Помимо этого, наличие конденсатора С2 позволяет контролировать исправность линии вызываемого абонента: если линия исправна, то в трубке вызывающего абонента слышен сигнал вызывного тока (50 Гц).

Диод VD1 гасит импульсы напряжения, возникающие на обмотке реле К5 в момент его переключения. Шунтирование диодами обмоток других реле не требуется, поскольку они не управляются транзисторами.

Постоянное напряжение +50 В получают с помощью компенсационного стабилизатора напряжения, выполненного на транзисторе VT3 и стабилитроне VD2.

В качестве транзисторов VT1, VT2 можно использовать транзисторы типов КТ503 (Д, Е), КТ608Б, КТ3117А, КТ815 (В, Г), транзистора VT3 — КТ815 (В, Г), КТ817 (В, Г). При замене транзисторов следует иметь в виду, что их предельное рабочее напряжение должно

быть не менее 60 В, а статический коэффициент передачи тока базы — более 40. Диод VD1 может быть также типов КД221, КД226, КД102(А, Б), КД105, КД106; стабилитрон КС551А можно заменить двумя последовательно соединенными стабилитронами КС508Д, КС222Ж, КС224Ж, КС522А, КС527А, либо тремя последовательно соединенными стабилитронами КС515А, КС518А, КС508Г, КС215Ж. Конденсаторы С1—С3 — К73-17, С4—С7 — К50-24. Можно использовать и другие типы конденсаторов с рабочим напряжением не менее 60 В. Реле К1—К5 — РЭС15, паспорт РС4.591.001. Можно применять реле других типов с рабочим током не более 20 мА. При этом их рабочее напряжение должно быть примерно вдвое меньше напряжения источника питания. Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16х25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II — 440 витков провода ПЭВ-2 0,12; обмотка III — 440 витков провода ПЭВ-2 0,14.

Все элементы переговорного устройства размещены в корпусе одного из телефонных аппаратов.

Если устройство собрано без ошибок, то в налаживании оно не нуждается.

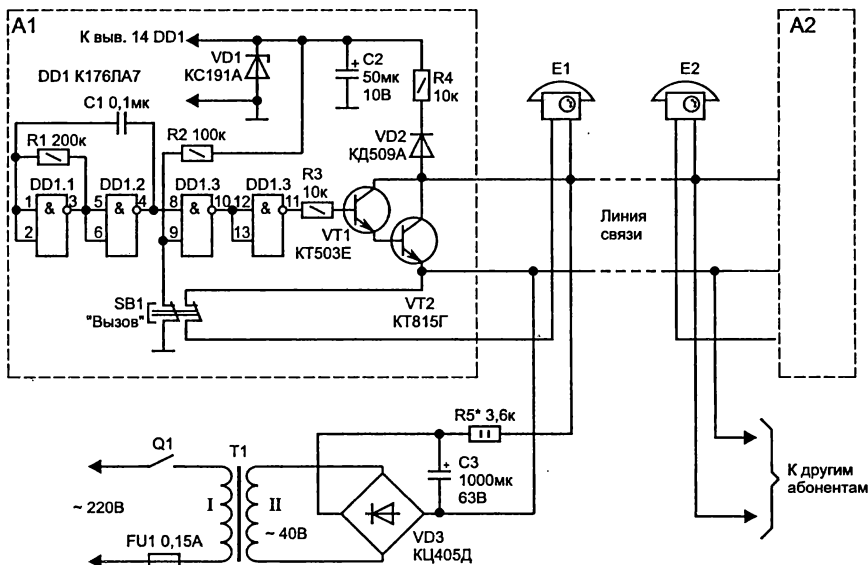


Рис. 2.14. Переговорное устройство для нескольких абонентов

Схема еще одного варианта переговорного устройства представлена на рис. 2.14. Отличие его от всех ранее описанных состоит в том, что допускается подключение к линии нескольких телефонных аппаратов. Кроме того, для питания аппаратов используется только одно напряжение, получаемое от трансформатора.

Как работает такое устройство? Каждый из двух телефонных аппаратов, показанных на схеме, снабжен абонентским комплектом (А1 или А2). Абонентский комплект обеспечивает формирование импульсов вызывного напряжения в линии связи, воздействующего на звонки телефонных аппаратов. На логических элементах DD1.1, DD1.2 микросхемы DD1 выполнен генератор импульсов частотой около 25 Гц. Через логические элементы DD1.3 и DD1.4, резистор R3 импульсы воздействуют на базу транзистора VT1, образующего вместе с транзистором VT2 составной транзистор. Эмиттер и коллектор транзистора VT2 подключены к линии связи. В исходном состоянии трубки телефонных аппаратов лежат на рычагах, контакты кнопок SB1 абонентских комплектов находятся в показанном на схеме положении, транзисторы VT1 и VT2 закрыты. Для вызова второго абонента первым последний должен нажать кнопку вызова SB1. При этом на выводе 9 микросхемы DD1 появится напряжение высокого уровня, разрешающее прохождение импульсов генератора на базу транзистора VT1. Транзистор VT2 будет периодически замыкать линию связи, импульсное напряжение будет воздействовать на телефонный аппарат E2, в котором зазвонит звонок, а аппарат E1 на это время будет отключаться от линии второй парой контактов кнопки SB1.

Каким же образом импульсное однополярное напряжение заставляет звучать звонок, рассчитанный на работу от переменного напряжения? Для понимания физической сущности происходящих процессов рассмотрим путь прохождения тока через звонок телефонного аппарата (рис. 2.15). Когда транзистор VT2 находится в закрытом состоянии, он не воздействует на линию связи, и через резистор R5 и конденсатор С телефонного аппарата от источника напряжения Е протекает зарядный ток в направлении, показанном на рис. 2.15, а. При этом молоточек звонка НА отклоняется в одну сторону, ударяя по чашке. Открывание транзистора VT2 вызывает замыкание линии связи через небольшое (сотни Ом) сопротивление открытого транзистора (на рис. 2.15, б оно не показано). Конденсатор С разряжается

на обмотку звонка НА. Направление тока, как видно из рисунка, противоположно показанному на предыдущем рисунке. Таким образом, через катушку звонка протекает переменный ток, приводя в движение молоточек звонка.

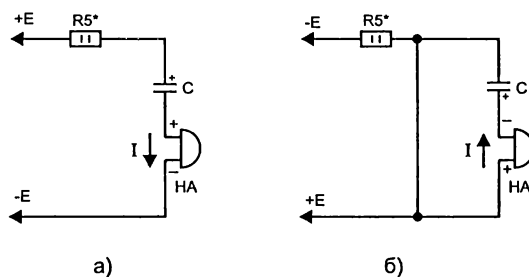


Рис. 2.15. Путь тока через звонок телефонного аппарата

Далее, если абоненты снимают трубки с аппаратов  $E1$  и  $E2$ , можно вести разговор. При этом аппараты соединены параллельно и через резистор  $R5$  подключены к источнику напряжения (мостовой выпрямитель  $VD3$  и конденсатор  $C3$ ). Наличие резистора  $R5$  обеспечивает передачу разговорного тока от одного абонента к другому и ограничивает ток через открытый транзистор  $VT2$ .

Заметим, что первый абонент может снимать трубку своего аппарата как до нажатия кнопки «Вызов», так и после — это не имеет значения.

В переговорном устройстве можно использовать следующие детали. Микросхема  $DD1$  — любая из серий  $K176$ ,  $K561$ ,  $K164$ ,  $K564$ . Транзистор  $VT1$  —  $KT503$  (Д, Е),  $KT3117$  (А, Б),  $KT608$  (А, Б),  $KT630$  (с любыми буквами);  $VT2$  —  $KT815$  (В, Г),  $KT817$  (В, Г),  $KT630$  (с любыми буквами). Стабилитрон  $VD1$  может быть типа  $D814$  (А, Б). Диод  $VD1$  —  $KД510А$ ,  $KД521А$ ,  $KД102$  (А, Б),  $KД226$  с любыми буквами. Мостовой выпрямитель  $VD3$  —  $KЦ402$ ,  $KЦ405$ ,  $KЦ407$  (с любыми буквами). Конденсаторы:  $C1$  —  $KМ-6$ ,  $K10-17$ ,  $K10-23$ ;  $C2$  —  $K50-6$ ,  $K50-16$ ,  $K50-35$ ;  $C3$  —  $K50-24$ . Кнопка  $SB1$  —  $KМ2-1$ ,  $П2К$ ; выключатель питания  $Q1$  —  $ТВ2-1$ ,  $T1$ ,  $MT1$ . Трансформатор  $T1$  намотан на сердечнике  $ШЛ16 \times 25$ . Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,11; обмотка II — 440 витков провода ПЭВ-2 0,2.

Радиоэлементы, входящие в состав абонентских комплектов А1 и А2, смонтированы на небольших платах, которые размещены в корпусах телефонных аппаратов; детали выпрямителя собраны в отдельном корпусе.

Очевидно, что к линии связи могут быть подключены и другие телефонные аппараты совместно с абонентскими комплектами. Число аппаратов ограничивается вызывным током, который должен быть достаточен для работы звонков во всех аппаратах.

Поскольку при нажатии кнопки вызова будут работать звонки во всех аппаратах, целесообразно установить число сигналов, соответствующее персонально каждому абоненту; трубку будет снимать в этом случае только один абонент. Можно также условиться о сигнале общего вызова, когда трубки снимают все абоненты одновременно и ведут общий разговор. Это переговорное устройство удобно применять также в здании с несколькими помещениями, когда заранее неизвестно, в каком из них находится вызываемый абонент.

При налаживании переговорного устройства необходимо подобрать резистор R5 таким, чтобы был обеспечен достаточный вызывной ток для нормальной работы звонков всех аппаратов. Сопротивление этого резистора определяет также разговорный ток, протекающий через телефонные аппараты; ток через каждый аппарат не должен превышать 20...30 мА; при этом сопротивление резистора R5 не должно быть меньше 1 кОм. Если же для обеспечения нормальной работы звонков этот резистор имеет меньшее сопротивление, то для ограничения разговорного тока следует включить резисторы последовательно с каждым из телефонных аппаратов.

## **2.4. Устройства для расширения функциональных возможностей домашних телефонов**

Уже довольно давно телефон стал неотъемлемой частью быта и работы каждого человека. Однако только в последние годы (с начала 90-х годов прошлого столетия) радиолюбители начали активно конструировать приставки, расширяющие функциональные возможности телефонных аппаратов, повышающие удобство пользования ими.

Приставки, о которых речь пойдет ниже, совместимы с аппаратами телефонных сетей общего пользования, однако при соответствующей настройке могут работать и с телефонными аппаратами самодельной АТС, описание которой было приведено выше.

### **Устройство переадресации вызова**

Из-за недостаточного количества телефонных номеров часто к одной телефонной линии подключено несколько телефонных аппаратов, при этом вызывной сигнал поступает одновременно на все аппараты, и невозможно определить, какого именно абонента вызывают. Обычно первый, кто снял трубку, вызывает обладателя параллельного телефона кратковременным 2—3-кратным нажатием на рычаг аппарата. При этом на параллельном аппарате звонок тихо подзванивает, и обладатель этого аппарата снимает трубку. Однако очень часто при такой манипуляции происходит отбой входящего соединения, и вашему абоненту приходится звонить вновь и вновь, тратя деньги и время.

Предлагаемое устройство позволяет переадресовать телефонный звонок на параллельный телефон простым нажатием кнопки вызова. Схема подключения телефонных аппаратов Е1, Е2 и устройств вызова (абонентских комплектов) А1, А2 к телефонной линии показана на рис. 2.16. Количество аппаратов и абонентских комплектов, подключенных к телефонной линии, может быть более двух.

Принципиальная схема устройства показана на рис. 2.17. В дежурном режиме устройство практически не потребляет ток от телефонной линии, поскольку подключенный к линии пьезоэлектрический излучатель ВФ1 имеет бесконечно большое сопротивление постоянному току. Напряжение телефонной линии при этом составляет, как правило, 60 В. Оно имеет определенную полярность, которую необходимо учитывать при подключении абонентского комплекта к линии. При поступлении вызывного сигнала абонент поднимает микротелефонную трубку, при этом в телефонной линии начинает протекать ток, а напряжение в линии падает до 10...20 В — это зависит от параметров телефонного аппарата и от его удаленности от телефонной станции. Для переадресации вызова другому абоненту нужно нажать кнопку

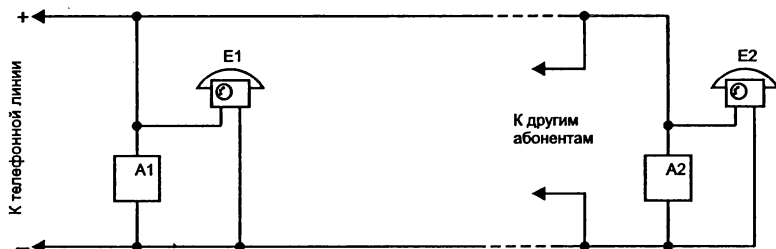


Рис. 2.16. Структурная схема устройства переадресации вызова

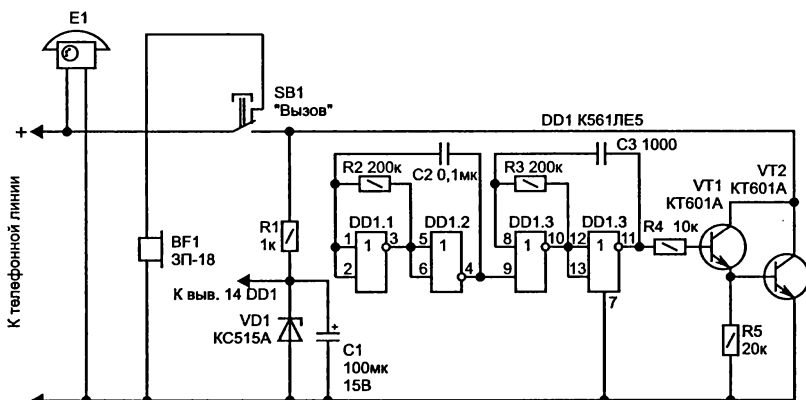
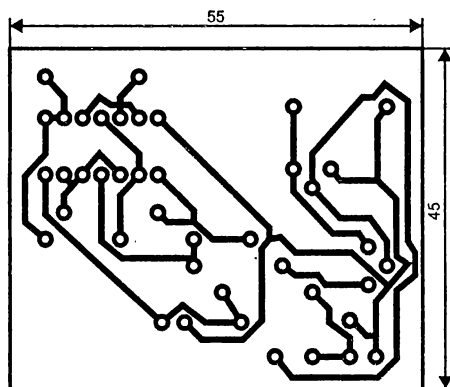


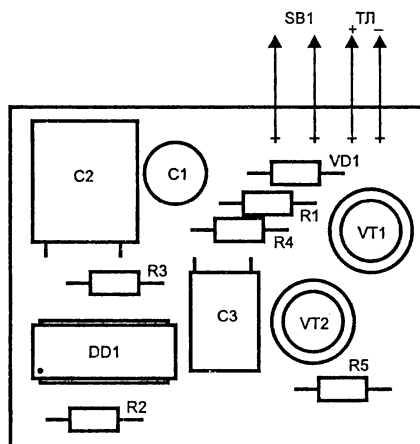
Рис. 2.17. Принципиальная схема устройства переадресации вызова

SB1 «Вызов». При этом через замыкающие контакты кнопки будет подано питающее напряжение на параметрический стабилизатор напряжения R1VD1, а с него — на элементы генератора вызова, выполненного на микросхеме DD1 и транзисторах VT1, VT2. Генератор на логических элементах DD1.1DD1.2 формирует импульсы с частотой около 20 Гц, а генератор на элементах DD3.4DD4.4 — импульсы с частотой около 2 кГц. На базу транзистора VT1 подается модулированный двухчастотный сигнал. Транзисторы VT1 и VT2 периодически замыкают телефонную линию, формируя таким образом импульсы вызывного напряжения, и у другого абонента (или нескольких абонентов) раздастся звуковой сигнал в излучателях BF1, которыми снабжены те-





а)



б)

**Рис. 2.18.** Монтажная плата устройства переадресации вызова и схема размещения деталей на ней:

*а* — вид на печатные проводники со стороны монтажа;

*б* — расположение деталей на плате

лефонные аппараты. По условленному количеству поданных сигналов или по их характеру другие абоненты поймут, кому следует снять трубку. Подбором резисторов R2, R3 можно изменять частоту вызывного сигнала, что позволит отличать абонентов друг от друга. При разговоре по телефону из излучателей может быть слышна слабая неразборчивая речь, что служит сигналом занятости телефонной линии.

В момент посылки сигнала вызова параллельному абоненту звонящий абонент будет слышать в своем телефоне микротелефонной трубки сигнал переадресации вызова.

В устройстве микросхему K561ЛЕ5 можно заменить на K561ЛА7; транзисторы KT601A (VT1, VT2) заменить на KT503E, KT604A, KT605A, KT630B, KT638A(Б), KT683A, KT940A, KT815Г, KT817Г, KT8156A и другие, рассчитанные на допустимое напряжение между эмиттером и коллектором не менее 80 В. Кнопка SB1 — типа КМ1-1. Пьезоизлучатель ЗП-1 можно заменить на ЗП-1, ЗП-2, ЗП-3, ЗП-19.

Устройство собрано в пластмассовом корпусе, выполненном в виде подставки под телефонный аппарат. Большая часть элементов устройства размещена на печатной плате (рис. 2.18). Кнопка вызова расположена на боковой поверхности корпуса, здесь же находится и пьезоизлучатель.

Подключение такого устройства к телефонной линии необходимо производить с соблюдением полярности, что является недостатком данной схемы.

На рис. 2.19 показано, как следует включить мостовой выпрямитель в абонентский комплект для того, чтобы устройство можно было бы подключать к телефонной линии в произвольной полярности. В качестве мостовой диодной сборки VD2 можно использовать также типы КЦ405, КЦ409, КЦ417 с любыми буквами.

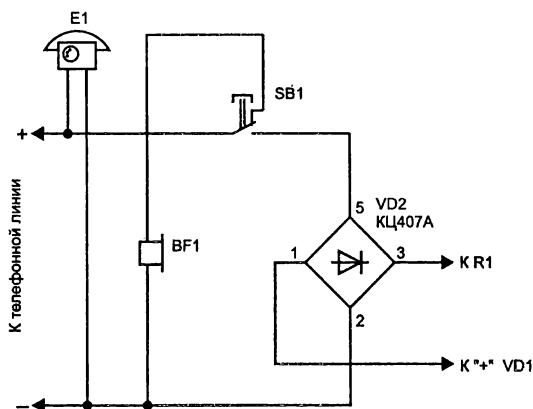


Рис. 2.19. Схема включения мостового выпрямителя в абонентский комплект

Такое устройство можно использовать для вызова параллельных абонентов и при отсутствии входящего вызова с городской телефонной станции. Следует лишь договориться о количестве вызывных сигналов: 1 звонок — Сидорову, 2 звонка — Петрову, 3 звонка — Иванову и т. д.

### **Блокираторы «пиратских» звонков**

В последние годы появился такой вид бизнеса: предприимчивые люди с помощью радиотелефона, подобрав его частоту, или проще — подключившись за пределами квартиры к телефонной паре абонента — устраивают переговорный пункт, где за полцены предоставляют желающим возможность звонить в другие страны и города. Платить за переговоры придется тому, на кого зарегистрирован телефонный номер. Такое телефонное «пиратство» весьма разорительно для добросовестных абонентов городских телефонных сетей.

Чтобы исключить несанкционированный доступ к телефонной линии со стороны посторонних лиц, используют специальные устройства, называемые блокираторами телефонного набора. Блокираторы работают таким образом, что никто, кроме хозяина телефонного номера, не сможет воспользоваться этим номером для того, например, чтобы сделать местный, междугородный или международный телефонный звонок.

Существует несколько способов воспрепятствовать пиратскому подключению к линии. Самый простой из них — на период вашего отсутствия снять телефонную трубку. Однако службы АТС не приветствуют такую меру, поскольку она увеличивает среднюю нагрузку на приборы АТС, и могут вообще отключить линию. Вторым способом — подать заявление на АТС с просьбой заблокировать линию для междугородных и международных разговоров. Если же в Вашем городе действует повременная оплата местных телефонных переговоров, то линия должна быть заблокирована и от местных телефонных звонков. Но при этом вы и сами будете лишены такой возможности. Третий способ — использовать блокиратор набора, который подключается вместо телефона или параллельно ему и не позволяет набирать вообще какой-либо номер.

Принцип действия блокиратора основан на шунтировании шлейфа телефонной линии при попытке несанкционированного доступа к ней.

Схема простого блокиратора, подключаемого к телефонной линии параллельно с телефонным аппаратом или вместо него, приведена на рис. 2.20, а. В дежурном режиме работы микротелефонная трубка не поднята ни на основном, ни на параллельном (то есть на «пиратском») телефонном аппарате. Если блокиратор при этом подключен к линии, то напряжение телефонной линии (60 В) через диодный мост VD1 приложено к параметрическому стабилизатору VD2R1R2. Поскольку напряжение телефонной линии превышает напряжение стабилизации цепи стабилитрона VD2, последний открыт, к управляющему входу ключа DA1 приложено напряжение, падающее на резисторе R2, обеспечивая открытое состояние этого ключа. Ключ DA2 при этом закрыт, и блокиратор не оказывает влияния на телефонную линию. При подключении к телефонной линии «пиратского» аппарата и попытке набора номера линия нагружается относительно небольшим сопротивлением телефонного аппарата (300...1000 Ом), и напряжение в линии падает до 10...20 В. При этом стабилитрон VD2 и ключ DA1 закрываются, а ключ DA2 открывается с некоторой задержкой, определяемой продолжительностью зарядки конденсатора C1 через резистор R3. Через резистор R5 происходит шунтирование линии, и набор номера становится невозможным, поскольку при наборе цифр номера ток телефонной линии должен периодически прерываться, а в данном случае этого произойти не может. Светодиод HL1 индицирует действие режима блокировки. Конденсатор C1 необходим для удержания ключа DA2 в открытом состоянии при действии в линии импульсов набора номера. Диод VD3 предотвращает разрядку конденсатора C1 через открытый ключ DA1 в момент времени между снятием трубки аппарата и началом набора номера. Если бы верхний по схеме вывод конденсатора C1 был непосредственно соединен с выводом 2 ключа DA2, то часть импульсов набора цифр номера проходила бы в телефонную линию, вызывая неправильное соединение. И хотя злоумышленник не достиг бы желаемого результата, но убытки он хозяину телефонного номера смог бы причинить. При данном же схемном решении конденсатор C1 заряжается через резистор R3 в течение 1...2 с после снятия трубки аппарата и остается в заряженном состоянии в течение набора каждой цифры номера, поскольку постоянная времени цепи C1R4 со-

ставляет около 2 с. По истечении этого времени, если трубка будет положена на аппарат, шунтирующая нагрузка от линии будет отключена. Блокиратор перейдет в режим ожидания до тех пор, пока снова не будет предпринята попытка набрать номер.

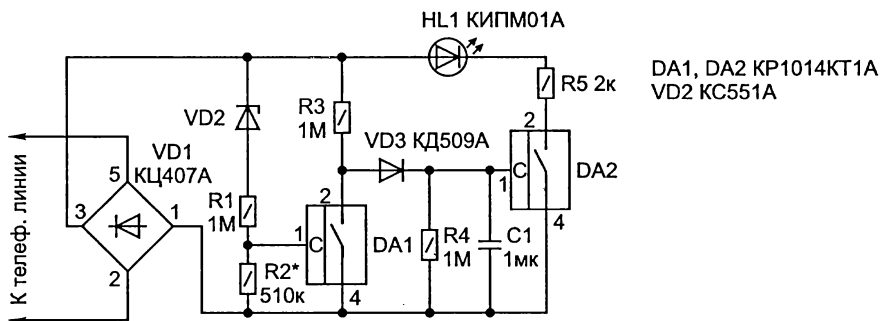


Рис. 2.20, а. Схема блокиратора телефонного набора (первый вариант)

Если в телефонной линии появляется сигнал вызывного напряжения (оно составляет величину около 100...150 В амплитудного значения частотой около 25 Гц и имеет постоянную составляющую 60 В), блокиратор срабатывать не будет, поскольку конденсатор C1 не будет успевать заряжаться в течение одного периода вызывного напряжения.

Настройка блокиратора линии состоит в подборке резистора R2 по надежному закрыванию ключа DA2 после возвращения телефонной трубки на аппарат.

Блокиратор работает правильно, если при попытке набрать номер сигнал «Ответ станции» не пропадает — это говорит о надежном шунтировании телефонной линии. Следовательно, нормальная работа аппарата возможна только при отключении блокиратора, что и защищает телефон в отсутствие хозяина от попыток пиратского использования линии. Блокиратор собран на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 2.20, б) и размещен в телефонной розетке. Светодиод располагается на боковой стороне розетки. Отключать блокиратор можно с помощью микротумблера, например, типа П1Т (на схеме не показан).

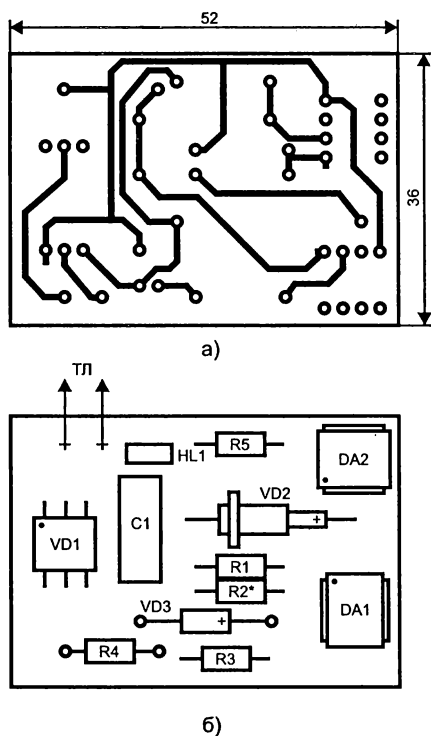


Рис. 2.20, б. Монтажная плата блокиратора (1-й вариант):

а — вид на печатные проводники со стороны монтажа;

б — расположение деталей на плате

Описанный выше блокиратор необходимо периодически отключать, а затем снова включать. Это доставляет неудобства. В связи с этим был разработан второй вариант блокиратора, через который к линии подключается телефонный аппарат хозяина номера, а все подключения к телефонной линии, минуя блокиратор, являются «пиратскими». Схема такого блокиратора показана на рис. 2.21. Основное отличие этого варианта блокиратора от предыдущего состоит в наличии датчика тока, выполненного на транзисторе VT1 и резисторе R6. Если трубка телефонного аппарата, подключенного к выходу блокиратора, покоится на месте, то транзистор VT1 закрыт и не оказывает влияния на работу устройства. При подключении к телефонной ли-

нии напрямую (а такое подключение является несанкционированным) блокиратор работает так же, как и рассмотренный выше, т. е. препятствует набору номера.

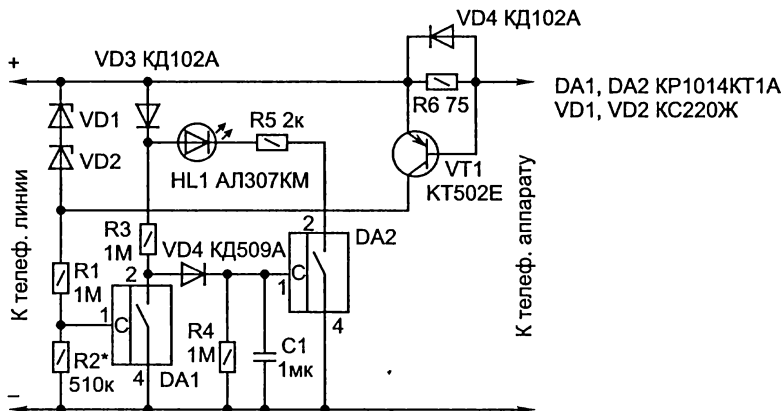


Рис. 2.21. Схема блокиратора телефонного набора (второй вариант)

Допустим, к выходу блокиратора подключен телефонный аппарат. При снятии трубки через шлейф телефонной линии и резистор R6 протекает ток, создавая на этом резисторе падение напряжения около 1...1,5 В. Это приводит к открыванию транзистора VT1. Коллекторный ток транзистора протекает через резистор R1 и удерживает токовый ключ DA1 в открытом состоянии, при этом ключ DA2 остается в закрытом состоянии, и шунтирования телефонной линии не происходит. Следовательно, законный хозяин телефонного номера может беспрепятственно пользоваться своим телефонным аппаратом, подключенным к выходу блокиратора.

На входе блокиратора нет выпрямительного моста, поэтому при его подключении к телефонной линии необходимо соблюдать полярность. Диоды VD3, VD4 — защитные. Они предохраняют токовые ключи DA1 и DA2, светодиод HL1, транзистор VT1 от действия отрицательной полуволны вызывного напряжения.

Транзистор VT1 должен допускать подачу напряжения между коллектором и эмиттером не менее 50 В. Этому условию отвечают транзисторы KT502 (с буквами В, Г, Д, Е), KT209 (Л, М), KT814 (Б, В, Г). Дио-

ды VD3, VD4 должны быть рассчитаны на допустимое обратное напряжение не менее 200 В. Можно использовать любые диоды из серий КД102, КД103, КД105, КД221, КД226, КД258.

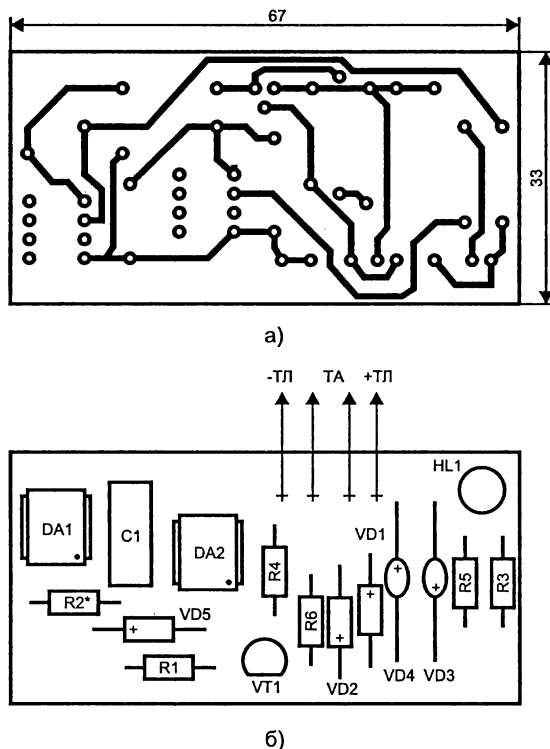


Рис. 2.22. Монтажная плата блокиратора (2-й вариант):

а — вид на печатные проводники со стороны монтажа;  
б — расположение деталей на плате

Этот вариант блокиратора также смонтирован на односторонней печатной плате (рис. 2.22).

Упомянутые выше варианты блокираторов предназначены для работы с телефонными аппаратами с импульсным набором номера. Однако в последнее время все шире и шире применяется частотный (тональный) набор. Для того, чтобы блокиратор мог защищать линию от несанкционированных подключений и в этом случае, в схему





заторах напряжения) вызвана тем, что напряжение телефонной линии изменяется в довольно больших пределах: от 60 В, когда трубка покоится на аппарате, до 10...20 В, когда трубка снята. Если бы вместо стабилизатора тока использовался резистор, то ток через него уменьшался бы в 4...6 раз при снятии трубки, и это могло бы не обеспечить достаточного тока питания микросхем DD1, DD2. Напряжение питания этих микросхем снимается со стабилитрона VD3. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения, вызванные набором номера.

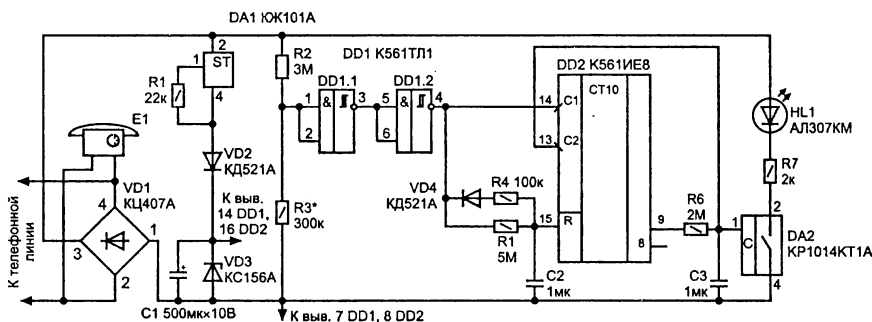


Рис. 2.24. Схема блокиратора междугородной связи

Напряжение телефонной линии с резистивного делителя напряжения R2R3 подается на вход триггера Шмитта (элемент DD1.1). При изменении напряжения телефонной линии, вызванном набором номера, на выходе элемента DD1.1 действуют импульсы напряжения, соответствующие низкому (около 0 В) и высокому (около 5 В) логическим уровням. Второй триггер Шмитта (элемент DD1.2) использован в качестве инвертора, и с его выхода импульсы поступают на микросхему DD2.

Работа микросхемы K561ИЕ8 (точнее, ее аналога — K176ИЕ8) была подробно описана в первой главе, и повторяться здесь нет смысла. Напомним лишь, что эта микросхема представляет собой двоично-десятичный счетчик, объединенный в одном корпусе с дешифратором.

Итак, когда линия не занята, и блокиратор находится в исходном состоянии, на выходе логического элемента DD1.2 действует напряжение высокого уровня. Конденсатор C2 заряжен до напряжения высокого уровня, которое приложено к входу R счетчика DD2, и триг-

геры счетчика находятся в исходном состоянии. При снятии трубки телефонного аппарата Е1, предшествующем набору номера, напряжение в линии уменьшается до 10...20 В, на выходе логического элемента DD1.2 появляется напряжение низкого уровня, и конденсатор С2 быстро (за 0,15...0,2 с) через резистор R4 и диод VD4 разряжается до напряжения низкого уровня, разрешая работу счетчика DD2. При наборе номера импульсы следуют с частотой 10 Гц, при этом на входе R сохраняется напряжение низкого уровня — благодаря действию цепи R4VD4. Если абонентом набрана цифра «8», то после поступления в линию восьми импульсов на выходе 8 счетчика DD2 (вывод 9 микросхемы) возникнет напряжение высокого уровня, и через резистор R6 начнется зарядка конденсатора С3. Примерно через 1,5...2 с напряжение на конденсаторе возрастет до напряжения высокого уровня, которое будет подано на вход С2 счетчика DD2 и запретит дальнейший счет импульсов, переведя счетчик в режим хранения информации. Такая блокировка сделана для того, чтобы возможные помехи не могли бы вызвать сбой в работе счетчика. Одновременно открывается токовый ключ DA2, и телефонная линия нагружается резистором R7. Теперь набор дальнейших цифр номера становится невозможным. В таком состоянии линия будет удерживаться замкнутым ключом DA2 до тех пор, пока телефонная трубка не будет положена на аппарат.

Для чего нужна цепь временной задержки С3R6? Она введена для выполнения следующих функций. Во-первых, исключается срабатывание ключа DA2 в том случае, когда цифра «8» входит в состав телефонного номера, не являясь первой. Ведь при наборе номера абонент не делает пауз между отдельными цифрами номера, поэтому конденсатор С3 не успевает зарядиться, а ключ DA2 остается в закрытом состоянии. Если же набирается цифра «8» для выхода на междугородную связь, то абонент должен услышать непрерывный сигнал станции, подтверждающий, что канал междугородной связи свободен. На это тратится обычно 1...2 с. Такой паузы достаточно для зарядки конденсатора С3. Во-вторых, временная задержка необходима для того, чтобы при нахождении блокиратора в исходном состоянии и поступлении в телефонную линию сигналов вызывного напряжения (как указывалось выше, они имеют частоту около 25 Гц при напряжении до 150 В) переключение триггеров счетчика DD2 не

приводило к срабатыванию ключа DA2. После каждой пачки импульсов вызывного напряжения счетчик DD2 устанавливается в исходное состояние высоким уровнем напряжения по входу R, поэтому даже кратковременное появление напряжения высокого уровня на выходе 8 счетчика не вызывает открывания ключа DA2 и удержание линии.

Из всего сказанного выше следует, что блокиратор оказывает влияние на телефонную линию только в одном случае: если набрана цифра «8», и эта цифра не содержится внутри записи телефонного номера.

Благодаря наличию выпрямительного моста VD1 допускается подключение блокиратора к шлейфу телефонной линии без соблюдения полярности. Светодиод HL1 служит для индикации режима блокировки, а при отсутствии такой необходимости может быть заменен перемычкой без какого-либо ущерба для работы блокиратора.

Микросхемы DA1, DA2 могут быть заменены микросхемами из указанных на схеме серий с любыми буквенными индексами. Микросхему K561ТЛ1 (DD1) можно заменить на K561ТЛ2 (при соответствующем изменении цоколевки); можно также попробовать заменить триггеры обычными логическими элементами, например, K561ЛА7, K561ЛЕ5, но при этом блокиратор может работать менее устойчиво с аппаратами с дисковым номеронабирателем — из-за дребезга механических контактов номеронабирателя. Микросхему K561ИЕ8 (DD2) можно попробовать заменить на K176ИЕ8, но при этом ее надежная работа не гарантируется, поскольку для микросхем серии K176 питающее напряжение должно быть 9 В с допустимым отклонением  $\pm 5\%$ , в то время как для микросхем серии K561 диапазон питающих напряжений составляет 3...15 В. Замены других элементов были описаны выше и затруднений вызвать не должны.

Блокиратор собран на односторонней печатной плате (рис. 2.25).

Блокиратор прост в настройке: подбирают резистор R3 по надежному срабатыванию триггера Шмитта DD1.1. Возможно, хотя и маловероятно, что потребуются уточнить сопротивления резисторов времязадающих цепей R5 и R6 для обеспечения описанной выше логики работы.

Данное устройство может с успехом использоваться для блокирования не только междугородных звонков, но и для запрета между-

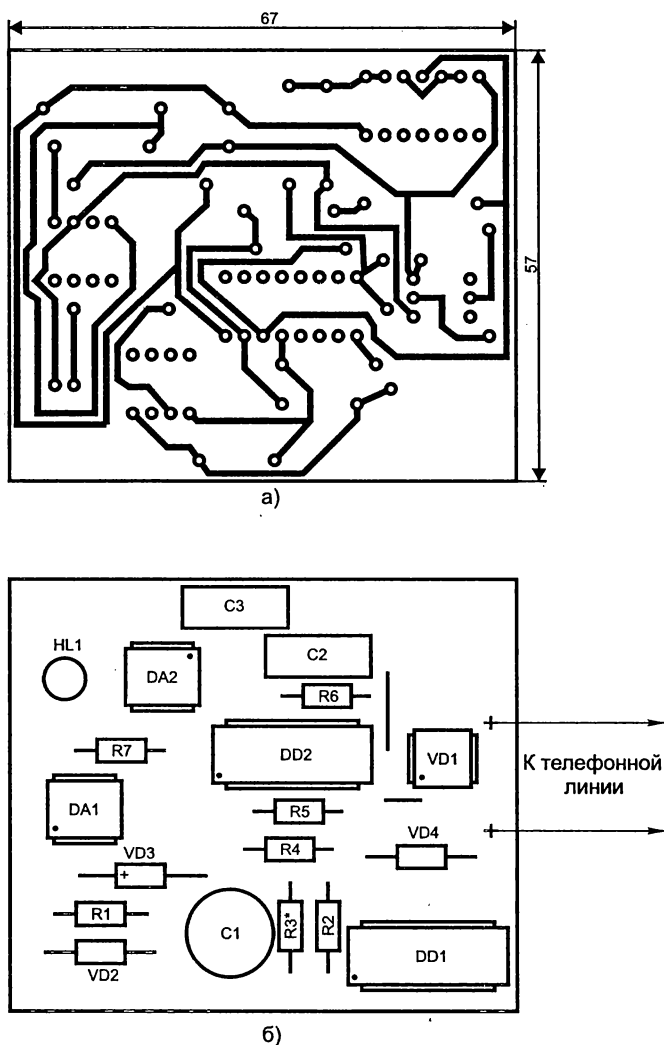


Рис. 2.25. Монтажная плата блокиратора междугородной связи:

- а — вид на печатные проводники со стороны;  
 б — расположение деталей на плате монтажа

народных звонков, которые, как известно, начинаются с цифры «7». Для этого резистор R6 следует подключить к выходу «7» (вывод 6) микросхемы DD2.

Такой блокиратор может использоваться только с телефонными аппаратами с импульсным набором номера. Выделить двухчастотные послышки, соответствующие той или иной цифре, не так-то просто. Для этого придется сконструировать частотный селектор. Желаящие могут попытаться это сделать. Чтобы хоть как-то упростить и без того непростую задачу, сообщаю всем желающим сведения о частотном кодировании цифр «7» и «8»: «семерке» соответствуют частоты 852 Гц и 1209 Гц, а «восьмерке» — частоты 852 Гц и 1336 Гц.

Об актуальности проблемы борьбы с телефонным пиратством говорит тот факт, что выпуск блокираторов налажен не только радиолюбителями-энтузиастами, но и некоторыми предприятиями. Так, например, фирма «Телесистем», расположенная в г. Зеленограде Московской области, выпускает целый ряд устройств, предназначенных для борьбы с телефонными пиратами, а также расширяющих возможности абонентов городских телефонных сетей. Расскажем о двух из них, описанных в [14].

Блокиратор междугородных переговоров предназначен для использования в основном на предприятиях и в офисах (рис. 2.26). С телефона, подключенного к линии, на которую установлен блокиратор, нельзя позвонить по межгороду. Предусмотрено программирование цифры выхода на междугородную связь (8 или 9) и порядковый номер цифры выхода (1 или 2) — это может быть полезно для

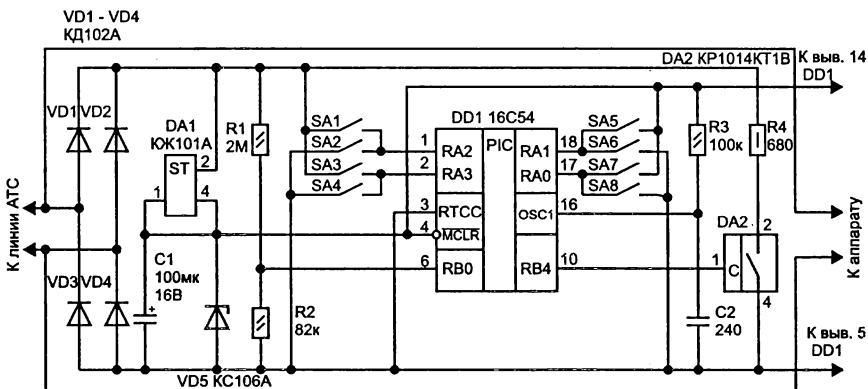


Рис. 2.26. Блокиратор междугородных переговоров на PIC-контроллере

ведомственных АТС, в которых выход в городскую сеть осуществляется через набор дополнительной цифры. Кроме режима полного запрета, блокиратор обеспечивает выход на междугородную связь через пароль — для тех, кто его знает.

Блокиратор монтируют в корпусе обычной телефонной розетки и подключают к телефонной линии. Как видно из схемы, блокиратор питается от телефонной линии.

Основа блокиратора — PIC-контроллер 16C54, программа которого определяет всю логику работы устройства. Благодаря использованию контроллера оно получилось чрезвычайно простым и надежным. Стабилизатор тока DA1 и стабилитрон VD5 обеспечивают питание устройства (3 В). Переключатели SA1—SA8 задают режимы работы. Логический уровень на входе RA2 определяет цифру выхода на межгород (8 или 9), а уровень на входе RA3 — порядковый номер цифры выхода на межгород (1 или 2).

Режим пароля определяют уровни на входах RA1 и RA0. Возможны четыре комбинации, в одной из которых пароля нет, а в трех остальных задают порядковый номер пароля. Сами варианты пароля (каждый состоит из трех цифр) записаны в ПЗУ PIC-контроллера при его программировании. Пароль набирают с телефона после цифры выхода на междугородную связь, перед кодом города.

На резисторах R1 и R2 собран «датчик» состояния линии (используется для определения набираемых цифр). Цепь R4DA2 обеспечивает подавление импульсов набора: когда открыт ключ DA2, резистор R4 шунтирует линию, поэтому набрать номер не удастся. Параметры элементов R3 и C2 определяют частоту тактового генератора контроллера (40 кГц).

На рис. 2.27 показана схема еще одной приставки на PIC-контроллере — блокиратора телефонной линии. Он предназначен в основном для частных квартир и по своему назначению аналогичен блокираторам, описанным выше. Когда поднимают трубку на «своем» телефоне, через резистор R8 протекает постоянный ток, который создает падение напряжения на этом резисторе. С резистора R8 сигнал о поднятой трубке поступает на вход RB2 контроллера DD1, и блокировка не действует. Если снимут трубку на телефонном аппарате, подключенном к линии АТС до блокиратора, сигнал на вход RB2 не поступит, и набор номера будет заблокирован цепью R6DA2.





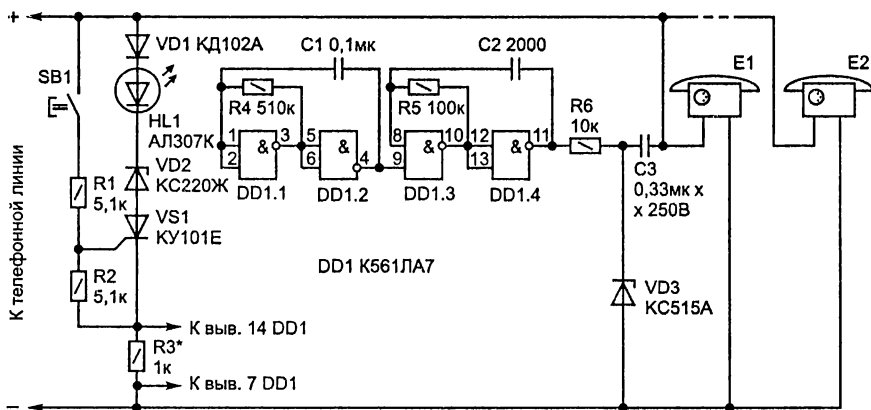


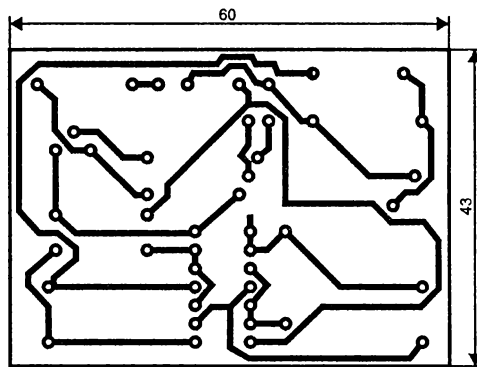
Рис. 2.28. Устройство удержания телефонной линии

Во время удержания телефонной линии в нее подается звуковой сигнал, информирующий звонившего абонента о режиме удержания. Этот сигнал формируется двумя генераторами частотами 30 Гц и 3 кГц, выполненными на логических элементах микросхемы DD1. С выхода генератора сигнал подается в линию через разделительный конденсатор C3, который исключает шунтирование телефонной линии по постоянному току резистором R6 и внутренними элементами микросхемы DD1 в дежурном режиме работы устройства.

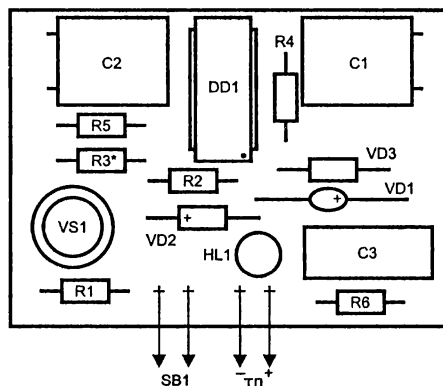
При снятии трубки аппарата E2 напряжение в линии снизится до величины 10...15 В, что приведет к закрыванию стабилитрона VD2 и, следовательно, тринистора VS1. Генераторы перестанут работать, и абоненты могут вести разговор.

Несколько слов о назначении некоторых деталей устройства. Дiod VD1 необходим для предотвращения подачи напряжения обратной полярности на светодиод HL1, тринистор VS1 и микросхему DD1 при действии в телефонной линии переменного напряжения вызывного сигнала. Стабилитрон VD3 защищает выход микросхемы DD1 также от действия вызывного напряжения. Резистор R2 обеспечивает надежное закрытое состояние тринистора VS1 при действии возможных помех.

Микросхему К561ЛА7 можно заменить на К561ЛЕ5. Тринистор VS1 может быть также КУ101Г. Конденсатор C3 — К73-17, К76, К78, МБМ, МБГО. Кнопка SB1 — КМ1-1, П2К.



а)



б)

**Рис. 2.29.** Монтажная плата устройства удержания телефонной линии:

а — вид на печатные проводники со стороны монтажа;  
б — расположение деталей на плате

Устройство смонтировано на печатной плате из одностороннего стеклотекстолита (рис. 2.29) и установлено в корпусе телефонного аппарата Е1, причем светодиод HL1 выведен на переднюю стенку аппарата. Резистор R3 подбирают таким, чтобы при открытом транзисторе VS1 напряжение на этом резисторе составляло 10...15 В и при этом обеспечивалось удержание линии.

При подключении устройства к линии необходимо соблюдать указанную полярность.

### Вместо звука звонка — световой сигнал

Такие приставки к телефонному аппарату предназначены для людей с пониженным слухом и обеспечивают световую индикацию при поступлении вызова к абоненту. Схема первого варианта приставки показана на рис. 2.30. При появлении в телефонной линии переменного вызывного напряжения ток протекает через разделительный конденсатор  $C1$ , диоды выпрямительного моста  $VD1$  и светодиод оптопары  $U1$ . При этом симистор оптопары открывается и обеспечивает протекание тока через цепь управляющего электрода симистора  $VS1$ . Симистор открывается, обеспечивая зажигание осветительной лампы  $EL1$ , которая и сигнализирует о поступающем вызове.

Конденсатор  $C1$  необходим для того, чтобы световой сигнализатор реагировал только на переменное напряжение в телефонной линии и не шунтировал бы линию по постоянному току.

Использованная в сигнализаторе оптопара зарубежного производства МОС3052 рассчитана на коммутацию напряжения до 400 В, причем допускается подача как прямого, так и обратного напряжения, среднее значение тока коммутации до 100 мА, ток управления может быть в пределах 10...60 мА. Нумерация выводов оптопары показана на рис. 2.29, б. Из отечественных оптронов в качестве  $U1$  можно использовать АОУ160А (Б, В), параметры которых аналогичны параметрам примененной оптопары (но отличается нумерация выводов) [15]. Можно также применить оптоэлектронные реле, в котором объединены в одном корпусе слаботочная оптопара и силовой симистор, например, из серии 5П19ТС [16]. Рекомендуется также оз-

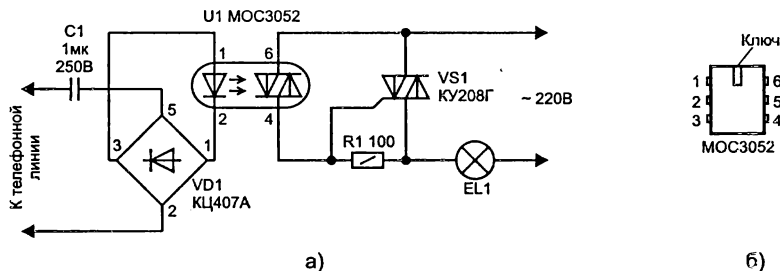


Рис. 2.30. Световой сигнализатор вызова (первый вариант):

а — принципиальная схема; б — нумерация выводов оптопары

накопиться с приложением 5 данной книги «Одиннадцать схем коммутаторов нагрузки на тиристорах».

Во втором варианте светового сигнализатора вызова (рис. 2.31) отсутствует гальваническая связь с линией АТС, что упрощает и ускоряет установку сигнализатора (он выполнен в виде подставки под телефонный аппарат). Индуктивный датчик L1 располагают в магнитном поле катушки звонка телефонного аппарата. Создаваемое им переменное напряжение через разделительный конденсатор C1 поступает на вход усилителя на логическом элементе DD1.1, работающем в аналоговом (линейном) режиме. Такой режим достигается введением отрицательной обратной связи по постоянному току через резистор R2. Усиленный в десятки раз сигнал через дифференцирующую цепь C2R3 поступает на формирователь — триггер Шмитта, выполненный на логических элементах DD1.2, DD1.3. С выхода триггера Шмитта сигнал поступает (через резисторы R6, R7) на базу высоковольтного транзистора VT1, включенного в цепь управляющего электрода VS1. Особенность такого способа включения транзистора — незначительная рассеиваемая на нем мощность. Это объясняется тем, что после открывания тринистора напряжение между коллектором и эмиттером транзистора уменьшается до 1...2 В, и ток через него практически прекращается. Тринистор управляет нагрузкой — осветительной лампой HA1, которая и сигнализирует о поступающем вызове к абоненту. Конденсатор C4 сглаживает пульсации вызывного напряжения и исключает мерцание сигнальной лампы HA1.

Микросхема питается от параметрического стабилизатора, в котором работают элементы R10, VD1, C3.

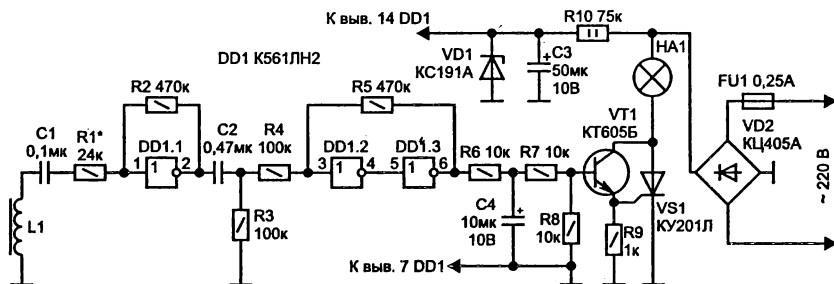


Рис. 2.31. Схема второго варианта светового сигнализатора

В качестве микросхемы DD1, помимо указанной на схеме, можно также применить К561ЛН1, К561ЛА7, К561ЛА9 или соответствующие аналоги из серии К176. Транзистор VT1 — КТ506, КТ605, КТ940 с любыми буквами. Тринистор VS1 — КУ201К (Л), КУ202 (К—Н). Конденсаторы — КМ-6, К10-7 (C1, C2), К50-16, К50-24, К50-35 (C3, C4). Функцию датчика L1 выполняет катушка от электромагнитного реле типа РС13 (паспорт РС4.523.026). Она содержит 28000 витков провода ПЭВ-1 0,05 и обладает сопротивлением постоянному току 8 кОм. Длина катушки 40 мм. Подойдут также катушки от аналогичных реле типа РКН, РКМ. Можно применять и самодельный датчик. Его магнитопроводом может быть стальной пруток диаметром 5...7 мм (например, отрезок обычного гвоздя).

Устройство смонтировано на плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 2.32). Плату размещают в корпусе размерами 210 × 140 × 40 мм в виде подставки под телефон. Катушка-датчик L1 должна находиться на расстоянии не более 50...70 мм от обмотки звонка телефонного аппарата — для надежного «улавливания» электромагнитного поля.

Настройка светового сигнализатора состоит в подборке резистора R1, которым устанавливают требуемую чувствительность устройства.

Сигнальная лампа HL1 должна быть рассчитана на мощность 25...150 Вт: при меньшей мощности ток через тиристор может ока-

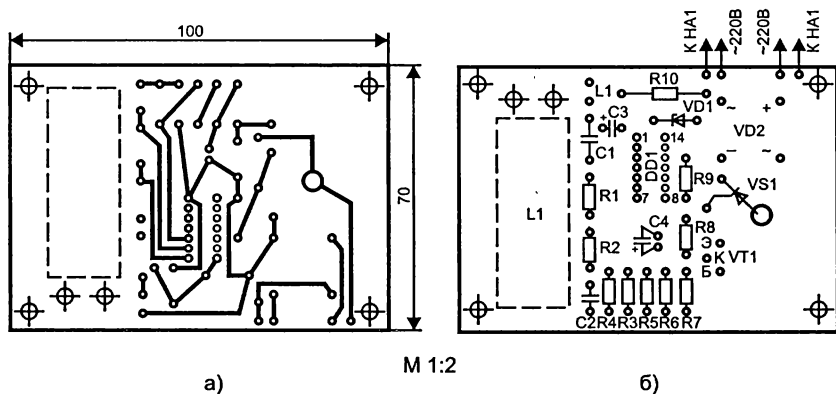


Рис. 2.32. Монтажная плата светового сигнализатора:

а — вид со стороны печатных проводников; б — размещение деталей на плате

заться меньше тока удержания, что приведет к неустойчивой работе тиристора, а при большей мощности лампы тиристор будет сильно нагреваться. Впрочем, указанной мощности вполне достаточно для любых применений сигнализатора.

### Создание «антиподслушивателей»

Электромагнитный звонок телефонного аппарата или электромагнитный излучатель электронного вызывного устройства являются акустическими преобразователями, т. е. способны улавливать звуки и преобразовывать их в электрический сигнал. Эти сигналы поступают в телефонную линию и могут быть использованы любопытными для прослушивания помещения, где установлен телефонный аппарат. Чтобы исключить передачу сигнала в линию АТС с телефонного аппарата, микрофонная трубка которого покоится в исходном положении, телефонный аппарат необходимо подключать к линии АТС через диоды так, как показано на рис. 2.33. Включение диодов VD1—VD4 надежно исключит поступление в линию АТС сигнала, индуцируемого элементами вызывного устройства. Дело в том, что этот сигнал составляет всего лишь единицы милливольт, а напряжение открывания диодов составляет сотни милливольт. В то же время встречно-параллельное включение диодов не препятствует прохождению к телефонному аппарату вызывного сигнала переменного тока. Диоды должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 100 В. Помимо указанных на принципиальной схеме, можно использовать диоды типов КД102Б, КД104А, КД105 и КД106 с любыми буквенными индексами. Эти диоды монтируют в корпусе телефонной розетки.

**Вторая приставка** исключает прослушивание с параллельного телефонного аппарата. Ее схема показана на рис. 2.34. Аппарат Е1

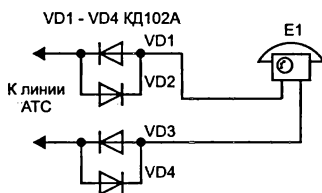


Рис. 2.33. Схема приставки против подслушивания

будем называть основным, а E2 — дополнительным. Действие приставки, включающей элементы VD1, VD2, VS1, основано на том, что при занятии линии АТС аппаратом E1 напряжение в линии падает от величины 60...100 В до 10...15 В. Этого напряжения оказывается недостаточно для открывания стабилитрона VD2 и тиристора VS1. В результате абонент E2, снявший трубку в то время, когда абонент E1 ведет разговор, не сможет услышать разговор, поскольку тиристор VS1 будет закрыт. В то же время если линия АТС свободна, то абонент E2 может снять трубку, набрать номер и установить соединение. При входящем вызове абонент E2 также может снять трубку и вести разговор (в аппарате E2, равно как и в E1, будет звонить звонок). Однако если во время занятия линии абонентом E2 абонент E1 снимает трубку, то аппарат E2 включится в линию, а E2 — отключится от нее. Следовательно, абонент E1 обладает приоритетом по отношению к E2. Чтобы ни один из абонентов не имел приоритета по отношению к другому, следует аппарат E1 подключить к линии через такую же приставку, что и E2.

Элементы приставки могут располагаться внутри корпуса телефонного аппарата или выполняются в виде отдельного узла.

## Громкоговорящий телефонный аппарат

Некоторые из имеющихся в продаже телефонных аппаратов имеют усилитель сигнала телефонной линии, благодаря чему несколько человек, находящихся в одном помещении, имеют возможность одновременно слышать телефонный разговор. Но и аппарат, не имею-

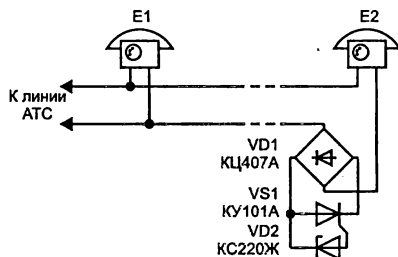


Рис. 2.34. Схема приставки, исключающей прослушивание с параллельного телефонного аппарата





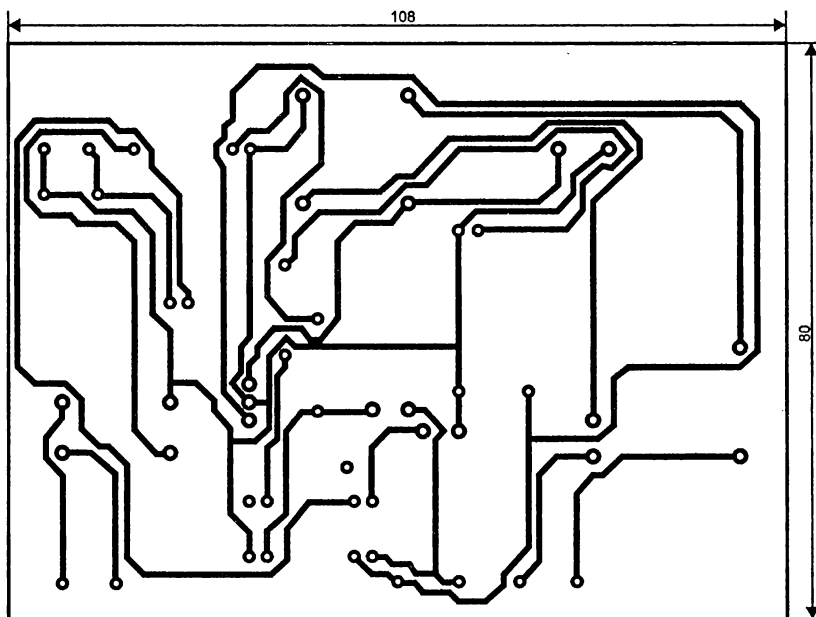


Рис. 2.36. Монтажная плата громкоговорящей приставки:  
а — вид со стороны печатных проводников

КМ-6, К10-17 или К73-17. Постоянные резисторы МЛТ или С2-23. Переменный резистор R1 — с выключателем, типов СПЗ-3, СПЗ-4, СПЗ-10, СПЗ-30, СПЗ-33 или другого типа. Выпрямительный мост VD1 — КЦ405, КЦ407 с любыми буквами. Трансформатор Т1 — выходной трансформатор любого типа от транзисторного приемника (например, ТВ-12 — от радиоприемника «ВЭФ-12» или «ВЭФ-201»), причем в качестве обмотки I использована выходная обмотка, т. е. трансформатор работает как повышающий. Сетевой трансформатор Т2 — типа ТП133, ТПП203—ТПП209 или любой другой, вторичная обмотка которого рассчитана на напряжение 8...10 В при токе не менее 100 мА. Динамическая головка ВА1 — любого типа, мощностью 0,5...2 Вт, с сопротивлением постоянному току 4...16 Ом.

Приставка собрана в пластмассовом корпусе подходящих размеров. Большая часть элементов расположена на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита или гетинакса (рис. 2.36). Провода, идущие от обмотки II трансформатора Т1 к переменному резистору R1 и от него к конденсаторам С1, С2, должны

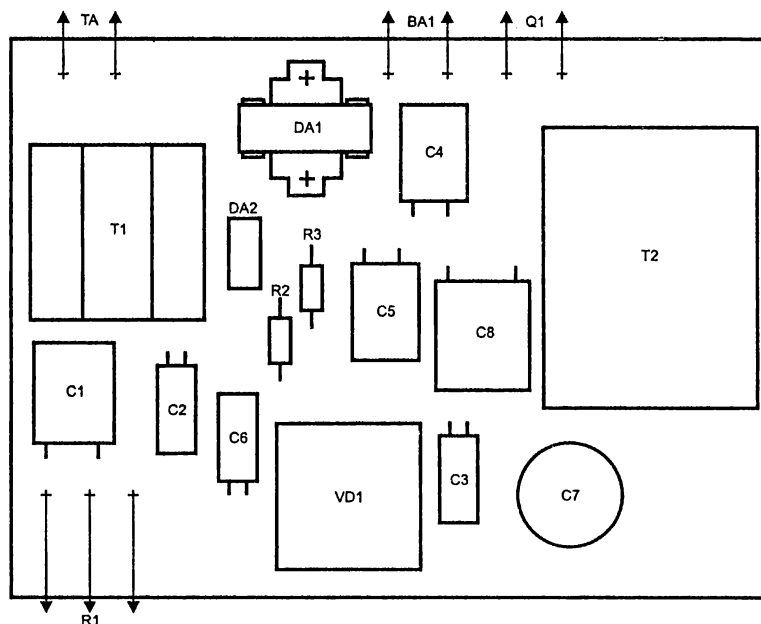


Рис. 2.36. Монтажная плата громкоговорящей приставки:  
б — размещение деталей на плате

быть экранированными. Экран соединяется с общим проводом питания. Микросхемы DA1 и DA2 снабжены небольшими радиаторами площадью по 5...10 см<sup>2</sup> каждый.

Устройство, собранное без ошибок из исправных деталей, не требует налаживания. При прослушивании телефонного разговора переменным резистором R1 устанавливают такую громкость, чтобы она была достаточной, но чтобы не возникала акустическая обратная связь между динамической головкой BA1 и микрофоном телефонного аппарата.

## 2.5. Телефон на службе охраны

### Охранная сигнализация через клавишный телефон

Если Ваша квартира имеет телефон, то можно обратиться в подразделение вневедомственной охраны местного отделения милиции, которое установит датчики охраной сигнализации и подключит их к

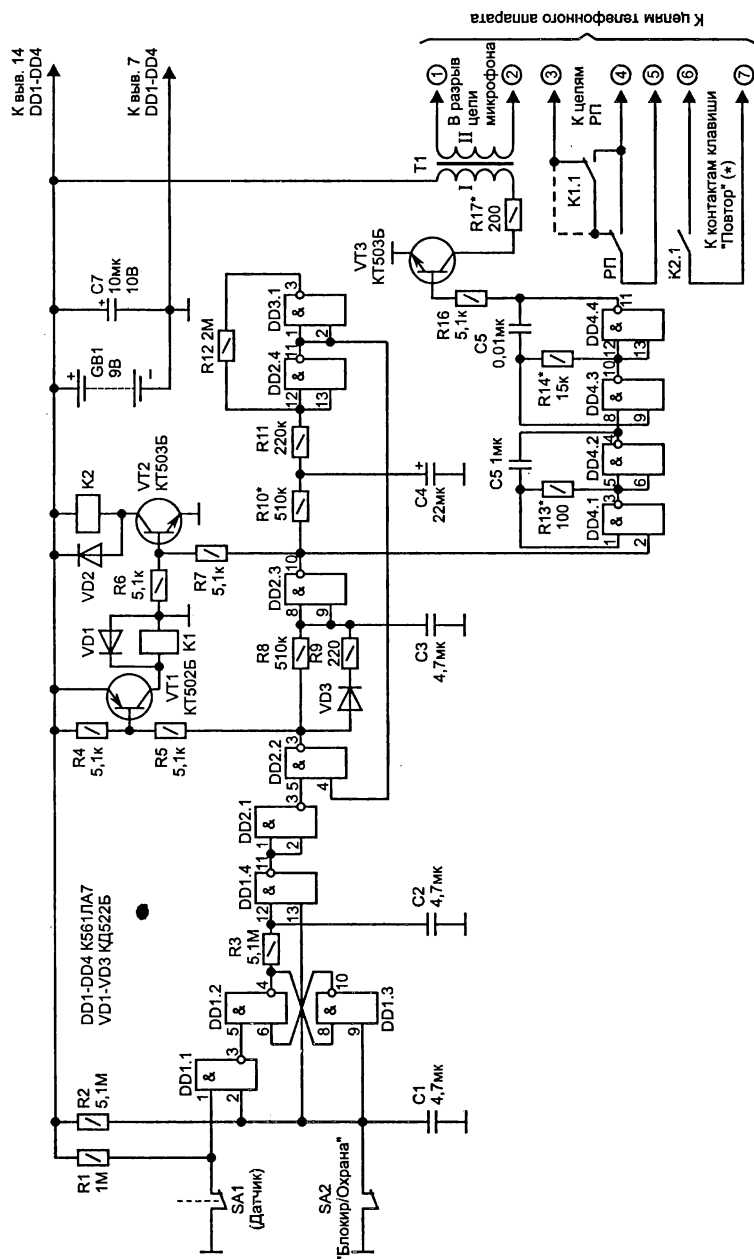
телефонной линии. При проникновении в квартиру злоумышленника тревожный сигнал по телефонной линии будет передан на пульт охраны, и ее сотрудники примут меры. Однако радиолюбитель может и самостоятельно изготовить приставку к телефонному аппарату, которая при срабатывании охранных датчиков выдаст тревожный сигнал в телефонную линию. Такая приставка используется совместно с клавишным телефонным аппаратом, имеющим память последнего набранного номера. При несанкционированном проникновении в охраняемое помещение телефонный аппарат автоматически производит набор номера, записанного в память аппарата. Это может быть номер соседей хозяина квартиры, его служебный телефон и др. Услышав в трубке тревожный прерывистый сигнал, хозяин помещения сможет своевременно принять меры, обратившись в милицию.

Принципиальная схема приставки показана на рис. 2.37. Контакты охранного датчика обозначены на схеме SA1. При закрытых двери или окнах эти контакты замкнуты, при открытых — разомкнуты. Все контакты соединяют последовательно. Выключатель SA2 определяет режим работы устройства: «Блокировка» или «Охрана». В режиме «Блокировка», когда контакты выключателя SA2 замкнуты, тревожный сигнал вырабатываться не будет независимо от положения контактов датчика SA1. В этом режиме устройство находится, когда хозяева в квартире, а дверь и окна могут быть открыты.

Если контакты SA1 и SA2 находятся в показанном на схеме положении, то на выводе 4 микросхемы DD1, который является выводом RS-триггера, выполненного на логических элементах DD1.2, DD1.3, действует напряжение низкого уровня. При этом реле K1 и K2, контакты которых подключены к цепям телефонного аппарата, обесточены. Конденсатор C3 заряжен до напряжения питания, а C4 — разряжен. Генераторы тревожного сигнала, выполненные на микросхеме DD4, заторможены.

Если в таком режиме (режиме блокировки) разомкнуть контакты датчика SA1, то состояние RS-триггера не изменится, поскольку на выводе 2 логического элемента DD1.1 по-прежнему действует напряжение низкого уровня.

Устройство переводится в режим охраны при уходе из помещения — для этого необходимо разомкнуть контакты выключателя SA2. При этом начинается зарядка конденсатора C1 через резистор



**Рис. 2.37. Схема устройства охранной сигнализации**

R2. Пока конденсатор не зарядится до напряжения, равного напряжению переключения логического элемента DD1.1 по выводу 2, можно открывать дверь, размыкая контакты датчика SA1 — RS-триггер не изменит своего состояния. Длительность задержки выбрана равной 15...20 с — за это время нужно успеть выйти из помещения и закрыть дверь, возвратив контакты датчика SA1 в исходное состояние. Когда конденсатор C1 зарядится до нужного напряжения, устройство перейдет в режим охраны. Если теперь открыть дверь, то размыкание контактов датчика SA1 вызовет появление на выводе 1 логического элемента DD1.1 напряжения высокого уровня. Поскольку на выводе 2 этого элемента также напряжение высокого уровня, на выходе DD1.1 появится напряжение низкого уровня, что приведет к переключению RS-триггера в противоположное состояние, соответствующее напряжению высокого уровня на выводе 4 логического элемента DD1.2. Возврат контактов датчика в исходное положение не изменит состояния RS-триггера. Если в помещение вошел хозяин, то он замкнет контакты выключателя SA2, и RS-триггер возвратится в исходное состояние. Если же в помещение проник злоумышленник, не знающий о наличии охранной сигнализации, то он только закроет дверь, но не изменит положение контактов выключателя SA2 — это впоследствии и подведет его.

На выходе логического элемента DD1.2 будет действовать напряжение высокого уровня, которое через резистор R3 заряжает конденсатор C2. Через 15...20 с напряжение на конденсаторе C2 достигнет порога переключения логического элемента DD1.4 (по выводу 12). Поскольку на выводе 13 этого логического элемента также напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD1.4 появится напряжение низкого уровня, а на выходе DD2.1 — высокого уровня, которое подается на вывод 5 логического элемента DD2.2. На выводе 6 этого элемента также напряжение высокого уровня, поэтому на выходе элемента DD2.2 появляется напряжение низкого уровня. Откроется транзистор VT1, и сработает реле K1, имитирующее поднятие трубки телефонного аппарата (подробнее о подключении контактов реле K1, K2 к телефонному аппарату будет рассказано ниже). Через резистор R8 начнет разряжаться конденсатор C3. Через 1,5...2 с напряжение на нем станет равным напряжению низкого логического уровня, и на выходе элемента DD2.3 появится напряжение

высокого логического уровня. Это приведет к срабатыванию реле К2, и в линию АТС начнут поступать импульсы набора запрограммированного номера. Одновременно напряжение высокого уровня поступит на вывод 2 логического элемента DD4.1, и начнут работать два генератора, выполненные на логических элементах микросхемы DD4. Первый из них (элементы DD4.1, DD4.2) вырабатывает импульсы частотой 2...3 Гц, а второй (элементы DD4.3, DD4.4) — импульсы звуковой частоты (около 800 Гц). Транзистор VT3 усиливает импульсы по мощности, и с обмотки II трансформатора Т1 тревожный сигнал поступает в цепь микрофона телефонного аппарата, а с него — в линию АТС. Тревожный сигнал начинает генерироваться одновременно с началом набора номера, а в линию АТС поступает по окончании набора, так как во время набора цепи микрофона и телефона обычно отключаются номеронабирателем.

Одновременно с началом набора номера через резистор R10 начнется зарядка конденсатора C4, который соединен с входом триггера Шмитта (логические элементы DD2.4, DD3.1). Через 10...15 с напряжение на конденсаторе C4 превысит порог переключения триггера Шмитта, и на выходе элемента DD2.4 появится напряжение низкого уровня. Оно будет приложено к нижнему по схеме входу логического элемента DD2.2, в связи с чем на его выходе появится напряжение высокого уровня. Реле К1 отпустит, что равнозначно возврату микротелефонной трубки на рычаг телефонного аппарата, затем с задержкой 0,5...1 с, определяемой параметрами R9 и C3, отпустит реле К2, и генераторы тревожного сигнала затормозятся. Конденсатор C4 начнет разряжаться через резистор R10. Поскольку за время, прошедшее с момента переключения триггера Шмитта DD2.4, DD3.1 (около 0,5...1 с), напряжение на конденсаторе C4 изменилось незначительно, то и разрядка конденсатора до нижнего порога переключения произойдет примерно за 1 с. Эта задержка введена для того, чтобы перед началом нового цикла набора номера приборы АТС успели бы возвратиться в исходное состояние.

Таким образом, через 1 с после отпускания реле К2 триггер DD2.4, DD3.1 переключится, на вывод 6 логического элемента DD2.2 будет подано напряжение высокого уровня, и устройство повторит набор номера и выдачу в линию тревожного сигнала. Повтор набора номера будет продолжаться до тех пор, пока контакты SA2 не будут

возвращены в исходное состояние. Необходимость многократного повтора вызвана тем, что устройство не анализирует состояние линии и не «знает», произошло ли соединение с абонентом. При многократном наборе номера вероятность того, что тревожный сигнал будет услышан, значительно повышается.

Задержка срабатывания реле K2 относительно K1 (1,5...2 с) введена для того, чтобы к началу набора номера произошло надежное удержание линии АТС (при ручном наборе номера мы начинаем набирать номер, услышав непрерывный гудок — «ответ станции», и проходят те же 1,5...2 с).

Временная задержка, обеспечиваемая цепью R3C2, необходима для того, чтобы при входе хозяина в квартиру он успел отключить сигнализацию.

Приставка может работать с любым телефонным аппаратом с клавишным набором и памятью последнего набранного номера, например Спектр-305, «Электроника ТА-5», «Электроника ТА-1152». Контакты реле K1 следует соединить с контактами рычажного переключателя РП так, как показано на схеме утолщенными линиями. Проводник, обозначенный штриховой линией, на печатной плате телефонного аппарата следует удалить. Контакты реле K2 подключают параллельно контактам кнопки повтора, которая на клавиатуре телефонного аппарата обозначается символом «\*». Если используемый телефонный аппарат имеет память дополнительных телефонных номеров (ТА-11430ИН «Элта», приставка «Виза-32»), то контакты K2.1 следует подключить параллельно кнопке, соответствующей запрограммированному номеру. Обмотка II трансформатора Т1 включается последовательно с микрофоном микротелефонной трубки телефонного аппарата.

Большую часть времени устройство охранной сигнализации находится в ждущем режиме, и в это время оно не оказывает никакого влияния на работу телефонного аппарата. Ток, потребляемый от батареи GB1, не превышает 10 мкА, поэтому выключатель питания не требуется. Конденсатор C7 улучшает работу устройства при повышении внутреннего сопротивления батареи GB1 в конце срока ее службы, однако сильной разрядки батареи не следует допускать, поскольку охрана помещения — дело слишком серьезное, и батарею

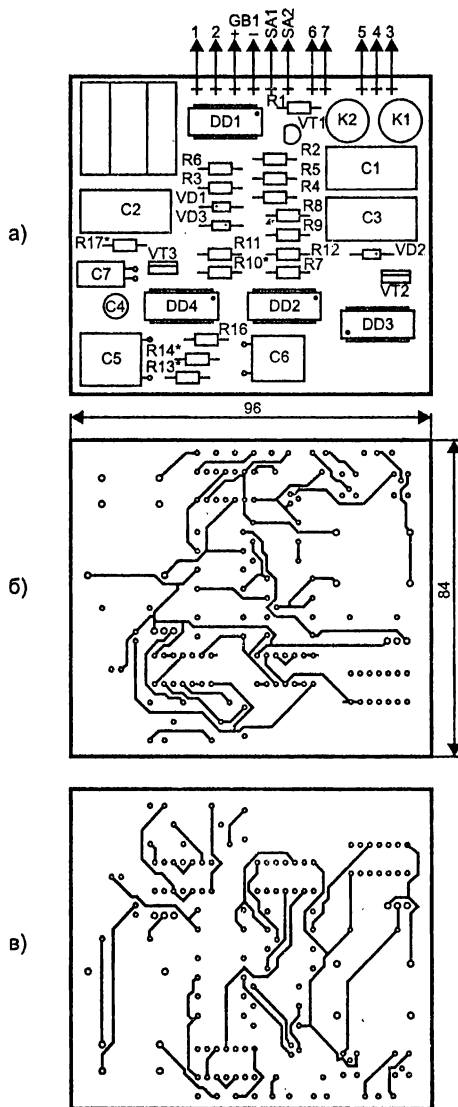
питания следует периодически менять, не дожидаясь полной ее разрядки.

Микросхемы серии К561 можно заменить микросхемами серии К176. Конденсаторы С1—С4, работающие во времязадающих цепях, должны иметь малые токи утечки. Подойдут конденсаторы типов К73-17 (С1—С3), К53-1, К53-4 (С4). Конденсаторы С5, С6 могут быть КМ-6, К10-7, К10-17, К73-17; С7 — К50-6, К50-16, К50-35. Транзистор VT1 может быть типов КТ203, КТ209, КТ361, КТ502, КТ3107 с любыми буквами, а VT2, VT3 — КТ315, КТ342, КТ503, КТ3102, КТ3117 с любыми буквами. Диоды VD1—VD2 — типов КД102, КД509, КД510, КД513, КД521, КД522 с любыми буквами. Реле К1, К2 — типа РЭС15, исполнение РС4.591.003, или типа РЭС55, исполнение РС4.569.602. Трансформатор Т1 — выходной трансформатор от транзисторного приемника, например, ТВ-12. Самодельный трансформатор может быть выполнен на магнитопроводе  $5 \times 6$  мм из пермаллоя марки 50Н. Обмотка I содержит 320 витков провода ПЭВ-1 0,08, обмотка II — 100 витков провода ПЭВ-1 0,17. Можно также попробовать использовать и переходные (согласующие) трансформаторы от транзисторных приемников. Датчик SA1 — любой нормально замкнутый контакт, например, от реле РСМ, РКН или на основе геркона и магнита, например — СМК-1. Выключатель SA2 — типов П2К, МТ1 (с фиксацией). Батарея GB1 — «Крона» или «Корунд» или любая другая на напряжение 9 В. Удобно использовать 7—8 дисковых аккумуляторов Д-0,25 или Д-0,55, соединенных последовательно. Их можно многократно заряжать. Однако саморазряд у них выше, чем у гальванических элементов.

Почти все элементы приставки смонтированы на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 2.38). Устройство желательно располагать недалеко от телефонного аппарата. Выключатель SA2 должен находиться в потайном месте.

Настройка устройства несложная. Резисторами R13 и R14 подбирают желаемые частоту повторения и тембр тревожного сигнала, а резистором R17 — необходимую громкость сигнала. Может потребоваться подборка резистора R10 в зависимости от продолжительности набора номера: триггер DD2.4, DD3.1 должен переключаться только после того, как весь номер будет набран в линию.





**Рис. 2.38.** Монтажная плата устройства охранной сигнализации:

- а* — расположение деталей на плате;  
*б* — вид на печатные проводники со стороны деталей;  
*в* — вид на печатные проводники со стороны монтажа

## Приставка-сторож к телефонному аппарату

Представьте, что вы уехали в отпуск далеко от родного дома. Что происходит в ваше отсутствие в квартире? Все ли благополучно? Вы можете набрать телефонный номер своей квартиры и послушать, что там происходит: стучат ли ходики, мяукает ли кот и пр. В этом вам поможет описываемое ниже устройство. Оно позволяет осуществлять дистанционное прослушивание помещения, где установлен телефон. Для этого достаточно набрать телефонный номер, где установлено устройство, немного подождать, пока в линию АТС включится микрофон прослушивающего устройства, — и в течение нескольких минут на другом конце провода можно услышать все, что происходит в помещении.

Принципиальная схема такого устройства приведена на рис. 2.39. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен формирователь импульсов по схеме триггера Шмитта. Он преобразует синусоидальное входное вызывное напряжение (оно возникает в линии при подаче вызова на телефон и приводит в действие звонок) в прямоугольные импульсы. Импульсы (их частота около 25 Гц) через резисторы R7, R8 и диод VD1 заряжают конденсатор C3, в результате во время действия вызывного напряжения на верхней обкладке конденсатора C3 имеется уровень напряжения логической 1. Таким образом, элементы R7, R8, VD1 и C3 формируют из пачки импульсов одиночный импульс. Это напряжение инвертируется логическим элементом DD1.3 и поступает на вход C1 микросхемы DD3. По входу C1 изменение состояния счетчика DD3 происходит по фронту импульса. Но для работы микросхемы в счетном режиме на входе R должно быть напряжение логического нуля; подачей на этот вход уровня логической 1 счетчик устанавливается в исходное состояние (логическая 1 на выходе 0). Рассмотрим, как происходит установка счетчика в исходное состояние и счетный режим работы.

Первый же импульс вызывного напряжения, поступивший с линии АТС, приводит к появлению на выходе логического элемента DD1.1 напряжения логического 0, которое через диод VD2 и резистор R6 быстро разряжает конденсатор C2 до напряжения логического 0. В промежутках между пачками импульсов, поступающих с линии АТС, на выходе элемента DD1.1 — напряжение логической 1, и

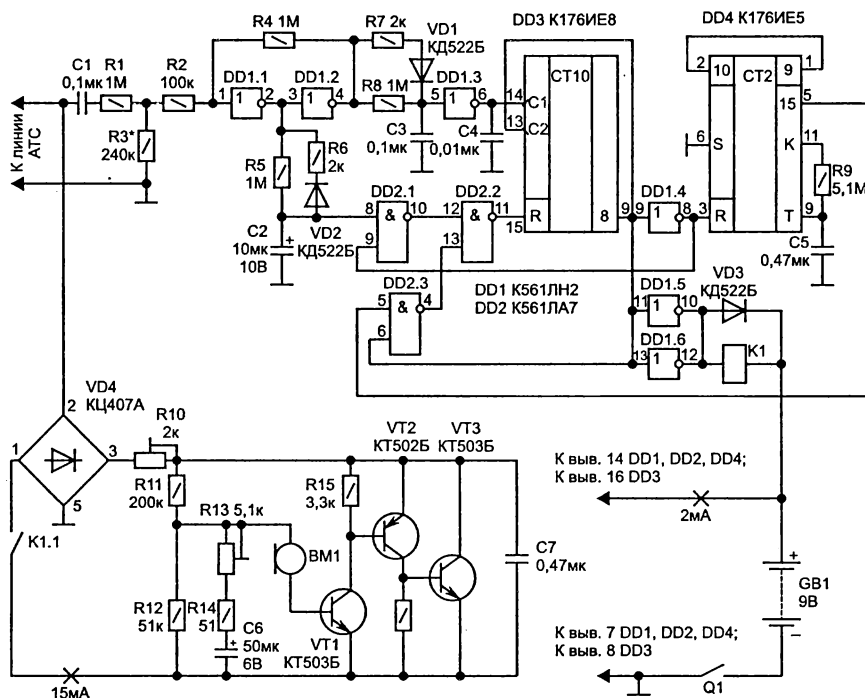


Рис. 2.39. Приставка-сторож к телефонному аппарату

конденсатор  $C2$  через резистор  $R5$  заряжается напряжением логической 1, но постоянная времени цепи  $C2R5$  выбрана такой, что за время паузы между вызывными послылками на выводе 8 логического элемента  $DD2.1$  имеется напряжение логического 0. При этом на выходе элемента  $DD2.1$  имеется напряжение логической 1. На выходе элемента  $DD2.3$  — также напряжение логической 1, поскольку на обоих его выходах — уровень логического 0 (хотя такого уровня достаточно и на одном входе). На выходе  $DD2.2$  — уровень логического 0, который подается на вход  $R$  микросхемы  $DD3$ , разрешая счетный режим работы. До прихода же первого импульса вызывного напряжения на вход триггера Шмитта на выходе  $DD1.1$  был уровень логической 1, на выходе  $DD2.1$  — логического 0 и счетчик  $DD3$  находился в исходном состоянии подачи логической 1 на вход  $R$ . Счетчики микросхемы  $DD4$  также находятся в исходном состоянии (напряжения низкого уровня на выводах 1, 5), поскольку на вход  $R$

подано напряжение высокого уровня. Таким образом, счетчик DD3 готов к работе в счетном режиме, а счетчик DD4 находится в исходном состоянии, но импульсы считать пока не может по причине напряжения логической 1 на входе R.

После прихода на вход устройства первой пачки импульсов вызывного напряжения счетчик DD3 устанавливается в рабочее состояние и начинает считать поступающие на вход C1 импульсы. По фронту 8-го импульса на выходе 8 счетчика устанавливается напряжение высокого уровня. При этом:

- поступивший на вход C2 высокий уровень напряжения запрещает дальнейшую работу счетчика DD3 (его триггеры переходят в режим хранения информации);
- низкий уровень напряжения с инвертора DD1.4 поступает на нижний по схеме вход логического элемента DD2.1 и обеспечивает наличие напряжения низкого уровня на входе R счетчика DD3 при зарядке конденсатора C2 до напряжения высокого уровня (так как импульсы с линии АТС уже не будут поступать вследствие замыкания линии в результате срабатывания реле K1);
- напряжение высокого уровня, поданное на нижний по схеме вход логического элемента DD2.3, подготавливает этот элемент к приему напряжения высокого уровня на его входе, который соединен с выходом 15 (вывод 5) счетчика DD4;
- напряжение низкого уровня на выходах соединенных параллельно логических элементов DD1.5 и DD1.6 приводит к срабатыванию реле K1;
- на вход R микросхемы DD4 поступает напряжение низкого уровня.

Реле K1 своими контактами K1.1 подключает через диодный мост VD4 к линии АТС микрофонный усилитель-двухполюсник, выполненный на транзисторах VT1—VT3. Характерной особенностью такого усилителя является то, что его питание осуществляется непосредственно от линии АТС. Сигнал с микрофона BM1 поступает на вход усилителя, собранного на транзисторах VT1—VT3. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью по напряжению через резисторы R11—R14, конденсатор C1 и транзистор VT3. При работе усилителя изменяется ток через резистор R10, что вызывает изменение

тока через выходные контакты двухполюсника и, следовательно, ток в линии АТС. Коэффициент усиления двухполюсника достигает 3000...4000, что обеспечивает высокую чувствительность устройства.

Микрофон ВМ1 обязательно должен быть активным преобразователем, т. е. преобразующим звук непосредственно в напряжение — в отличие от угольного (пассивного), преобразующего звук в изменение сопротивления. Конденсатор С7 устраняет возможное самовозбуждение усилителя, а мостовой выпрямитель VD4 служит защитой элементов приставки от неправильного подключения к линии АТС.

Усиленный с микрофона сигнал подается в линию АТС, и вызывающий абонент в течение времени заполнения счетчика DD4 (т. е. около 3 мин) имеет возможность прослушивать шумы в помещении. Акустическая чувствительность устройства такова, что можно услышать звуки, источник которых находится на расстоянии 4...5 м от микрофона ВМ1.

На микросхеме DD4 выполнен генератор, совмещенный с 15-разрядным счетчиком. Времязадающая цепь генератора образована элементами R9 и C5; при указанных на схеме значениях этих элементов частота импульсов генератора составляет около 100 Гц. Подача напряжения низкого уровня на вход R микросхемы разрешает работу генератора и счетчиков-делителей. В результате примерно через 3 мин на выходе последнего разряда счетчика (вывод 5 микросхемы) появляется напряжение высокого уровня, которое поступает на вход элемента DD2.3. При этом на выходе этого логического элемента появляется напряжение низкого уровня, которое подается на нижний по схеме вход элемента DD2.2; на его выходе при этом появляется напряжение высокого уровня, устанавливающее счетчик DD3 в исходное состояние. Реле К1 отпускает, триггеры микросхемы DD4 устанавливаются в исходное состояние. Таким образом, устройство возвратилось в исходное состояние и готово к приему новой серии вызывных сигналов с линии АТС. Поскольку подключение микрофона с усилителем к линии АТС происходит по окончании 8-го вызывного сигнала («звонка»), а большинство абонентов, звонящих по телефону, дают не более 4—5 «звонков», маловероятно, что не знающие секрета абоненты смогут привести устройство в состояние прослушивания. В этом случае, т. е. если на устройство поступило менее 8 вызывных посылок, по окончании серии этих посылок уст-

ройство возвратится в исходное состояние через 5...7 с, т. е. после зарядки конденсатора С2 до напряжения высокого уровня. Но даже если какой-либо настойчивый абонент даст более восьми вызывных сигналов, то для непосвященного будет трудно понять, что устройство включилось в режим прослушивания помещения. Скорее всего, абонент сочтет, что на станции произошел сбой, и положит трубку.

В устройстве использованы широко распространенные детали. Микросхему К561ЛА7 можно заменить на К176ЛА7, К176ИЕ8 — на К561ИЕ8. Остальные микросхемы аналогов в серии К176 не имеют. В качестве транзисторов VT1, VT3 можно использовать КТ503, КТ315, КТ342, КТ3102, КТ3117 с любыми буквами, в качестве VT2 — КТ502, КТ361, КТ209, КТ3107 с любыми буквами. Диодный мост КЦ407А можно заменить на КЦ402, КЦ405 с буквами А—Е или любой другой, допускающий подачу обратного напряжения не менее 150 В и прямой ток не менее 50 мА. Диоды VD1—VD3 — любого типа. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23 — мощностью 0,125 или 0,25 Вт; подстроечные резисторы R10 и R13 — типов СПЗ-38, СПЗ-16, СП5-2. Конденсаторы С2, С6 — К50-16, К50-35, К50-29, остальные — КМ-6, К10-17, К10-23 или К73-17. Реле К1 — герконовое, типа РЭС64А, исполнение РС4.569.726 (сопротивление обмотки составляет около 2000 Ом при рабочем токе около 5 мА). Микрофон ВМ1 — обязательно активный преобразователь, т. е. вырабатывающий ЭДС, в отличие от угольного, который изменяет сопротивление. Подойдут микрофонные капсулы типов ТЭМК-3-Т, МДМ-7 и др. аналогичные.

Приставка-сторож смонтирована на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 2.40). Если в монтаже не допущено ошибок, то устройство начинает работать сразу. С помощью подстроечного резистора R13 добиваются наибольшей акустической чувствительности, а подстроечным резистором R10 устанавливают ток через двухполюсник-усилитель в диапазоне 15...20 мА. (Разумеется, указанные регулировки следует делать после прохождения вызывных сигналов от звонящего абонента, т. е. при замкнутых контактах реле К1.1.)

Подборкой резистора R3 добиваются надежного срабатывания триггера Шмитта от сигналов вызывного напряжения.

Устройство питается от батареи гальванических элементов GB1 (например, «Крона», «Корунд», 6F22 либо 6 шт. последовательно со-

единенных элементов 316, 373, R6, R14) или батарею аккумуляторов Д-0,25, Д-0,55 — 7—8 элементов. Очевидно, что, когда хозяева находятся дома, устройство должно быть отключено от источника питания; с этой целью предусмотрен выключатель Q1 марки П1Т, МТ1—МТ3 или любой другой.

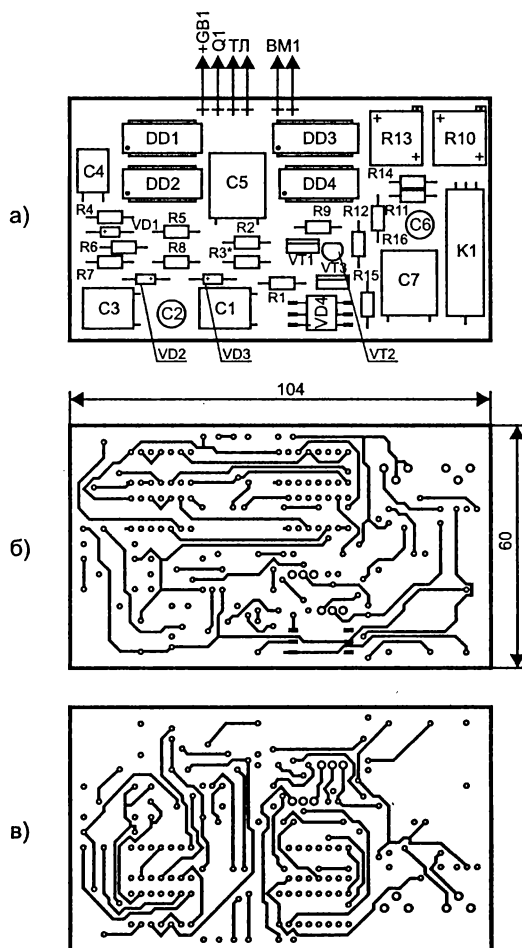


Рис. 2.40. Монтажная плата приставки-сторожа:

- а — расположение деталей на плате;  
 б — вид на печатные проводники со стороны деталей;  
 в — вид на печатные проводники со стороны монтажа

В режиме ожидания микросхемы устройства потребляют ток 2...3 мА, т. е. энергии источника питания хватает на 20...30 суток непрерывной работы (в зависимости от емкости батареи GB1).

### Имитатор поднятия трубки

Известно, что воры, прежде чем попасть в квартиру, проверяют наличие хозяев, звоня в эту квартиру по телефону. Если никто не снимает трубку — значит, квартира пуста. Чтобы обмануть воров, нужно создать присутствие хозяев в квартире. С этой целью была разработана приставка, которая подключается к телефонной линии взамен телефонного аппарата и позволяет имитировать поднятие телефонной трубки с ее последующим опусканием на рычаг телефонного аппарата, если по данному телефонному номеру кто-либо попытается дозвониться.

Схема приставки приведена на рис. 2.41, а. Поступающее с линии АТС вызывное напряжение (его амплитуда обычно составляет 80...120 В) выпрямляется диодным мостом VD2. Через разделительный диод VD4 выпрямленное напряжение подается на конденсатор C3, который сглаживает пульсации. Стабилитрон VD5 ограничивает напряжение на уровне около 15 В — именно такое напряжение необходимо для питания микросхемы DD1. Емкость конденсатора C3 выбрана такой, что в промежуток времени между вызывными послылками (3...5 с) на выводах 7 и 14 микросхемы DD1 поддерживается напряжение, достаточное для нормальной работы микросхемы (оно может составлять от 3 В до 15 В). Одновременно через диод VD3, резисторы R1 и R2 начинается зарядка конденсатора C4. Как только напряжение на его обкладках достигнет напряжения переключения триггера Шмитта (он выполнен на логических элементах DD1.1, DD1.2, резисторах R4, R5), триггер переключится, и на его выходе (вывод 4 микросхемы) возникнет напряжение высокого уровня. Откроется транзистор VT1, эмиттер и коллектор которого включены в диагональ выпрямительного моста VD1. Линия АТС будет зашунтирована низким сопротивлением открытого транзистора, что обеспечит ее удержание. Подача сигналов вызова прекратится, а звонивший абонент на другом конце провода услышит характерный щелчок, имитирующий снятие трубки вызываемым абонентом.



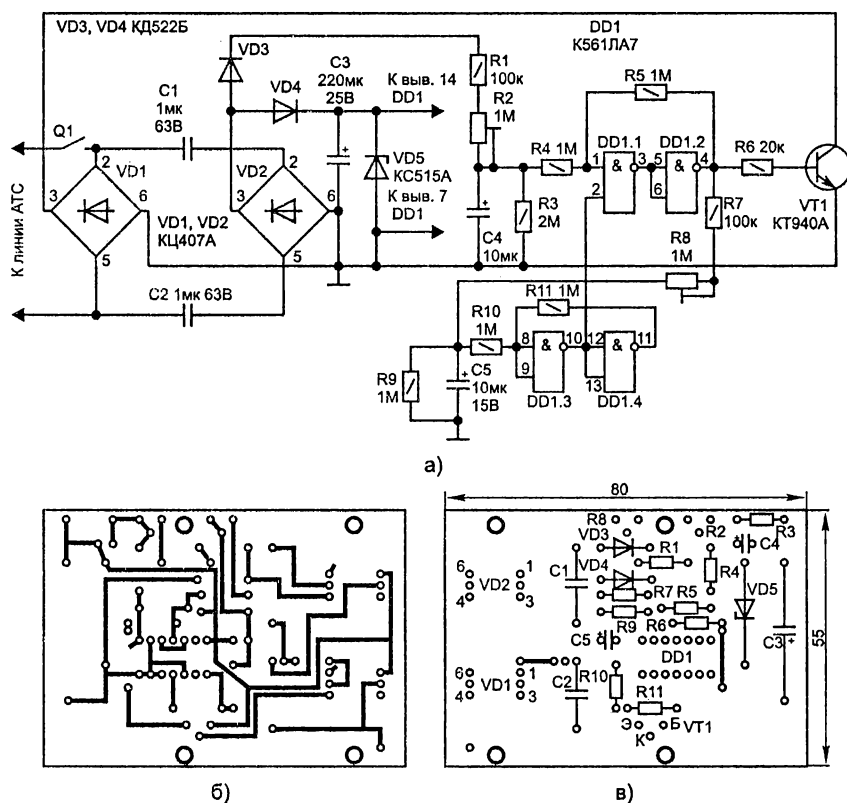


Рис. 2.41. Имитатор поднятия трубки телефонного аппарата:

- а* — принципиальная схема;  
*б* — расположение печатных проводников;  
*в* — расположение элементов на плате

Напряжение высокого уровня на выходе логического элемента DD1.2 создаст ток зарядки конденсатора C5 через резисторы R7, R8. Через некоторое время напряжение на конденсаторе C5 достигнет порога переключения второго триггера Шмитта (логические элементы DD1.3, DD1.4 и резисторы R10, R11). При этом напряжение низкого уровня с выхода элемента DD1.3 будет подано на вход первого триггера Шмитта (вывод 2 микросхемы). Транзистор VT1 закроется, и в линию АТС пойдет сигнал отбоя — звонивший абонент услышит

«короткие гудки». Устройство возвратилось в исходное состояние, в котором оно находится большую часть времени.

Резисторы R3, R9 обеспечивают полную разрядку конденсаторов C4, C5 после завершения очередного цикла работы устройства. Конденсаторы C1, C2 обеспечивают развязку по постоянному току цепей питания микросхемы (выпрямительный мост VD2) и цепей шунтирующего ключа VT1 (мост VD1); кроме того, конденсаторы C1, C2 ограничивают величину вызывного тока, т. е. выполняют функцию балластных сопротивлений по переменному току.

Микросхему K561ЛА7 можно заменить на K561ЛЕ5, а также аналогами из серии K176: K176ЛА7, K176ЛЕ5, однако в последнем случае стабилитрон KC515A следует заменить на KC191A или другой с напряжением стабилизации 8...9 В. (Напомним, что для микросхем серии K561 напряжение питания может составлять от 3 В до 15 В, а для микросхем K176 оно должно быть равно 9 В  $\pm 5\%$ ). В качестве транзистора VT1 можно использовать транзисторы других типов, у которых максимально допустимое напряжение между коллектором и эмиттером составляет не менее 120 В (например, КТ506, КТ601, КТ604, КТ605 с любыми буквами, а также КТ630В, КТ683А). Диоды VD3, VD4 — КД509, КД510, КД513, КД521, КД522 с любыми буквами. Подстроечные резисторы R2, R8 — СПЗ-38а (б), СПЗ-16г (в) или другого типа. Конденсаторы C1, C2 — К73-17, C4—C6 — К50-24, К50-29. Выключатель Q1 — П1Т, МТ1, П2К.

Элементы устройства смонтированы на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 2.45, б, в), которая помещена в пластмассовую коробку подходящих размеров. Подстроечные резисторы должны располагаться так, чтобы к ним обеспечивался доступ отверткой.

Налаживание устройства состоит в подборе желаемых временных интервалов с помощью подстроечных резисторов. Подстроечным резистором R2 регулируют задержку обеспечения занятости линии относительно момента поступления первой вызывной посылки (в пределах 8...15 с), а подстроечным резистором R8 — длительность удержания линии (в тех же пределах).

**Завершая разговор** о телефонных аппаратах, приставках к ним и переговорных устройствах, автор рекомендует читателям познакомиться с собственной книгой [17], а также с книгами [9—11, 18].

# **Глава 3.**

## **СХЕМЫ И МОНТАЖНЫЕ ПЛАТЫ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

### **3.1. Об аккумуляторе и режиме его зарядки**

Аккумуляторные батареи являются весьма распространенными источниками постоянного тока. С развитием автомобильного транспорта они стали основными автономными источниками электрической энергии, обеспечивающими запуск двигателя и снабжение электроэнергией электроприборов автомобиля. Кроме того, аккумуляторы используются в источниках бесперебойного питания, которые обеспечивают электроэнергией переменного или постоянного тока аппаратуру при пропадании сетевого напряжения.

Соблюдение режима эксплуатации аккумуляторных батарей, и в частности режима зарядки, гарантирует их безотказную работу в течение всего срока службы. Зарядку аккумуляторных батарей производят вполне определенным током, значение которого можно определить по формуле  $I = 0,1Q$  для кислотных и  $I = 0,25Q$  для щелочных аккумуляторных батарей, где  $Q$  — паспортная электрическая емкость аккумуляторной батареи,  $A \cdot ч$ ;  $I$  — средний зарядный ток,  $A$ .

Установлено, что зарядка чрезмерно большим током приводит к деформации пластин аккумуляторов и даже разрушению их; зарядка малым током вызывает сульфатацию пластин и снижение емкости аккумуляторной батареи. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации батареи, обеспечивает оптимальное протекание электрохимических процессов в ней и нормальную работу в течение длительного времени. Степень заряженности аккумуляторной батареи можно контролировать как по значению плотности электролита и напряжению (для кислотных), так и по напряжению (для щелочных) на полюсных выводах.

Окончание зарядки кислотной аккумуляторной батареи определяют по следующим признакам: напряжение на каждом аккумуляторе батареи достигает 2,5...2,6 В; плотность электролита достигает определенного значения и больше не изменяется; происходит обильное газовыделение — электролит «кипит»; электрическая емкость, сообщенная батарее на 15...20% больше емкости, отданной в процессе разрядки.

Кислотные аккумуляторные батареи чувствительны к недозарядке и перезарядке, поэтому их зарядку надо заканчивать своевременно.

Щелочные аккумуляторные батареи менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на каждом аккумуляторе напряжения 1,6...1,7 В и сообщением батарее 150...160% емкости, отданной ею в процессе разрядки.

Следует сказать, что проблема определения момента окончания зарядки аккумуляторной батареи является весьма актуальной. Не существует какого-либо одного универсального критерия, характеризующего степень заряженности батареи и удобного для выработки электрического сигнала на отключение аккумулятора от зарядной цепи. Например, плотность электролита достаточно точно характеризует степень заряженности свинцового аккумулятора, но только в том случае, если значение плотности было известно для полностью заряженного или полностью разряженного аккумулятора, а также если известна температура электролита. Однако процесс замера плотности электролита практически не поддается автоматизации, а потому этот критерий не может быть положен в основу построения зарядных устройств. Напряжение на зажимах аккумуляторной батареи очень удобно использовать в качестве критерия, по которому судят о степени заряженности аккумулятора и формируют сигнал на отключение аккумулятора от зарядной цепи. Однако это напряжение зависит от многих факторов, в том числе и не связанных со степенью заряженности аккумуляторной батареи: ее индивидуальных особенностей, степени износа, температуры батареи и пр. Поэтому можно смело сказать, что пока не создано универсального зарядного устройства, которое могло бы обеспечить оптимальное протекание химических процессов при зарядке аккумулятора и обеспечить своевременное отключение от зарядной цепи по окончании зарядки.

### 3.2. Простейшие зарядные устройства

Зарядное устройство обычно состоит из понижающего трансформатора  $T$ , выпрямителя  $VD$  и регулятора тока зарядки (рис. 3.1). В качестве регуляторов тока часто используют галетный переключатель, коммутирующий отводы вторичной обмотки трансформатора (рис. 3.1, а), переменные резисторы  $R_{\text{доб}}$  большой мощности, включаемые в цепь вторичной (рис. 3.1, б) и первичной (рис. 3.1, в) обмоток трансформатора, а также балластный конденсатор  $C_b$ , включенный последовательно с первичной обмоткой трансформатора  $T$  (рис. 3.1, з).

Недостатком зарядного устройства с галетным переключателем является то обстоятельство, что из-за слишком малого (единицы миллиом) внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи даже незначительные изменения напряжения питающей сети могут привести к резкому росту зарядного тока, перегреву трансформатора и выходу его из строя. Зарядные устройства с добавочными резисторами позволяют плавно регулировать зарядный ток, но имеют низкий КПД и на резисторах выделяется много тепла.

Из простых зарядных устройств наиболее предпочтительна схема с балластным конденсатором (рис. 3.1, з). В таком устройстве тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах выпрямительного моста  $VD$  и трансформаторе  $T$ , поэтому нагрев устройства незначителен.

В процессе зарядки напряжение на аккумуляторной батарее увеличивается, а ток, текущий через нее, стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора  $T_1$ , падение напряжения на ней увеличивается, в результате чего ток через батарею  $GB1$  изменяется незначительно.

Попробуем рассчитать основные параметры зарядного устройства с балластным конденсатором. Введем следующие обозначения:

$U_1, U_2$  — среднее значения напряжений на первичной и вторичной обмотках трансформатора соответственно, В;

$I_1, I_2$  — среднее значения токов первичной и вторичной обмоток, А;

$E$  — напряжение питающей сети, В;

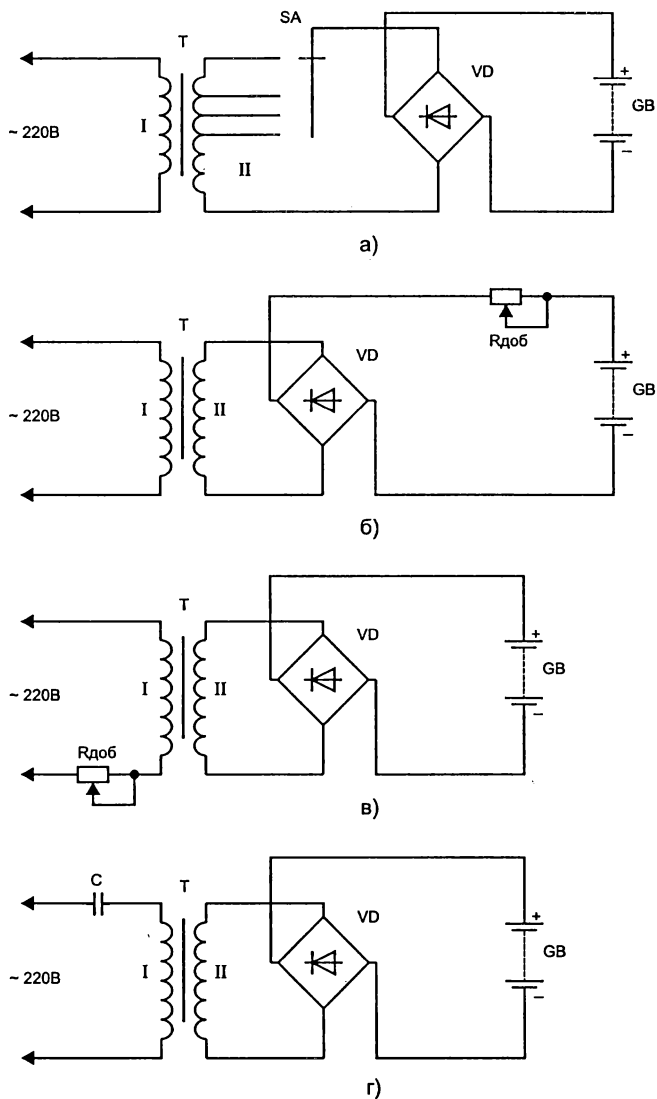


Рис. 3.1. Простейшие зарядные устройства:

- а — с галетным переключателем;  
 б — с переменным резистором в цепи вторичной обмотки;  
 в — с переменным резистором в цепи первичной обмотки;  
 г — с балластным конденсатором

$C$  — емкость конденсатора, Ф;

$R_c$  — емкостное сопротивление конденсатора переменному току, Ом;

$K$  — коэффициент трансформации трансформатора Т,  $K = U_1 / U_2$ ;

$U_c$  — действующее значение напряжения на конденсаторе, В.

Условно примем мощность холостого хода трансформатора равной нулю.

Выразим ток во вторичной обмотке (то есть зарядный ток аккумуляторной батареи) через другие параметры и переменные. Для этого запишем очевидные соотношения:

$$I_2 = K \cdot I_1; U_1 = K \cdot U_2. \quad (1)$$

Ток через конденсатор находим по формуле

$$I_1 = U_1 / R_c, \quad (2)$$

а напряжение на нем

$$U_c = \sqrt{E^2 - K^2 U^2}. \quad (3)$$

При этом предполагается, что сдвиг фаз между напряжениями  $U_c$  и  $U_1$  составляет  $90^\circ$ , поскольку трансформатор полностью нагружен и представляет собой активное сопротивление. С учетом (1), (2), (3) получим:

$$I_2 = (K / R_c) \sqrt{E^2 - K^2 U^2}. \quad (4)$$

Отсюда видно, что ток заряда зависит от коэффициента трансформации  $K$ , причем при определенном значении  $K$  ток будет максимальным. Это значение назовем  $K_{\text{опт}}$  и найдем его. Из дифференциального исчисления известно, что в точке максимума функции ее производная равна нулю. Следовательно, необходимо найти  $dI_2 / dK = 0$ . После несложных преобразований получим

$$K_{\text{опт}} = E / (\sqrt{2} \cdot U_2). \quad (5)$$

Отсюда видно, что при  $K = K_{\text{опт}}$   $U_1 = U_c = E / \sqrt{2}$ .

Найдем максимальное значение тока  $I_2$ , соответствующее  $K_{\text{опт}}$ . Для этого подставим (5) в (1) и (2):

$$I_2 = K_{\text{опт}} E / (\sqrt{2} \cdot R_c). \quad (6)$$

Сопротивление конденсатора переменному току можно найти по формуле

$$R_c = 1 / (2\pi f C), \quad (7)$$

где  $f$  — частота питающей сети (50 Гц).

Подставив (7) в (6), получим:

$$I_2 = \sqrt{2} \pi f C K E. \quad (8)$$

Для напряжения сети 220 В формула (8) примет более простой вид:

$$I_2 = 48500 K_{\text{опт}} C, \quad (9)$$

откуда находим емкость конденсатора:

$$C = I_2 / 48500 K_{\text{опт}}. \quad (10)$$

Мощность трансформатора определяем по формуле

$$P = 1,5 U_2 I_2. \quad (11)$$

В качестве примера произведем расчет зарядного устройства, предназначенного для зарядки автомобильных аккумуляторных батарей до напряжения 16 В током до 15 А. По формуле (5) находим оптимальный коэффициент трансформации:  $K_{\text{опт}} = 10$ . По формуле (10) находим требуемое значение емкости конденсатора и увеличиваем эту величину на 20% (своего рода коэффициент запаса):  $C = 37,5$  мкФ. По формуле (8) находим ток короткого замыкания вторичной обмотки трансформатора:  $I_{2\text{кз}} = 21$  А. Ток короткого замыкания всего лишь в полтора раза превышает номинальный ток, поэтому такое устройство не боится кратковременных (до нескольких минут) коротких замыканий в цепи зарядки. По формуле (11) определяем номинальную мощность трансформатора:  $P = 380$  Вт. Первичную обмотку рассчитывают на полное напряжение сети для большей надежности устройства и возможности применения готовых понижающих трансформаторов, вторичную обмотку — на напряжение, в полтора раза большее, чем напряжение аккумуляторной батареи в конце ее зарядки (то есть на 24 В).

При изготовлении подобного зарядного устройства необходимо предусмотреть возможность автоматического отключения его от сети при обрыве цепи нагрузки, так как ненагруженный трансформатор



представляет собой «чистую» индуктивность и вместе с конденсатором образуют колебательный контур, в котором возникнут резонансные колебания; при этом от перенапряжения могут выйти из строя конденсатор и трансформатор.

Исходя из вышеизложенных рекомендаций и расчетов было собрано устройство, обеспечивающее зарядку 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А, причем ток зарядки можно изменять от 1 до 15 А ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства, когда батарея полностью зарядится. Оно не боится кратковременных коротких замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней. Схема этого устройства приведена на рис. 3.2. Магазин конденсаторов состоит из конденсаторов C1—C4, суммарная емкость которых составляет 37,5 мкФ. Выключателями Q1—Q4 можно подключать различные комбинации конденсаторов и тем самым регулировать ток зарядки. Например, для тока зарядки, равного 11 А, необходимо замкнуть контакты выключателей Q1, Q2 и Q4.

Допустим, что к гнездам XS1 и XS2 подключена аккумуляторная батарея и выключателями Q1—Q4 установлен требуемый зарядный ток. В этом случае при нажатии кнопки SB1 «Пуск» сработает реле K1, контактами K1.1 оно заблокирует кнопку SB1 (симистор VS1 будет находиться в открытом состоянии), а контактами K1.2 подключит к заряжаемой батарее цепь автоматического отключения устройства. Контакты K1.2 необходимы для того, чтобы батарея не разряжалась после отключения устройства от сети через резисторы R1—R3.

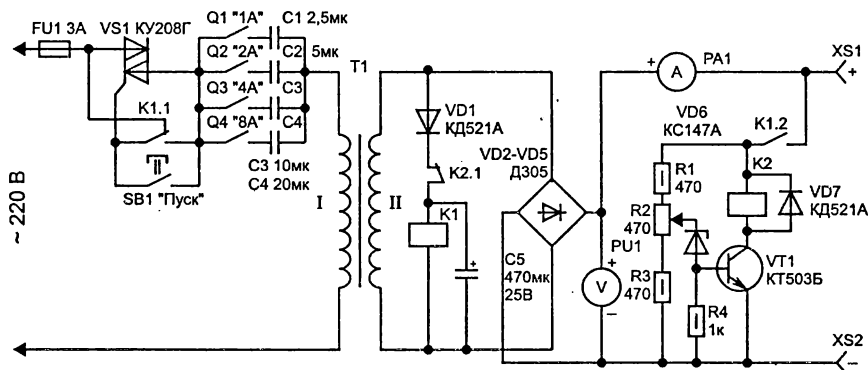


Рис. 3.2. Схема зарядного устройства с магазином конденсаторов

Переменным резистором R2 устанавливают порог срабатывания реле K2 (оно должно срабатывать при напряжении на гнездах XS1 и XS2, равном напряжению полностью заряженной батареи, то есть около 14,5...15 В). Когда напряжение батареи достигнет заданного значения, откроются стабилитрон VD6 и транзистор VT1. Сработает реле K2, которое контактами K2.1 обесточит обмотку реле K1, а оно, отпуская, контактами K1.1 разорвет цепь питания управляющего электрода симистора, и устройство отключится от сети. При нарушении контакта в цепи нагрузки напряжение на гнездах XS1 и XS2 резко возрастет, отчего также сработает реле K2 и отключит устройство от сети.

Аварийное отключение устройства происходит при любом положении движка переменного резистора R2. Но такие случаи нежелательны, так как в течение времени срабатывания реле K2 и отпускания реле K1 конденсаторы C1—C4 будут находиться под повышенным напряжением (превышающим сетевое). Поэтому зарядное устройство следует включать в сеть лишь после того, как аккумуляторная батарея подсоединена к выходным гнездам. При коротком замыкании в цепи нагрузки ток через гнезда XS1 и XS2 несколько увеличивается, но для устройства это не опасно.

Все постоянные резисторы устройства типа МЛТ-0,5; переменный резистор R2 — типа СП-1. Вместо транзистора КТ503Б (VT1) можно применить КТ315, КТ342, КТ503, КТ601—КТ603, КТ608, КТ630, КТ3117 с любыми буквенными индексами. Диоды VD1, VD2 — любые из серий КД509, КД510, КД513, КД521, КД522. Измерительные приборы РА1 и РUI — типа М5-2, рассчитанные соответственно на ток 30 А и напряжение 30 В. Реле K1, K2 — типа РЭС34 (паспорт РС4.524.372) или РЭС10 (паспорт РС4.524.314). Диоды Д305 двухполупериодного выпрямителя установлены на радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см<sup>2</sup>, от радиатора они электрически изолированы слюдяными прокладками. Радиатор крепится к шасси из дюралюминия, которое является как бы продолжением радиатора.

Вместо диодов Д305 можно применить Д214, Д242, КД206, КД210 или мостовые диодные сборки зарубежного производства КВU810 (максимальный ток 8 А), КВPS2510 (ток 25 А), но в этом случае в три — четыре раза возрастает тепловая мощность, рассеиваемая на них, поэтому размеры радиатора придется увеличить. Кон-

денсаторы С1—С4 составлены из параллельно соединенных конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, МБГО, МБГП, МБМ соответствующих емкостей. Номинальное напряжение конденсаторов КБГ-МН и МБГЧ, рассчитанных на работу в цепях переменного тока, должно быть не менее 350 В, всех других типов конденсаторов — не менее 600 В. Конденсатор С5 — типов К50-16, К50-24, К50-35, выключатели Q1—Q4 — тумблеры типа ТВ2-1-2 или ТП1-2, кнопка SB1 — КП-1, КМИ-1, П2К.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ32×40. Обмотка I содержит 670 витков провода ПЭТВ-2 0,9, обмотка II — 75 витков провода ПЭТВ-2 2,26. Намотку вторичной обмотки ведут в два провода.

Зарядное устройство собрано в металлическом корпусе размерами 360 × 220 × 220 мм. В боковых стенках просверлены отверстия для свободной циркуляции воздуха.

Налаживание смонтированного устройства сводится к подбору шунта амперметра РА1 на ток 30 А и подбору емкостей конденсаторов С1—С4, обеспечивающих требуемые зарядные токи.

При зарядке 12-вольтовых аккумуляторных батарей током 15 А коэффициент полезного действия устройства достигает 75%, а температура внутри корпуса после 10 ч непрерывной работы не поднимается выше 45°C.

Такое устройство можно применять и для зарядки аккумуляторных батарей с напряжением менее 12 В, например мотоциклетных. Но тогда надписи около выключателей Q1—Q4 не будут соответствовать фактическим значениям зарядных токов. Фактический зарядный ток в этом случае также не должен превышать 15 А.

Зарядное устройство можно дополнить измерителем заряда, общего аккумулятора. Принцип работы такого измерителя может быть основан на преобразовании напряжения в частоту. Одна из возможных конструкций такого измерителя заряда представлена в конце этой главы.

Зарядное устройство, схема которого представлена на рис. 3.3, выполнено на базе стабилизатора тока. На инвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) DA1 подается сигнал, пропорциональный току зарядки, — этот сигнал снимается с резистора R4. На неинвертирующий вход ОУ подается задающее напряжение с движка перемен-

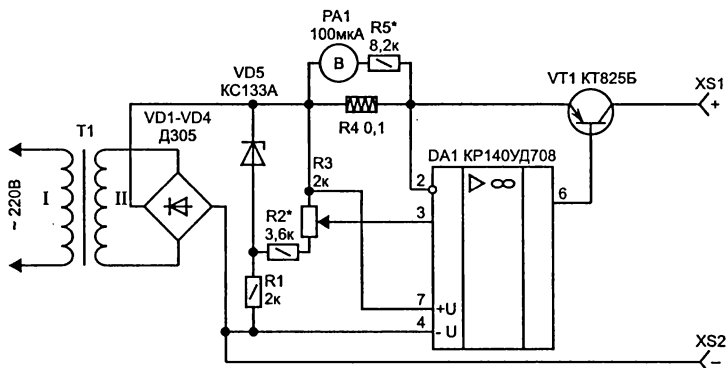


Рис. 3.3. Зарядное устройство со стабилизатором тока на ОУ

ного резистора R3. Как уже рассказывалось в первой главе, в процессе работы ОУ напряжения на обоих его входах стремятся быть равными. В данном случае это достигается стабилизацией тока зарядки. Допустим, что под действие какого-либо возмущающего фактора (например, из-за повышения напряжения в сети) ток зарядки начал увеличиваться. В этом случае падение напряжения на резисторе R4, приложенное к инвертирующему входу ОУ, увеличится. При этом напряжение на выходе ОУ уменьшится, ток базы транзистора VT1 также уменьшится, что приведет к снижению тока коллектора транзистора. В результате ток зарядки будет стабилизирован на заданном уровне.

В качестве ОУ могут быть использованы микросхемы К553УД2, К140УД6. Стабилитрон КС133А можно заменить стабилитрами КС113А, КС119А, но полярность их включения должна быть изменена на противоположную показанной на схеме. Транзистор VT1 может быть любым из серий КТ825, КТ853. Транзисторы этого типа являются составными и имеют большой коэффициент передачи тока базы (исчисляемый сотнями и даже тысячами). Этот транзистор должен быть установлен на радиаторе с поверхностью охлаждения около 1000 см<sup>2</sup>.

Для максимального тока зарядки 5 А трансформатор Т1 может быть выполнен на магнитопроводе ШЛ25×50. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭТВ-2 0,8, обмотка II — 65 витков провода ПЭТВ-2 2,12.

Налаживание устройства состоит в подборке сопротивления резистора R5, играющего роль токоограничительного резистора в ам-

перметре. Возможно, что потребуется подборка резистора R2 для установления границ диапазона регулирования тока зарядки переменным резистором R3. При нижнем по схеме положении движка переменного резистора зарядный ток не должен превышать 5 А.

Недостатком такого зарядного устройства является сильный нагрев транзистора VT1, что ограничивает предельное значение тока зарядки и снижает КПД устройства. Этот недостаток устраняется применением в качестве регулирующих элементов тириستоров, работающих в режиме фазоимпульсного управления.

### 3.3. Стабилизация тока при зарядке и электролизе

На рис. 3.4 представлена еще одна схема зарядного устройства, в котором осуществляется стабилизация тока заряда. Регулирующим элементом является тринистор. Это устройство можно использовать не только для зарядки аккумуляторов, но и во всех других случаях, когда сопротивление нагрузки изменяется, а ток должен оставаться неизменным — например, для электролиза, который радиолюбители используют для травления печатных плат или для нанесения покрытий на металлические детали.

Основные характеристики такого зарядного устройства: максимальный ток нагрузки — 7 А; максимальное напряжение на нагрузке — 16 В; коэффициент стабилизации по току нагрузки, определяемый по формуле  $K_{\text{ст}} = (\Delta U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}}) / (\Delta I_{\text{вых}} / I_{\text{вых}})$ , не менее 70; коэффициент полезного действия — не менее 70%.

Для удобства анализа работы зарядного устройства на рис. 3.5 приведены временные диаграммы, которые показаны для случая нагрузки, не содержащей источников ЭДС. На транзисторе VT2 собран генератор пилообразного напряжения. Через резистор R4 на базу транзистора VT2 подано открывающее напряжение (рис. 3.5, диаграмма А), а через резистор R2 с двухполупериодного выпрямителя на диодах VD1—VD4 поступает закрывающее пульсирующее напряжение (диаграмма Б). Суммарное напряжение на базе транзистора VT2 показано прерывистой линией Б. Дiode VD11 ограничивает амплитуду закрывающего напряжения. Сопротивление резисторов R2 и

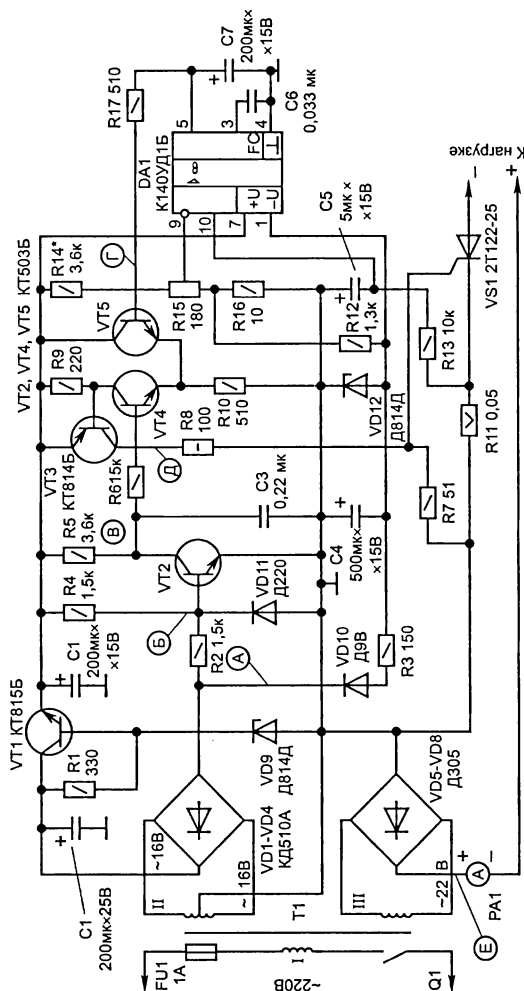


Рис. 3.4. Зарядное устройство со стабилизатором тока

R4 выбрано таким, что транзистор большую часть времени закрыт. Конденсатор C3 заряжается через резистор R5. Но в момент приближения сетевого напряжения к нулю транзистор VT2 открывается, разряжая конденсатор C3. На коллекторе транзистора формируется напряжение, по форме близкое к пилообразному (диаграмма В), Через резистор R6 оно поступает на один из входов дифференциально-

го усилителя на транзисторах VT4, VT5, а на другой подается напряжение (диаграмма Г) с выхода операционного усилителя (ОУ) DA1, которое зависит от положения движка резистора R15.

Как только значения напряжения на базах транзисторов VT4 и VT5 сравниваются, транзистор VT4 откроется. Вслед за ним откроется транзистор VT3 и сформирует импульс тока (диаграмма Д), открывающий тринистор VS1. С этого момента полупериода на нагрузку будет подано напряжение с мостового выпрямителя VD5—VD8 (диаграмма Е). Чем больше напряжение на базе транзистора VT5, тем позже будут возникать импульсы, открывающие тринистор, и тем меньше будет средний ток через нагрузку.

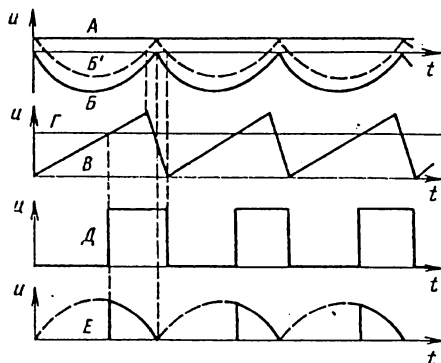


Рис. 3.5. Временные диаграммы работы зарядного устройства

Операционный усилитель (ОУ) DA1 выполняет функцию стабилизатора тока. Датчиком тока служит резистор R11; напряжение, снимаемое с этого резистора, пропорционально току нагрузки. Через резистор R13 оно поступает на неинвертирующий вход ОУ.

Если по какой-либо причине ток через нагрузку увеличился, то увеличивается и напряжение на неинвертирующем входе ОУ. Это приводит к соответствующему увеличению напряжения на базе транзистора VT5 и увеличению угла открывания тринистора VS1 — ток через нагрузку уменьшается. Таким образом, отрицательная обратная связь по току нагрузки поддерживает его на заданном уровне.

Конденсаторы С5, С7 сглаживают пульсации напряжения на выходе. Резисторы R12, R16 обеспечивают подачу небольшого отрицательного напряжения на инвертирующий вход ОУ в нижнем по схеме положении движка резистора R15. Это позволяет регулировать ток нагрузки практически от нуля. Конденсатор С6 повышает устойчивость работы ОУ. На элементы устройства поступает напряжение питания от двух стабилизаторов (VD9, VT1 и VD12, R3).

О деталях зарядного устройства. Микросхему К140УД1Б можно заменить на К140УД5, К140УД6, К140УД7, К153УД2, КР140УД708 (с соответствующими цепями коррекции и с учетом цоколевки); транзистор КТ815Б — на любой из серий КТ801, КТ815, КТ817; КТ503Б — на КТ315, КТ503, КТ630 с любыми буквами; КТ814Б — на КТ814, КТ816, КТ208, КТ209. Конденсаторы С1, С2, С4, С5, С7 — К50-16 или К50-35; С6 — КМ-6 или К10-7, К10-17; времязадающий конденсатор С3 должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости во всем диапазоне рабочих температур, в противном случае выходной ток устройства будет сильно зависеть от температуры. Желательно использовать конденсаторы с малым температурным коэффициентом емкости — К73-17, К73-24.

Резистор R11 образован двумя параллельно соединенными резисторами типа С5-16 В сопротивлением 0,1 Ом каждый.

Диоды VD5—VD8 — типа Д305, их можно заменить любыми из серий Д242—Д248, но в этом случае возрастет рассеиваемая на каждом диоде мощность, и размеры теплоотводов придется увеличить. Амперметр РА1 — типа М5-2 с током полного отклонения стрелки 10 А.

Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ25×32. Обмотка I содержит 710 витков провода ПЭВ-2 0,8; обмотка II — 105 витков провода ПЭВ-2 0,21 с отводом от середины; обмотка III — 80 витков провода ПЭВ-2 2,5.

Диоды VD5—VD8 установлены на теплоотводах площадью 50...60 см<sup>2</sup> каждый. Тринистор VS1 установлен на теплоотводе площадью не менее 300 см<sup>2</sup>.

Большая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 3.6).

Для налаживания устройства к его выходу подключают проволоочный резистор сопротивлением 1...2 Ом и мощностью не менее 100 Вт



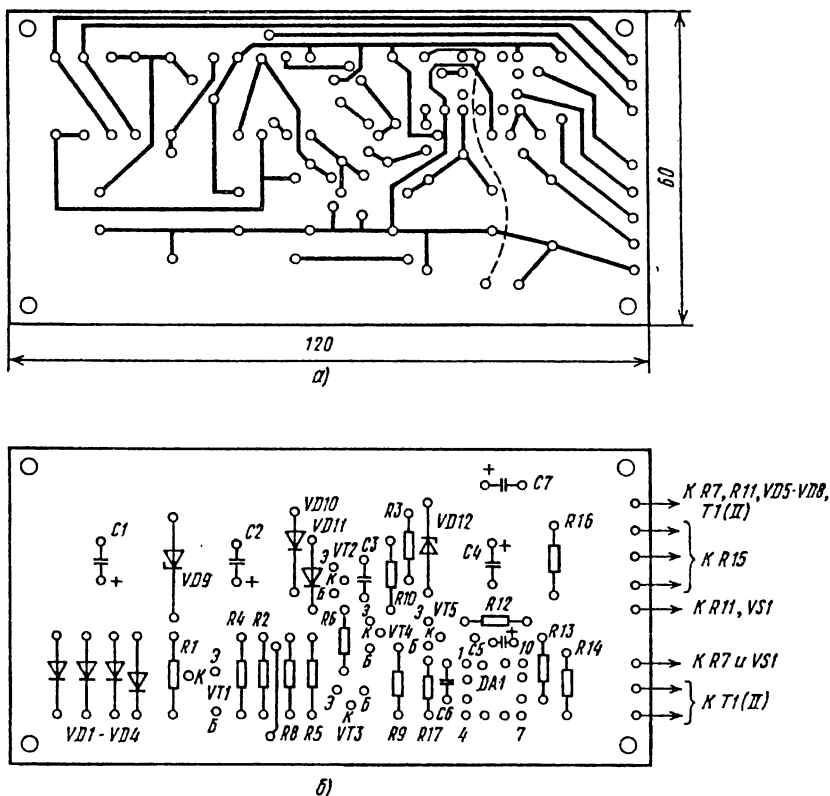


Рис. 3.6. Монтажная плата зарядного устройства:

*a* — расположение печатных проводников;  
*б* — расположение деталей на плате

(можно использовать нихромовую проволоку диаметром 0,5...1 мм). Движок переменного резистора R15 устанавливают в верхнее по схеме положение и подборкой резистора R14 добиваются, чтобы ток через нагрузку был равным 7 А. При перемещении вниз движка переменного резистора ток должен плавно уменьшаться до нуля.

Тип тринистора VS1 и данные трансформатора указаны для использования в режиме зарядки аккумуляторов током до 7 А. Как уже отмечалось, запас по мощности тринистора и трансформатора необходим в связи с большим значением коэффициента формы зарядного

тока. Если же устройство будет работать на нагрузку, не имеющую собственной ЭДС (например, гальваническую ванну), то мощность трансформатора может быть значительно снижена. При указанных данных устройство может отдавать в нагрузку ток до 12...15 А, однако придется подобрать сопротивление резистора R14.

### **3.4. Автоматическая приставка к зарядному устройству**

Срок службы аккумуляторной батареи зависит от ее правильной эксплуатации. Если батарея установлена на автомобиле, то она постоянно находится в работе, и в случае правильно настроенного реле-регулятора батарея постоянно подзаряжается от генератора автомобиля. Однако зимой ездят далеко не все автолюбители, и в этом случае аккумулятор, как правило, снимают с автомобиля и убирают в подвал или на балкон. В процессе хранения аккумуляторных батарей происходит их саморазряд, в связи с чем рекомендуется не реже одного раза в месяц подзаряжать батарею. Однако обычная подзарядка не в состоянии предотвратить сульфатацию пластин, приводящую к уменьшению емкости аккумулятора и снижению срока его службы. Для того чтобы исключить эти нежелательные явления, рекомендуется время от времени производить тренировку аккумулятора: разрядку его током, в амперах численно равным  $1/20$  номинальной емкости, выраженной в ампер-часах, до напряжения 10,5 В, и последующую зарядку до напряжения 14,2...14,5 В. Такой зарядно-разрядный цикл можно повторять неоднократно, если батарея сильно засульфатирована или длительное время находилась в полуразряженном состоянии. Чем чаще проводятся такие зарядно-разрядные циклы, тем дольше служит батарея.

Описываемая ниже приставка предназначена для работы совместно с зарядными устройствами, обеспечивающими необходимый зарядный ток и имеющими на выходе пульсирующее зарядное напряжение, в том числе и описанные в данной книге (например, рис. 3.4, 3.6, 3.7, 3.10). Приставка позволяет:

- автоматически разряжать аккумуляторную батарею до напряжения 10,5 В;

- автоматически начинать зарядку по окончании разрядки до напряжения 10,5 В;
- производить зарядку асимметричным током при соотношении зарядной и разрядной составляющих равном 10;
- заканчивать зарядку аккумуляторной батареи при достижении на ее клеммах напряжения 14,2...14,5 В, что соответствует сообщению аккумулятору его полной номинальной емкости;
- автоматически контролировать напряжение батареи в момент, когда зарядный ток через аккумулятор не протекает;
- прерывать разрядку аккумулятора при пропадании сетевого напряжения;
- производить циклы разрядки-зарядки однократно или многократно.

Зарядно-разрядное устройство (рис. 3.7) состоит из зарядного устройства (ЗУ), обозначенного на схеме прямоугольником, и электронного узла управления (приставки). Питание узла управления осуществляется непосредственно от аккумуляторной батареи, что позволяет сохранить работоспособность устройства при пропадании напряжения в питающей сети.

В качестве порогового элемента (компаратора), вырабатывающего сигнал при достижении напряжением на аккумуляторе значения свыше 14,2...14,5 В и при снижении до 10,5 В, используется интегральный таймер КР1006ВИ1 (микросхема DA1). Работа интегрального таймера была подробно описана в первой главе книги, и здесь освещаться не будет.

Допустим, что аккумуляторная батарея и ЗУ подключены к устройству и в сети присутствует напряжение 220 В. Напряжение не слишком сильно разряженного 12-вольтового аккумулятора обычно составляет 12...12,6 В. При этом интегральный таймер DA1 установится в состояние, соответствующее напряжению высокого уровня на его выходе, и транзистор VT1 будет открыт. Будет светиться светодиод HL1, индицирующий режим заряда. Однако, как правило, степень разряженности подключенного аккумулятора неизвестна, и перед началом зарядки его следует разрядить до напряжения 10,5 В. Для включения режима разрядки кратковременно нажимают кнопку SB1 «Пуск». При этом через контакты SB1.1 на вывод 6 таймера подается напряжение, переключающее его в противоположное состояние, и

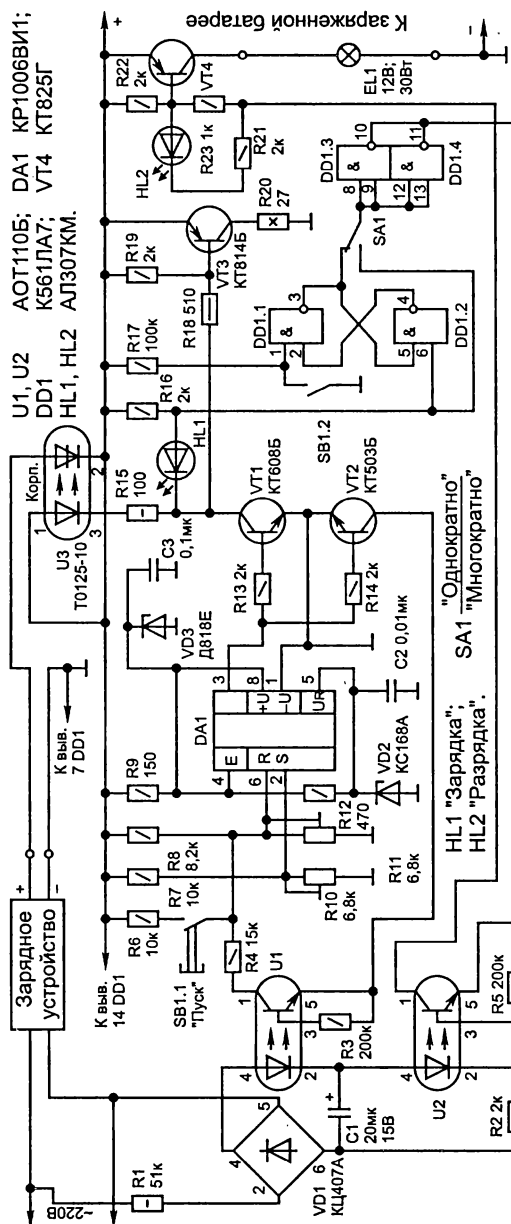


Рис. 3.7. Принципиальная схема зарядно-разрядного устройства

светодиод HL1 гаснет. Одновременно контакты SB1.2 подают на RS-триггер DD1.1DD1.2 сигнал, устанавливающий его в состояние напряжения высокого уровня на выходе логического элемента DD1.1.

Если контакты переключателя SA1 находятся в положении, показанном на схеме, на выходах логических элементов DD1.3, DD1.4, включенных инверторами, действует напряжение низкого уровня. Если транзистор оптопары U2 открыт, то через базу транзистора VT4, резистор R23, транзистор оптопары и выходы логических элементов DD1.3 и DD1.4 протекает ток, достаточный для насыщения составного транзистора VT4. При этом через лампу накаливания EL1, подключенную к зажимам XT3, XT4, начинает протекать разрядный ток аккумулятора. Разрядный ток в данном случае составит около 2,5 А, что соответствует режиму 20-часового разряда аккумуляторной батареи 6СТ55. При разрядке аккумулятора иной емкости следует применять лампу EL1 другой мощности, которая обеспечит вала бы требуемый ток разряда.

При пропадании сетевого напряжения цепь разрядки аккумулятора отключается. Для этой цели используется транзисторная оптопара U2. Напряжение сети через резистор R1 подается на диодный мост VD1, выпрямляется им и подается на последовательно соединенные светодиоды оптопар U1 и U2. Конденсатор C1 и резистор R2 образуют фильтр, который сглаживает пульсации тока, протекающего через светодиод оптопары U2. Пока в сети имеется напряжение, через светодиод оптопары U2 протекает ток, фототранзистор открыт и выходной ток логических элементов DD1.3 и DD1.4 протекает через базу транзистора VT4, открывая последний. Идет разрядка аккумулятора на лампу EL1. При пропадании сетевого напряжения фототранзистор оптопары закрывается, это приводит к закрыванию транзистора VT4, и нагрузочная лампа EL1 отключается от аккумуляторной батареи.

В процессе разрядки аккумулятора напряжение на его клеммах уменьшается. Когда оно достигнет 10,5 В, интегральный таймер DA1 переключится в противоположное предыдущему состояние, которому соответствует напряжение высокого уровня на выходе Q. При этом откроются транзисторы VT1 и VT2. Открывание транзистора VT1 вызовет подачу напряжения на светодиод оптопары U3, зажигание светодиода HL1 «Заряд», переключение RS-триггера DD1.1DD1.2, а также открывание транзистора VT3. Переключение RS-триггера приве-

дет к появлению напряжения высокого уровня на выходах логических элементов DD1.3, DD1.4. Светодиод HL2 погаснет, транзистор VT4 закроется и разрядка аккумулятора прекратится. Одновременно через открывшийся фототристор оптопары U3 напряжение с выхода зарядного устройства ЗУ будет подано на выводы аккумуляторной батареи, и начнется ее зарядка. Ток зарядки устанавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации аккумуляторной батареи, то есть равным 1/10 или 1/20 емкости батареи. Если зарядка идет без контроля оператора, следует обеспечить ограничение колебаний зарядного тока при колебаниях сетевого напряжения. Самый простой способ стабилизации тока — включение двух-трех параллельно соединенных автомобильных ламп мощностью 40...50 Вт в разрыв одного из выходных проводов зарядного устройства. Такой же эффект может быть достигнут включением лампы напряжением 220 В и мощностью 200...300 Вт в разрыв одного из входных (сетевых) проводов ЗУ. Сопротивление вольфрамовой нити ламп накаливания возрастает с увеличением температуры, поэтому лампа обладает свойствами стабилизатора тока. Можно также использовать описанные в этой главе зарядные устройства со стабилизатором тока.

Зарядный ток содержит дозированную разрядную составляющую, что благотворно сказывается на протекании электрохимических процессов в батарее. Разрядная составляющая тока протекает через резистор R20 и транзистор VT3 и равна примерно 0,5 А.

В процессе зарядки напряжение на полюсных выводах аккумулятора плавно увеличивается. Известно, что напряжение полностью заряженной батареи составляет 14,2...14,5 В. Измерение этого напряжения следует производить в отсутствие зарядного тока, поскольку импульсы зарядного тока в зависимости от степени разряженности аккумуляторной батареи увеличивают мгновенное значение напряжения на ее зажимах на 1...3 В по сравнению с режимом, когда ток зарядки не протекает. Для обеспечения такого режима измерения в устройстве использованы элементы U1, R4, VT2. В режиме зарядки транзистор VT2 открыт. На рис. 3.8 показаны эпюры напряжений и токов, поясняющие работу оптопар U1 и U2. Напряжение сети (эпюра 1) выпрямляется диодным мостом VD1 (эпюра 2) и подается на светодиоды оптрона U1 и U2. Фототранзистор оптрона U1 открывается в моменты, когда ток через светодиод этого оптрона (эпюра 3)

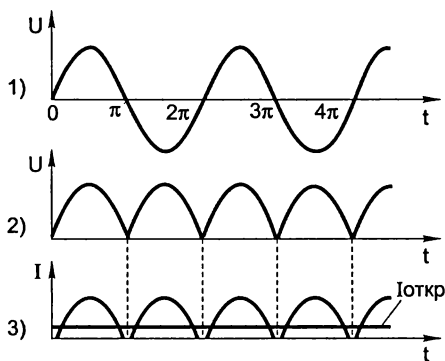


Рис. 3.8. Эпюры напряжений и токов устройства

превышает ток открывания фототранзистора. При этом резистор R4 шунтирует подстроечный резистор R11, и верхний порог срабатывания интегрального таймера DA1 значительно увеличивается. Фототранзистор открыт большую часть периода сетевого напряжения, и лишь в моменты перехода сетевого напряжения через нуль фототранзистор закрывается, и порог срабатывания таймера уменьшается до 14,2...14,5 В. Именно в это время через аккумулятор не протекает ток зарядки. Такое измерение производится в каждом полупериоде, т. е. 100 раз в секунду. Длительность измерения составляет 1...3 мс.

Как только напряжение на аккумуляторе достигнет (в отсутствие тока зарядки) 14,2...14,5 В, таймер DA1 переключится в противоположное состояние, и зарядка прекратится. Однако разрядка не начнется, поскольку RS-триггер не изменит своего состояния. Закончился один цикл работы устройства. В таком состоянии устройство может находиться несколько суток, поскольку потребляемый им от аккумулятора ток достаточно мал (20...30 мА) и не может вызвать его существенной разрядки.

Чтобы произвести многократную тренировку батареи разрядно-зарядными циклами, контакты переключателя SA1 переводят в нижнее по схеме положение. В этом случае RS-триггер не будет задействован, и режимы зарядки и разрядки будут чередоваться до тех пор, пока не будет выключено сетевое напряжение либо не будет отключена аккумуляторная батарея.

Конденсаторы C2, C3 повышают помехоустойчивость работы таймера. Резисторы R19, R22 обеспечивают надежное удержание транзисторов VT3, VT4 закрытыми в отсутствие тока базы.

О деталях устройства. Вместо КТ608Б можно применять любые транзисторы из серий КТ603, КТ608, КТ3117, КТ815; вместо КТ503Б — КТ315, КТ501, КТ503, КТ3117 с любыми буквами; вместо КТ814Б — любой из серий КТ814, КТ816, КТ818, КТ837 и вместо КТ825Г — любой из этой серии. Оптопары U1, U2 годятся любые из серий АОТ101, АОТ110, АОТ123, АОТ128, может лишь потребоваться уточнение сопротивления резисторов R3 и R23 по надежному открыванию фототранзисторов. В качестве оптопары U3 можно использовать тиристорные оптопары ТО125-12,5, ТО2-10, ТО2-40, ТСО-10. Диодный мост VD1 может быть также типов КЦ402, КЦ405 с буквами А—В. Стабилитрон VD3 желательно использовать с небольшим температурным коэффициентом напряжения, например, Д818 с другими буквами. Оксидный конденсатор C1 — К50-16, К50-35, К50-29; C2, C3 — КМ-6, К10-23, К73-17. Подстроечные резисторы R10, R11 — любые многооборотные, например, СП5-2. Резистор R20 — типа ПЭВ мощностью 10 или 15 Вт. Остальные — МЛТ, ОМЛТ, С2-23. Кнопка SB1, переключатель SA1 — любого типа, например, КМ2-1 и МТ1 соответственно.

Как уже отмечалось выше, зарядное устройство, являющееся источником зарядного тока, обязательно должно иметь на выходе пульсирующее напряжение — это необходимо для нормальной работы узла на оптопаре U1.

Большая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате, изготовленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм (рис. 3.9). Оптопара U3 и транзистор VT4 установлены на теплоотводах с поверхностью охлаждения 100...150 см<sup>2</sup>. Плата установлена в любом корпусе подходящих размеров (например, 260 × 100 × 70 мм). Соединения, по которым протекает ток зарядки и разрядки, должны быть выполнены проводами сечением не менее 2 мм<sup>2</sup>. Провода, соединяющие устройство с аккумуляторной батареей, желательно выбрать гибкими.

Для налаживания устройства потребуются источник постоянного напряжения, регулируемого в пределах 9...15 В при токе нагрузки не менее 0,6 А, и вольтметр.





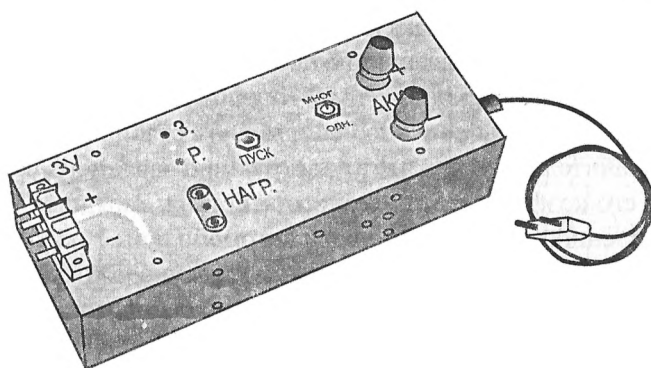


Рис. 3.10. Внешний вид автоматической приставки

При наличии осциллографа его вход подключают параллельно резистору R11, и при подключенном аккумуляторе и при поданном напряжении сети наблюдают кратковременное периодическое увеличение напряжения на выводе 6 микросхемы DA1, соответствующее моменту прохождения сетевого напряжения через нуль. При отсутствии осциллографа можно обойтись вольтметром, который также подключают к резистору R11. На нем замеряют напряжение, когда сетевое напряжение подано на мост VD1 через резистор R1, а затем напряжение сети отключают. Напряжения на резисторе R11 должно несколько увеличиться. В противном случае следует проверить исправность оптопары U1.

Внешний вид собранной приставки показан на рис. 3.10.

### 3.5. Цифровой измеритель заряда

Из множества способов определения момента окончания зарядки аккумуляторной батареи одним из распространенных является так называемая зарядка по времени: зарядку заканчивают по истечении заранее известного времени, при этом ее ведут неизменным током. При зарядке по времени предполагается, что ток в процессе зарядки не изменяется. Однако в действительности в процессе зарядки ток изменяется из-за действия различных дестабилизирующих воздействий: нестабильности питающего напряжения, увеличения напряжения на зажимах батареи и других внешних факторов. Поскольку

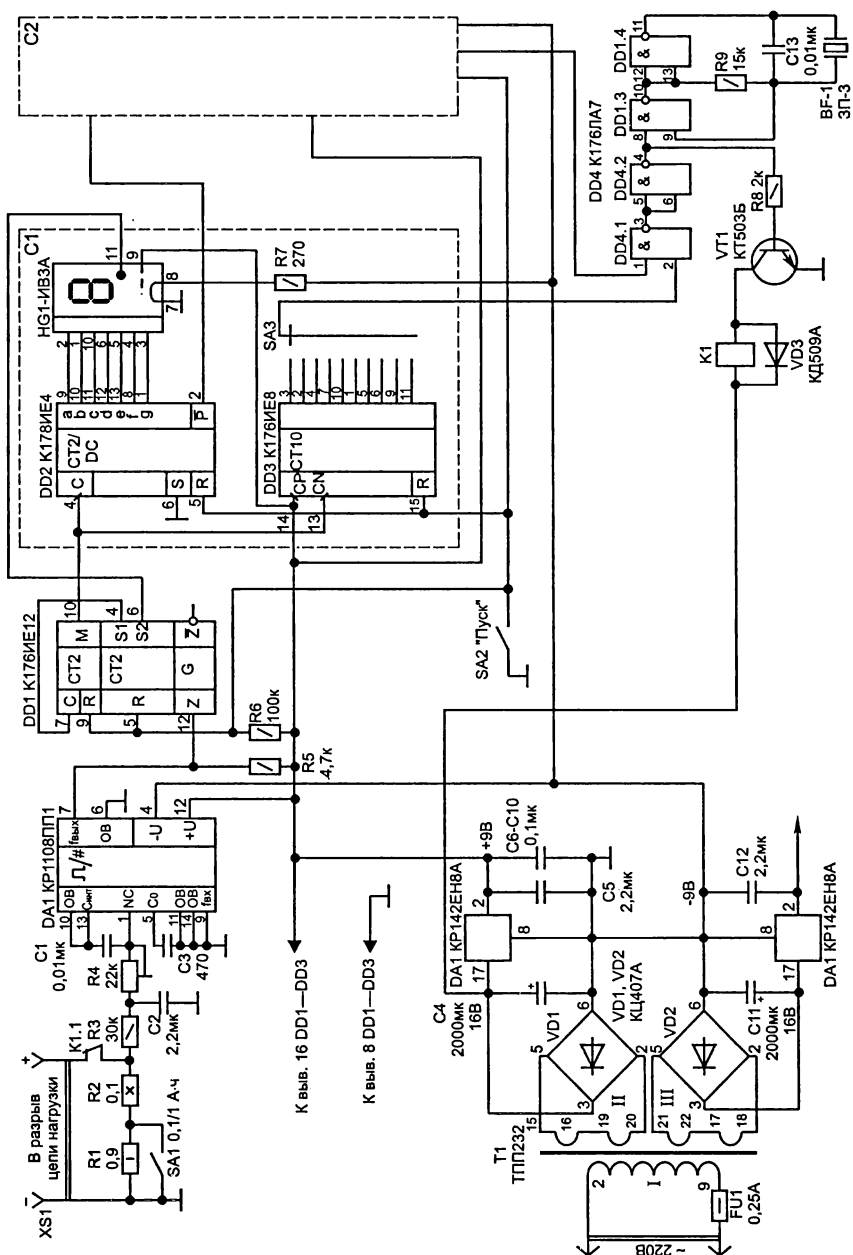
внутреннее сопротивление аккумуляторов весьма невелико, даже небольшое изменение напряжения питающей сети может вызвать значительное изменение зарядного тока. Для поддержания зарядного тока на неизменном уровне можно использовать стабилизатор тока, однако это значительно усложняет конструкцию зарядного устройства и снижает его коэффициент полезного действия. Зарядные устройства промышленного изготовления для автомобильных аккумуляторов не обеспечивают стабилизацию величины зарядного тока.

Для полной зарядки аккумулятора ему необходимо сообщить определенный электрический заряд (количество электричества), равный произведению времени зарядки на средний зарядный ток. В таком случае момент окончания зарядки можно определять не истечением определенного времени, а величиной сообщенного аккумулятору заряда. При этом изменения тока в процессе зарядки не повлияют на величину сообщенного заряда, а лишь приведут к увеличению или уменьшению времени зарядки.

Существуют и другие случаи, когда необходимо измерять заряд. Для аккумуляторов при проведении их тренировочной разрядки полезно знать емкость, которая будет ими отдана при разрядке до минимально допустимого напряжения. При проведении различных электрохимических процессов (например, гальванопластики) также возникает необходимость измерения заряда, прошедшего через раствор электролита.

Для реализации указанных целей (т. е. для измерения заряда, прошедшего через измерительную цепь в условиях нестабильного тока) и было создано описываемое ниже устройство, схема которого приведена на рис. 3.11. Основой устройства является преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ), выполненный на микросхеме DA1. Напряжение на вход ПНЧ поступает с токоизмерительных резисторов R1, R2 (в зависимости от выбранного тумблером SA1 предела измерения), поэтому напряжение на входе ПНЧ пропорционально току зарядки. Поскольку функция преобразования ПНЧ линейная, частота на выходе ПНЧ прямо пропорциональна току зарядки и может быть использована для измерения прошедшего через цепь заряда.

Основой измерителя заряда является микросхема KP1108ПП1 — преобразователь напряжения в частоту интегрирующего типа. Он преобразует положительные и отрицательные уровни напряжения



**Рис. 3.11.** Схема цифрового измерителя заряда

величиною до 10 В в импульсы прямоугольной формы, частота следования которых прямо пропорциональна входному напряжению и определяется номиналами конденсаторов C1, C3 и резисторов R4, R5. Расчет требуемого коэффициента преобразования будет приведен ниже.

С выхода ПНЧ импульсы напряжения поступают на вход Z микросхемы DD1. Микросхема K176IE12 (о ее работе было подробно рассказано в первой главе данной книги) содержит в своем составе генератор частотой 32768 Гц (при подключении внешних времязадающих цепей), а также счетчики с коэффициентом деления  $2^{15} = 32768$  (выходные импульсы снимаются с вывода 4) и с коэффициентом деления 60 (выходные импульсы снимаются с вывода 10). В примененном здесь схемном решении генератор не используется, а импульсы с выхода ПНЧ, поданные на вход Z (вывод 12 микросхемы DD1) поступают на первый триггер делителя. Частоты импульсов, снимаемых с выхода последнего триггера делителя (вывод 10 микросхемы DD1) меньше частоты входных импульсов в  $32768 \cdot 60 = 1966080$  раз. Коэффициент преобразования ПНЧ выбран таким, что при напряжении на входе ПНЧ 1 В импульсы на выходе счетчика М следуют с интервалом в 0,1 часа, или в 360 с. В зависимости от того, включены в измерительную цепь оба резистора R1, R2 или только резистор R2, один импульс на выходе счетчика соответствует прошедшему через измерительную цепь электрическому заряду соответственно в 0,1 А·час или 1 А·час. Несложный расчет позволяет определить требуемый коэффициент преобразования ПНЧ:  $1966080/360 \approx 5461$  Гц. Поскольку эта частота значительно (почти в 55 раз) превышает частоту напряжения на выходе двухполупериодного выпрямителя сетевого напряжения, погрешность преобразования ПНЧ при измерении заряда, переносимого пульсирующим током, будет незначительной. Проведенные автором эксперименты подтвердили этот вывод.

Количество ампер-часов или десятых долей ампер-часов подсчитывает двухразрядный двоично-десятичный счетчик, выполненный на микросхемах DD2 и цифровых семисегментных люминесцентных индикаторах HG1. Счетчик первого разряда условно на схеме обозначен C1, а счетчик второго разряда — C2. Микросхема K176IE4 представляет собой двоично-десятичный счетчик, совмещенный с дешифратором для преобразования кода счетчика в код семисег-

ментного индикатора. Изменение состояния счетчика происходит по спадам входных импульсов, а установка в исходное состояние производится подачей напряжения высокого уровня на вход R. Сигнал переноса снимается с выхода Р.

Для задания момента отключения источника зарядного тока после протекания требуемого заряда использованы микросхемы DD3 и галетные переключатели SA3, имеющиеся в обоих счетчиках C1 и C2. Микросхема К176ИЕ8 представляет собой преобразователь числа импульсов в позиционный десятичный код (т. е. счетчик-дешифратор). Ее первый счетный вход CN соединен с входом микросхемы DD2, изменение состояния триггеров происходит по спаду входных импульсов. На второй счетный вход CP для обеспечения требуемого режима работы подано напряжение высокого уровня. Установка в исходное состояние производится подачей напряжения высокого уровня на вход R. К выходам счетчика-дешифратора DD3 подключены контакты галетного переключателя SA3, а подвижный контакт этого переключателя соединен с одним из входов логического элемента 2И-НЕ DD4.1; на второй вход этого элемента поступает сигнал с подвижного контакта галетного переключателя, работающего во втором разряде счетчика C2.

Для обеспечения режима измерения заряда необходимо с помощью галетных переключателей SA3 установить требуемое значение величины заряда, тумблером SA1 выбрать цену младшего разряда

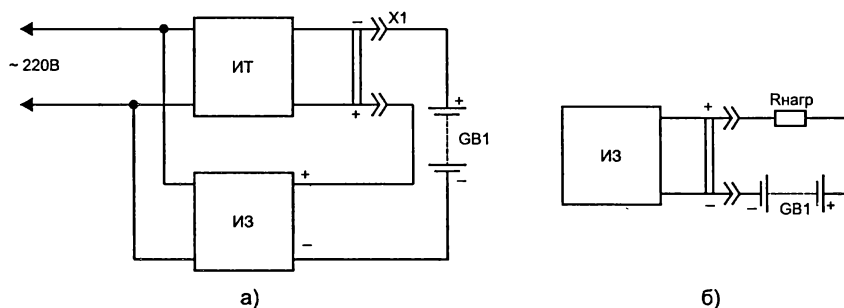


Рис. 3.12. Схема включения измерителя заряда:

а — в режиме зарядки аккумулятора; б — в режиме разрядки аккумулятора (ИТ — источник тока или зарядное устройство, ИЗ — измеритель заряда)

счетчика, контакты разъема X1 включить в разрыв цепи нагрузки в соответствии со схемами, представленными на рис. 3.12, подать напряжение сети на контакты разъема X2 и замкнуть контакты тумблера SA2 «Пуск». На схеме рис. 3.12, а показано включение устройства для измерения количества электричества в режиме зарядки аккумулятора или в режиме осуществления электрохимического процесса, а на рис. 3.12, б — включение устройства для измерения количества электричества в режиме разрядки аккумулятора. При этом, если через контакты разъема X1 потечет ток, на входе ПНЧ появится напряжение в диапазоне от 0 до 1 В, а на выходе ПНЧ — прямоугольные импульсы, частота следования которых прямо пропорциональна току через нагрузку.

По истечении определенного времени на тех выходах счетчиков DD3, которые соответствуют числу, заданному положением подвижных контактов галетных переключателей SA3, появится напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD4.2 — также напряжение высокого уровня. Начнет работать генератор, выполненный на логических элементах DD4.3, DD4.4 (генерируемая им частота составляет около 2 кГц); звуковой излучатель BF1 подаст сигнал, указывающий на окончание протекания в цепи нагрузки требуемого количества электричества. Одновременно откроется транзистор VT1 и сработает электромагнитное реле K1, контакты K1.1 которого разомкнутся и обесточат цепь нагрузки. В таком состоянии устройство будет находиться до тех пор, пока его не отключат от сети.

Источник питания устройства представляет собой двуполярный стабилизатор напряжения, выполненный на микросхемах DA2, DA3. Выходное стабилизированное напряжение каждой из этих микросхем составляет 9 В. Для понижения сетевого напряжения использован унифицированный трансформатор (серии ТПП), разработанный специально для питания аппаратуры на полупроводниках. Конденсаторы С6—С10 защищают микросхемы устройства от помех и улавливаются по одному около каждой из микросхем DD1—DD3. Электрод, символизирующий точку индикатора HG1 счетчика C1, соединен с выходом S2 микросхемы DD1. Частота импульсов на этом выходе в 120 раз больше частоты импульсов на выходе М этой микросхемы; при напряжении на входе ПНЧ 1 В точка индикатора

зажигается с периодом примерно 3 с, индицируя протекание тока через цепь нагрузки. Частота «мигания» индикаторной точки прямо пропорциональна току зарядки (или разрядки).

Питание цепей накала люминесцентных индикаторов осуществляется от источника отрицательного напряжения  $-9$  В (а не от источника  $+9$  В). При таком включении разность напряжений между анодами и катодом индикатора наибольшая, что приводит к увеличению яркости свечения. В данном устройстве люминесцентные индикаторы питаются пониженным напряжением (паспортное напряжение для них составляет  $20...30$  В), однако благодаря этому аноды индикаторов можно непосредственно подключать к выходам счетчиков К176ИЕ4 — без дополнительных транзисторных ключей. В то же время сегменты индикаторов светятся вполне отчетливо.

Устройство не содержит каких-либо дефицитных деталей. Используемые микросхемы аналогов в других сериях не имеют, за исключением К176ЛА7, которую можно заменить на К561ЛА7. Цифровые индикаторы ИВ-3А можно заменить на ИВ-6, однако последние имеют большие габаритные размеры и ток нити накала, поэтому придется подобрать резистор R7. Транзистор VT1 — любой кремниевый маломощный структуры *n-p-n* (например, серий КТ315, КТ342, КТ503, КТ3102, КТ3117. Диодные мосты VD1, VD2 могут быть из серий КЦ402—КЦ405 с любыми буквенными индексами. Диод VD3 — любой, с током не менее 30 мА и любым обратным напряжением (например, КД503, КД509, КД510, КД513, КД521, КД522 с любыми буквенными индексами). Конденсаторы C4, C11 — оксидные, типа К50-16 или К50-35; C3 — К73-17, К73-24 (этот конденсатор должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости, поскольку от него зависит стабильность коэффициента преобразования ПНЧ); остальные конденсаторы — любых типов (КМ-5, КМ-6, К10-17, К10-23 и др.). Резистор R2 — С5-16В мощностью 10 Вт (его можно также изготовить самостоятельно, намотав провод высокого сопротивления на корпусе резистора типа ПЭВ, С5-16В любого номинала); подстроечный резистор R4 — многооборотный типа СП5-2; остальные резисторы — МЛТ, С2-23, С2-33, причем резистор R1 составлен из двух резисторов, соединенных параллельно (например, номиналами 1 Ом и 10 Ом). Реле К1 — импортное, типа *Bestar* BS902CS (его обмотка имеет сопротивление 500 Ом, контакты могут

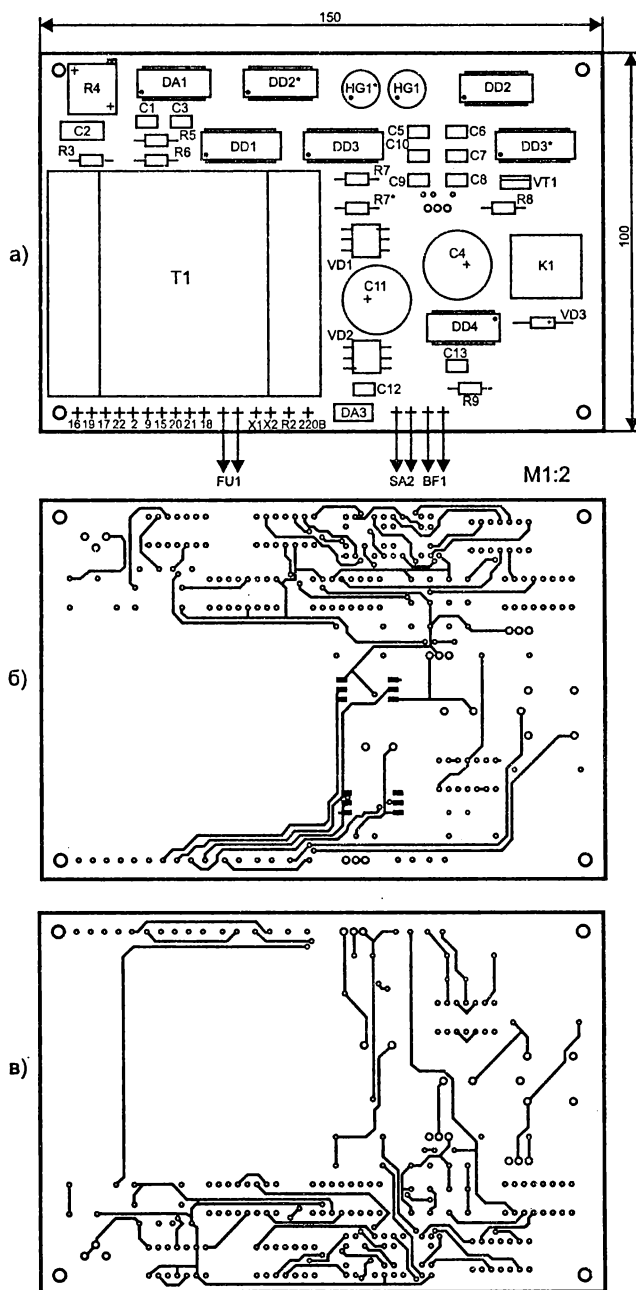


коммутировать постоянный и переменный токи до 10 А при напряжении 220 В. Трансформатор ТПП232 может быть заменен на любой из ряда ТПП231—ТПП235, при этом следует соединить вторичные обмотки таким образом, чтобы на диодные мосты VD1 и VD2 подавалось напряжение 12...15 В. Самодельный трансформатор выполняют на ленточном магнитопроводе ШЛ16×20. Обмотка I содержит 2400 витков провода ПЭТВ-2 0,08, обмотки II и III — по 140 витков провода ПЭТВ-2 0,25. Звуковой излучатель BF1 — пьезоэлектрический, типа ЗП с любыми буквенными индексами. Тумблеры SA1 и SA2 — типов П1Т, МТ1 или любые другие, рассчитанные на ток не менее 5 А, галетные переключатели SA3 — типа МПН-1. Гнездо разъема XS1 — типа РД1 (двухгнездная колодка).

Большая часть элементов измерителя заряда смонтирована на плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5... 2 мм<sup>2</sup> (рис. 3.13). Сплошными кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропасть с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы.

Устройство смонтировано в пластмассовом корпусе (рис. 3.14) размером 200 × 65 × 180 мм, известном под названием «Конструкция радиолюбителя» (когда-то он был описан в журнале «Радио»). На передней панели корпуса, изготовленной из дюралюминия, установлены цифровые индикаторы, тумблеры и галетные переключатели; на задней стенке корпуса — гнездо разъема XS1, держатель предохранителя FU1, а также вывод сетевого провода. Микросхемы стабилизаторов напряжения (DA1, DA2) установлены на радиаторах с охлаждающей поверхностью по 30...40 см<sup>2</sup> каждый. Галетные переключатели соединены с платой проводами, которые подпаиваются непосредственно к соответствующим выводам микросхем.

После сборки устройства и проверки правильности монтажа переходят к его настройке. Для этого контакты разъема XS1 включают в разрыв цепи нагрузки и устанавливают ток равным 1 А. Контакты тумблера SA1 при этом должны находиться в указанном на схеме положении, а контакты тумблера SA2 — замкнуты. Подстраивая переменный резистор R4, устанавливают период следования импульсов на выводе 10 микросхемы DD1 равным 360 с. На этом настройку можно считать законченной.



**Рис. 3.13.** Монтажная плата цифрового измерителя заряда:

- а* — расположение деталей на плате;
- б* — вид на печатные проводники со стороны деталей;
- в* — вид на печатные проводники со стороны монтажа

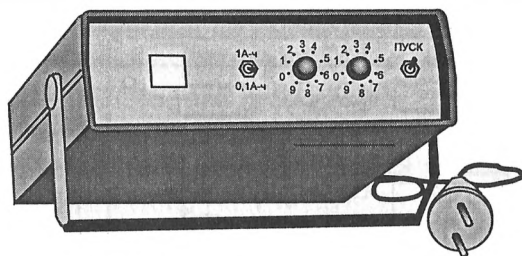


Рис. 3.14. Внешний вид измерителя заряда

Через контакты разъема XS1 может протекать постоянный ток, не превышающий 10 А (при замкнутых контактах тумблера SA1). Если же измеряемый ток имеет форму импульсов (например, при зарядке аккумулятора), то среднее значение тока не должно превышать 6...7 А — в противном случае резистор R2 может перегреться. Это объясняется тем, что отношение действующего значения тока (характеризующего тепловое действие тока) к среднему значению (характеризующему переносимый ток заряд) для импульсных (прерывистых) токов больше, чем для постоянного тока или синусоидального. (Это отношение двух указанных величин называют коэффициентом формы, о чем подробно рассказано в *приложении 1* данной книги «Особенности измерения переменных напряжений и токов»). Если же контакты тумблера SA1 разомкнуты, то значение постоянного тока не должно превышать 1 А.

В случае необходимости в измеритель заряда можно ввести амперметр, подключив магнитоэлектрический прибор между общим проводом и правым по схеме контактом разъема X1 и подобрав к прибору токоограничительный резистор (так, как это сделано, например, в зарядном устройстве по схеме рис. 3.3).

Если возникнет необходимость измерять токи величиной более 10 А, целесообразно использовать стандартные шунты, выпускаемые промышленностью. В этом случае надобность в резисторах R1, R2 отпадает, контакты K1.1 также нельзя использовать при коммутации токов больше 10 А; клеммы выносного шунта следует соединить с левым по схеме выводом резистора R3 и общим проводом устройства. Освободившиеся контакты реле K1 можно использовать для

управления мощным контактором, коммутирующим источник тока по цепи его сетевого питания либо по вторичной стороне.

Дальнейшим развитием изложенной выше идеи автора измерения заряда и ее практического воплощения явилась статья *«Измеритель заряженности аккумуляторной батареи»* [19]. Предложенное вниманию читателей устройство позволяет объективно определять количество электричества, которое осталось в аккумуляторе при его эксплуатации. Измеритель заряда в этом устройстве учитывает как сообщенный аккумулятору заряд (например, от генератора бортовой сети автомобиля), так и отданный аккумулятором заряд, и алгебраически (то есть с учетом разных знаков) суммирует эти две величины. Результирующая информация отображается на цифровом табло.

Завершая разговор о зарядных устройствах для автомобильных аккумуляторов, заметим следующее. Среди специалистов не существует единого мнения по поводу того, какой критерий окончания зарядки использовать при разработке зарядного устройства. Чаще всего зарядку заканчивают, когда напряжение на аккумуляторной батарее достигает определенной величины. На таком принципе работают и зарядные устройства, описанные выше. Однако существуют и другие критерии, по которым можно оценивать степень заряженности батареи. Так, например, весьма интересным представляется способ зарядки, при котором аккумулятору сообщается определенное количество электричества. Это может быть реализовано, например, с помощью *цифрового измерителя заряда*, описание которого приведено в этой книге.

Интересен также метод определения окончания зарядки по достижению на батарее напряжения, максимального для данного зарядного тока, и постоянства его в течение двух часов. Такое зарядное устройство описано в [20].

Радиолюбители и автолюбители, желающие более глубоко изучить особенности эксплуатации автомобильных аккумуляторных батарей, могут воспользоваться книгами [21, 22].

## **Глава 4.**

# **ЭЛЕКТРОНИКА В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ: РЕГУЛЯТОРЫ МОЩНОСТИ В НАГРУЗКЕ И СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ**

В этой главе будут описаны несколько регуляторов мощности в нагрузках, рассчитанных на питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Во всех устройствах, кроме стабилизатора напряжения на базе автотрансформатора, изменение мощности в нагрузке осуществляется фазоимпульсным методом, т. е. изменением угла включения коммутирующего тиристора относительно начала полупериода сетевого напряжения. В двух последних описанных устройствах обеспечивается стабилизация мощности в нагрузке с **изменяющимся сопротивлением**.

### **4.1. Фазовый регулятор мощности на КР1182ПМ1**

Как и другие новые электронные компоненты, специализированные микросхемы позволяют радиолюбителям значительно упростить создание новых устройств за счет резкого сокращения числа используемых дискретных радиоэлементов.

Примером является микросхема КР1182ПМ1 — фазовый регулятор мощности, который может использоваться для регулирования мощности высоковольтных мощных нагрузок. Микросхемы можно применять для плавного включения и выключения электрических ламп накаливания и изменения яркости их свечения, для управления более мощными полупроводниковыми коммутирующими приборами (например, симметричными тиристорами), для регулирования частоты вращения электрических двигателей.

Микросхема КР1182ПМ1 состоит из двух тринисторов, каждый из которых собран по схеме транзисторного аналога тринистора, и включенных встречно-параллельно, и узла управления тринисторами.

Микросхема работоспособна при действующем значении напряжения сети до 276 В. Наибольший ток нагрузки составляет 1,2 А, наибольшая мощность нагрузки — 150 Вт.

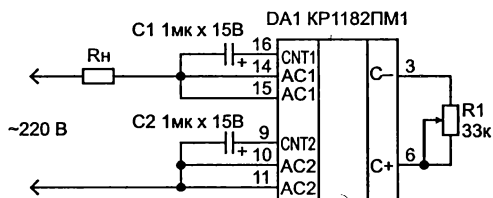


Рис. 4.1. Типовая схема включения микросхемы KP1182PM1

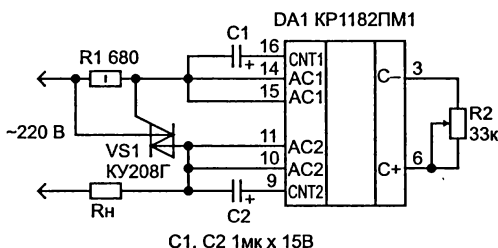


Рис. 4.2. Схема включения дополнительного симистора в регулятор мощности

Типовая схема включения микросхемы KP1182PM1 показана на рис. 4.1. Данное устройство позволяет плавно регулировать мощность в нагрузке от нуля до максимального значения с помощью переменного резистора R1. Конденсаторы C1, C2 обеспечивают необходимую задержку включения тринистров микросхемы на каждой полуволне сетевого напряжения относительно момента его перехода через ноль. Эти конденсаторы также не позволяют тринистам открываться в момент подачи напряжения сети.

Если мощность, коммутируемая микросхемой, недостаточна, в регулятор необходимо ввести дополнительный симистор VS1 (рис. 4.2).

## 4.2. Схемы и конструкции тиристорных регуляторов с малым уровнем помех

Недостатком тиристорных регуляторов с фазоимпульсным управлением является высокий уровень помех, который они создают в питающей сети. Эти помехи возникают в моменты скачкообразного включения тринистора. Коммутационные помехи не только распро-

страняются через сеть, вызывая неустойчивую работу различных приборов (электронных часов, вычислительных машин и пр.), но и мешают нормальной работе некоторых устройств, гальванически не связанных с сетью (так, в радиоприемнике, находящемся недалеко от тиристорных регуляторов, слышен треск помех). Поэтому уменьшение коммутационных помех в тиристорных регуляторах мощности является важной задачей.

Наиболее доступным способом снижения помех является такое регулирование, при котором переключение тиристора происходит в моменты перехода сетевого напряжения через ноль. При этом мощность в нагрузке можно регулировать числом полных полупериодов, в течение которых через нагрузку протекает ток. Недостатком такого способа регулирования по сравнению с традиционными являются большие колебания мгновенных значений мощности в нагрузке в течение периода регулирования, который значительно больше периода синусоидального напряжения и может достигать нескольких секунд. Однако для таких инерционных потребителей энергии, как электрическая печь, утюг, электроплитка, мощный электромотор этот недостаток не является определяющим.

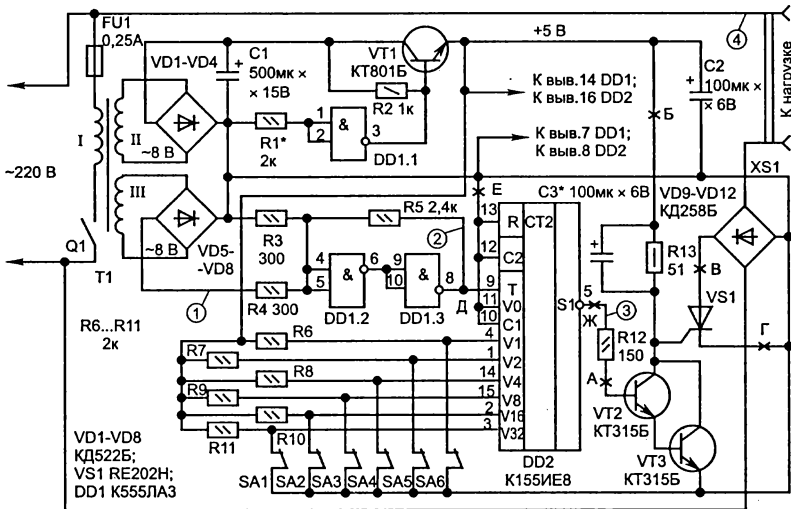
На рис. 4.3 представлена схема такого регулятора мощности, уже знакомая читателям [32]. Но автор решил ее повторить, разработав монтажные платы.

Мощность в нагрузке регулируется тринисторным ключом VS1, которым, в свою очередь, управляет счетчик K155IE8 (DD2). Этот счетчик представляет собой делитель частоты с переменным коэффициентом деления. Подачей сигналов 1 или 0 на входы V1, V2, V4, V8, V16 и V32 счетчика формируют соответствующую импульсную последовательность на выходе S1. Полный период работы счетчика состоит из 64 импульсов. Если, например, на эти входы подать уровни 1, 0, 0, 1, 1, 0, для чего надо разомкнуть соответственно контакты выключателей SA6, SA3, SA2, то на выходе S1 счетчика сформируется 25 импульсов за цикл ( $1 + 8 + 16 = 25$ ). Число импульсов определяет мощность, выделяемую в нагрузке регулятора. Требуемый режим работы счетчика обеспечен сигналами логического 0 на входах V0, R, C1 и C2.

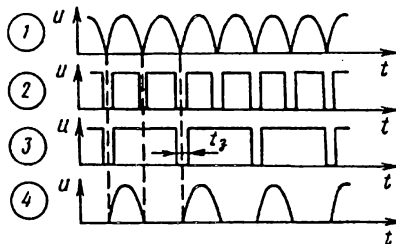
Тактовые импульсы частотой 100 Гц, управляющие работой счетчика, формируют логические элементы DD1.2 и DD1.3 из пульсирующего напряжения, снимаемого с выхода выпрямительного моста

VD5—VD8. Электронный ключ образован составным транзистором VT2VT3, тринистором VS1 и диодным мостом VD9—VD12. Когда на выходе S1 счетчика уровень логического 0, составной транзистор закрыт, тринистор в это время открыт током через резистор R13 и через нагрузку, подключенную к разъему XS1, протекает ток. Тринистор включен в диагональ выпрямительного моста VD9—VD12, поэтому через нагрузку протекает переменный ток.

Зачем нужен конденсатор С3? Он обеспечивает открывание тристора VS1 точно в моменты перехода сетевого напряжения через нуль. Дело в том, что спад прямоугольных импульсов на выходе формирователя (диаграмма 2, рис. 4.4) не совпадает с моментом пере-



**Рис. 4.3.** Схема регулятора мощности с малым уровнем помех

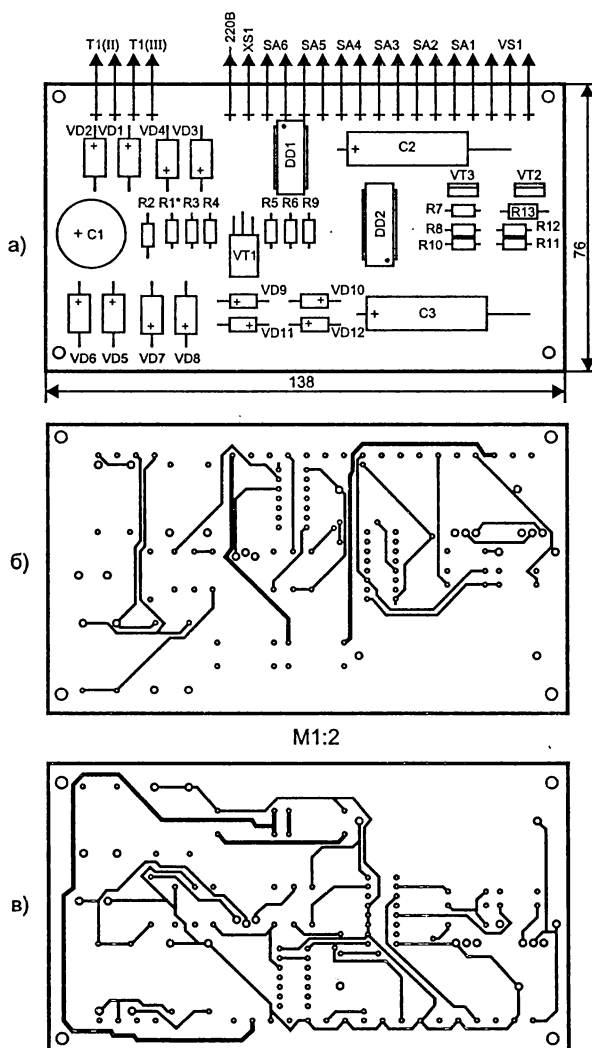


**Рис. 4.4.** Временные диаграммы, иллюстрирующие работу регулятора мощности



да сетевого напряжения через нуль (диаграмма 1). Объясняется это тем, что напряжение переключения элементов DD1.2DD1.3 больше нуля. Конденсатор C3 обеспечивает задержку включения тринистора на время  $t_i$  и тем самым исключает преждевременное его включение.

Источник питания регулятора мощности представляет собой двухполупериодный выпрямитель на диодах VD1—VD4 со стабилизатором напряжения на транзисторе VT1. Вместо стабилитрона, который



**Рис. 4.5.** Монтажная плата регулятора мощности:

- а — расположение деталей на плате;
- б — вид на печатные проводники со стороны деталей;
- в — вид на печатные проводники со стороны монтажа

обычно используется в подобных схемах, применен логический элемент DD1.1. При таком включении напряжение на выходе логического элемента стабильно и может быть использовано в качестве образцового. Величина напряжения зависит от сопротивления резистора R1.

О деталях регулятора. Микросхему K555ЛА3 можно заменить на K155ЛА3, K158ЛА3; транзистор КТ801Б — на КТ630, КТ815, КТ817 с любым буквенным индексом; транзисторы КТ315Б — на любые из серий КТ315, КТ342, КТ503, КТ3117. Выпрямительные диоды VD1—VD8 — любые из серий КД510, КД521, КД522; диоды КД258Б (VD9—VD12) можно заменить на КД226 (В, Г, Д). Оксидные конденсаторы — К50-16, К50-35 (С1), К50-24, К50-29 (С2, С3). Резисторы — МЛТ, С2-23, выключатели Q1, SA1—SA6 — тумблеры TB2-1, Т1, ТП1-2, П1Т, МТ и др.

Сетевой трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ20×20. Обмотка I содержит 2000 витков провода ПЭВ-2, 0,11, обмотки II и III содержат по 80 витков провода ПЭВ-2 0,25. Тринистор VS1 устанавливают на теплоотводе с эффективной площадью охлаждения не менее 100 см<sup>2</sup>; транзистор VT1 — на теплоотводе с поверхностью 10...20 см<sup>2</sup>.

Большая часть элементов устройства смонтирована на плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 4.5). Печатные проводники, по которым протекает ток нагрузки, на рисунке показаны утолщенными линиями. Желательно эти проводники продублировать отрезками монтажного провода сечением 0,35...0,5 мм<sup>2</sup>.

Налаживают регулятор мощности так. Отключив временно микросхему DD2, подборкой резистора R1 устанавливают на выходе стабилизатора напряжение, равное 5 В. Затем к разъему XS1 подключают нагрузку и с помощью осциллографа проверяют форму напряжения в различных точках регулятора (она должна соответствовать рис. 4.4) и подбирают конденсатор С3 такой емкости, чтобы обеспечить требуемое время задержки. При отсутствии осциллографа этот конденсатор подбирают по минимальному уровню помех в малогабаритном радиовещательном приемнике, размещенном возле проводов цепи нагрузки. Максимальная мощность нагрузки определяется максимальным током диодов VD9—VD12 и в данном случае составляет около 700 Вт.

Мощность регулятора изменяют выключателями SA1—SA6. Если же вместо них установить бесконтактные ключи, например тран-



Для более плавного регулирования мощности счетчик K155IE2 можно заменить на K155IE5, тогда период работы регулятора будет состоять не из 10, а из 16 тактовых импульсов. При этом не обязательно использовать переключатель SA1 на 17 положений — в области максимальных значений мощности можно использовать не все выходы дешифратора, а, скажем, через один.

С другими вариантами создания регуляторов мощности с малым уровнем помех читатели могут познакомиться в [32].

### **4.3. Схемы и конструкции стабилизаторов сетевого напряжения**

Проблема обеспечения надлежащего качества электрической энергии в настоящее время является весьма актуальной. К показателям качества в первую очередь следует отнести частоту и напряжение. Если с первым показателем особых проблем нет, то второй показатель обеспечивается далеко не всегда. Дело в том, что ГОСТ требует, чтобы напряжение однофазной сети (то есть той, которая используется в быту) составляло 220 В  $-15\% +10\%$ , то есть находилось бы в диапазоне от 187 В до 242 В. В силу разных причин напряжение часто выходит за указанные рамки. Это приводит к неустойчивой работе аппаратуры и даже к выходу ее из строя. Для стабилизации напряжения питающей сети в бытовых условиях широко используют феррорезонансные стабилизаторы. Однако у них есть серьезные недостатки. К их числу следует отнести искажение формы выходного напряжения, невозможность работы без нагрузки. Кроме того, феррорезонансные стабилизаторы бытового назначения имеют небольшую мощность (300...400 Вт), которой нередко оказывается недостаточно, например, для питания аппаратуры в дачной или в сельской местности, где напряжение особенно нестабильно. По этой же причине (искажение формы выходного напряжения) не нашли широкого применения стабилизаторы напряжения, построенные по принципу фазоимпульсного управления тиристорами.

Стабилизатор напряжения, описание которого приведено ниже, выполнен на базе регулируемого автотрансформатор и свободен от указанных недостатков. Такой стабилизатор (рис. 4.7) представляет

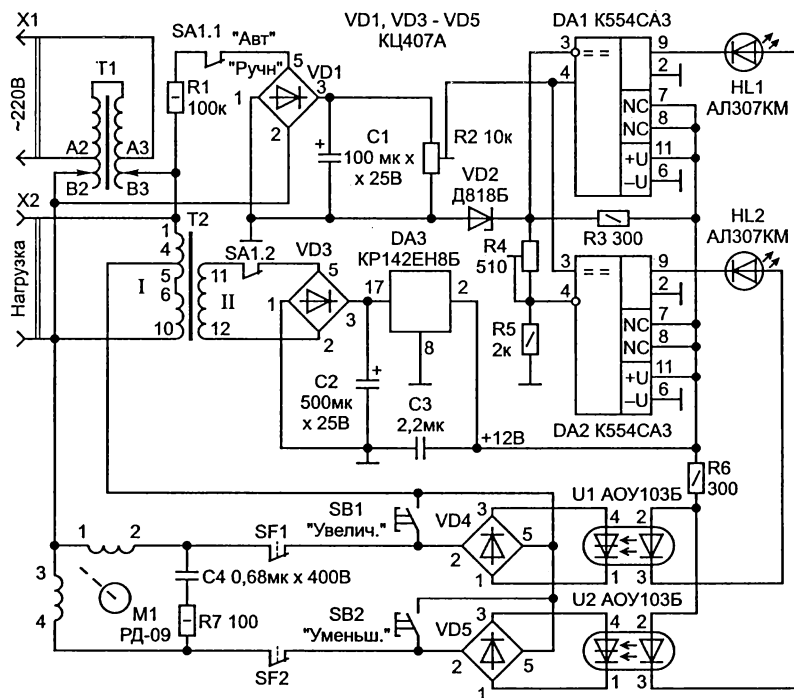


Рис. 4.7. Принципиальная схема стабилизатора сетевого напряжения.

собой систему автоматического регулирования, в которой часть выходного напряжения сравнивается с установленным образцовым напряжением. В зависимости от знака разности этих напряжений подвижный контакт автотрансформатора с помощью электродвигателя перемещается так, что выходное напряжение стремится к образцовому. В качестве автотрансформатора Т1 использован автотрансформатор типа АОСН-20-220-75У4. Его обмотки рассчитаны на ток до 20 А, а максимальное напряжение, снимаемое с подвижных контактов, составляет 240 В. Трансформатор выполнен на стержневом (Π-образном) магнитопроводе. Обмотка состоит из двух частей, по каждой из которых скользит графитовый ползунок (В2 и В3). Входное напряжение 220 В подается на контакты — отводы обмоток А2 и А3.

При указанном на схеме положении контактов выключателя SA1 выходное напряжение с подвижных контактов В2 и В3 через резистор R1 поступает на диодный мост VD1. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C1 и с ползунка подстроечного резистора R2 подаются на входы микросхем — компараторов напряжения DA1, DA2. На вторые входы компараторов подано образцовое напряжение, снимаемое с параметрического стабилизатора напряжения VD2R3 и с регулируемого делителя напряжения R4R5. Выходные напряжения компараторов через переключатель SA2 и светодиоды HL1, HL2 подаются на светодиоды оптронов U1, U2. Динисторы оптронов включены в диагонали диодных мостов VD4, VD5, которые управляют подачей напряжения на обмотки мотора M1 — асинхронного реверсивного электродвигателя с редуктором типа РД-09. Если открыт динистор оптрона U1, вал двигателя вращается в одну сторону; если же открыт динистор оптрона U2, то вал двигателя вращается в другую сторону.

Как известно, компаратором называется устройство, предназначенное для сравнения двух аналоговых сигналов, поданных на его входы. Компаратор представляет собой усилитель с высоким (десятки и сотни тысяч раз) коэффициентом усиления. Выходные каскады усилителя выполнены таким образом, что напряжение на выходе компаратора может принимать одно из двух значений: высокого или низкого уровня, т. е. компаратор имеет цифровой выход.

Интегральный компаратор K554СА3, используемый в стабилизаторе напряжения, имеет открытый коллекторный выход, рассчитанный на подключение нагрузки током до 50 мА. Выходной транзистор открыт (то есть на выходе компаратора при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы компаратора. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня. В зависимости от соотношения этих напряжений компараторы могут находиться в одном из следующих состояний:

- 1) на обоих выходах напряжение высокого уровня, фотосимисторы оптопар U1 и U2 закрыты, и мотор M1 не вращается;

2) на выходе компаратора DA1 напряжение высокого уровня, а на выходе DA2 — низкого уровня, при этом оптопара U1 открыта, а оптопара U2 — закрыта, мотор M1 вращается, перемещая щетки автотрансформатора T1;

3) на выходе компаратора DA1 напряжение низкого уровня, а на выходе DA2 — высокого уровня, при этом оптопара U1 закрыта, а оптопара U2 — открыта, мотор M1 вращается в противоположную предыдущему случаю сторону.

Ситуация, при которой обе оптопары открыты одновременно, является запрещенной и может возникнуть только в случае неисправности устройства.

Обмотки электродвигателя питаются напряжением 127 В, которое снимается с выводов 4 и 10 первичной обмотки трансформатора T2. Конденсатор C4 обеспечивает необходимый фазовый сдвиг между напряжениями на обмотках электродвигателя.

Компараторы DA1, DA2 и параметрический стабилизатор VD2R3 питаются от стабилизатора напряжения, выполненного на специализированной микросхеме DA3.

Как работает стабилизатор? Если выходное напряжение трансформатора T1 соответствует норме, то напряжение на движке подстроечного резистора R2 будет меньше напряжения на выводе 3 компаратора DA1, но больше напряжения на выводе 4 компаратора DA2, а выходной ток обоих компараторов равен нулю. При этом диодисторы обоих оптронов закрыты, ток через обмотки электродвигателя не протекает, и ползунки автотрансформатора T1 неподвижны.

В случае повышения сетевого напряжения значения напряжения на контактах B2 и B3 автотрансформатора и на резисторе R2 также возрастут. В результате напряжение на выводе 4 компаратора DA1 превысит напряжение на выводе 3, и через вывод 9 компаратора потечет ток. Откроется диодистор оптрона U2. Состояние компаратора DA2 при этом не изменится. Через диодный мост VD5 и обмотки электродвигателя M1 начнет протекать ток, заставляя вращаться вал. Ползунки будут перемещаться по виткам обмоток трансформатора T1 в направлении уменьшения выходного напряжения. Через некоторое время напряжение достигнет нормы, компаратор DA1 переключится в исходное состояние, и электродвигатель остановится. Если же сетевое напряжение снизится, то в активном состоянии окажутся

компаратор DA2 и оптрон U1, и вал двигателя будет перемещать ползунки B2 и B3 в направлении увеличения выходного напряжения до тех пор, пока оно не придет в норму. Таким образом напряжение будет поддерживаться на заданном уровне. Точность стабилизации выходного напряжения (то есть диапазон возможных значений) определяется разницей в уровнях напряжения на выводе 3 микросхемы DA1 и выводе 4 микросхемы DA2 и устанавливается подстроечным резистором R4.

Резистор R6 ограничивает ток через динисторы оптронов и через выходы микросхем стабилизаторов. Конденсатор C1 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, а также фильтрует помехи, возникающие при кратковременных изменениях сетевого напряжения. Если продолжительность действия помехи не превышает 1,5...2 с, стабилизатор на нее не реагирует.

Для управления электродвигателем в ручном режиме, когда электронный узел устройства отключен, пользуются выключателем SA1 и кнопками SB1 и SB2. Размыкающие контакты SF1 и SF2 — это контакты конечных выключателей. Когда ползунки B2 и B3 трансформатора T1 оказываются в крайних положениях (верхнем или нижнем), контакты конечных выключателей размыкаются и отключают двигатель, исключая повреждение механических частей стабилизатора. Такое может случиться, например, при значительном снижении сетевого напряжения, если ползунки уже находятся в крайнем нижнем положении, а напряжение на выходе продолжает оставаться ниже требуемого, и сигналы компараторов подают сигнал на вращение двигателя M1.

Светодиоды HL1, HL2 позволяют визуально контролировать направление вращения вала электродвигателя. Если такой необходимости нет (например, блок управления находится в недоступном для обзора месте), эти светодиоды можно исключить.

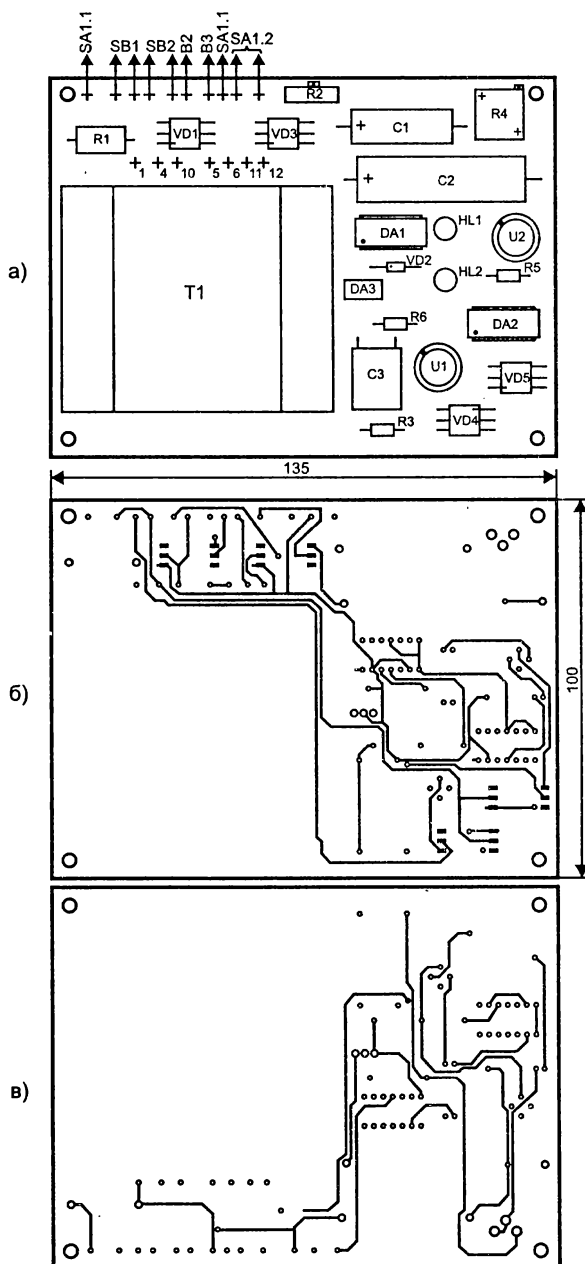
О деталях устройства. В качестве компараторов могут работать также и микросхемы типов K521CA3, K521CA5, K521CA6, K1401CA1. Последние два типа микросхемы содержат в одном корпусе соответственно два и четыре компаратора. Оптроны U1 и U2 могут быть любыми из серии АОУ103, кроме АОУ103А, а также АОУ115Б (В), АОУ160А; могут применяться зарубежные аналоги МОС3052, МОС3021. Выпрямительные мосты могут быть, кроме



указанных на схеме, типов КЦ402, КЦ405 с буквами А—В, Ж, И. Стабилитрон VD2 желательно использовать с малым значением температурного коэффициента напряжения, например, Д818 с любыми буквами. Если же к температурной стабильности регулируемого напряжения не применяются высокие требования, то возможно использование стабилитронов других типов с напряжением стабилизации 6...10 В, например, КС168А, КС175А, КС191А, Д814А (Б, В). Конденсаторы С1, С2 — оксидные К50-24, К50-29, К50-16, К50-35; С3 — КМ-6, К10-17; С4 — К73-17. Все постоянные резисторы — типов МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечные R2 и R4 — СП5-2, СП3-19, СП3-38. Конечные выключатели SF1, SF2 и кнопки SB1, SB2 — типа КМ1-1, КМ2-1; переключатели SA1 — тумблеры типов ТЗ, П2Т-1-1 или МТЗ. В качестве трансформатора Т2 может быть использован ТПП238-127/220-50 или любой другой мощностью не менее 10 Вт, имеющий отвод в первичной обмотке на 127 В, вторичную обмотку на напряжение 18...22 В и ток не менее 100 мА.

Используемый в приводе автотрансформатора электродвигатель М1 — переменного тока, типа РД-09 с редуктором, число оборотов выходного вала — 5...20 об/мин (для разных модификаций этого типа коэффициент редукции 60...240). Такие двигатели применяются в самопишущих потенциометрах. Для преобразования вращательного движения вала электродвигателя в поступательное движение ползунков трансформатора Т1 использована винтовая пара с резьбой М12×1,75. С ее винтом вал двигателя соединен через переходную втулку, причем фиксация валов обеспечивается винтами М4, которые вворачиваются в корпус втулки. При скорости вращения вала 15 об/мин выходное напряжение изменяется со скоростью около 0,5 В/с. Для бытовых целей такое быстродействие вполне достаточно. Электронная часть стабилизатора смонтирована на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 4.8), которая помещена в металлический корпус.

После монтажа печатной платы и ее подключения к внешним цепям приступают к настройке стабилизатора. Подстроечным резистором R2 устанавливают величину номинального выходного напряжения (220 В), затем подстроечным резистором R4 устанавливают требуемую точность регулирования выходного напряжения (перемещение ползунка этого резистора вверх по схеме повышает точность



**Рис. 4.8.** Монтажная плата стабилизатора напряжения:

- а* — расположение деталей на плате;
- б* — вид на печатные проводники со стороны деталей;
- в* — вид на печатные проводники со стороны монтажа

регулирования). В авторском экземпляре стабилизатора при номинальном напряжении 220 В точность регулирования составляла  $\pm 2\%$ . Теоретически стабилизатор способен обеспечить точность регулирования в пределах десятых долей процента — для этого надо лишь увеличить емкость конденсатора С1. Но тогда он будет реагировать и на незначительные колебания сетевого напряжения, вызванные случайными причинами (например, подключением и отключением электроприборов); это может привести к преждевременному износу механических подвижных частей устройства. При отклонении напряжения от нормы вал электродвигателя должен вращаться в направлении, обеспечивающем стабилизацию этого напряжения. Если же вал вращается не в ту сторону, следует поменять местами включение выводов 2 и 4 обмоток двигателя.

Данный стабилизатор был изготовлен для поддержания номинального напряжения 220 В в дачном домике в условиях значительного снижения напряжения питающей сети. При максимальной нагрузке (4,4 кВт) минимальное входное напряжение, при котором стабилизатор выполнял свою функцию, составляло около 180 В. При дальнейшем понижении напряжения сети срабатывал концевой выключатель, и режим стабилизации прекращался, поскольку ползунки находились в крайнем нижнем (по схеме) положении. Чтобы избежать такой ситуации, можно рекомендовать поменять местами выводы обмоток трансформатора А2А3 и В2В3 и одновременно поменять местами выводы 2 и 4 мотора М1. При этом сетевое напряжение будет подаваться на скользящие контакты В2В3, а нагрузка подключена к выводам обмоток А2А3. Теперь стабилизация будет обеспечиваться при сколь угодно глубоком понижении напряжения сети (даже до 50...60 В), однако следует помнить, что в любом случае ток через подвижные щетки В2В3 не может превышать 20 А. Максимальный выходной ток должен быть во столько раз меньше этого значения, во сколько раз выходное напряжение больше входного. Это следует из условия равенства мощностей входной и выходной цепей. Но такой способ включения частей обмотки имеет недостаток: если вдруг входное напряжение резко возрастет, к электросети через подвижные контакты В2В3 окажется подключенным несоразмерно малое число витков обмотки трансформатора, и пока система автоматического регулирования будет обрабатывать входное воздей-

ствие, через контакты В2В3 будет протекать чрезмерно большой ток, а на нагрузке будет действовать недопустимо большое напряжение. Для частичного предотвращения этого недостатка можно ограничить перемещение ползунков автотрансформатора соответствующей установкой конечного выключателя, который бы срабатывал при снижении входного напряжения до 150...160 В, и дальнейшее перемещение ползунков в сторону уменьшения числа витков обмоток, подключаемых к сети, прекращалось.

Устройство пригодно для стабилизации выходного напряжения в диапазоне от единиц вольт до 220 В. Для обеспечения выходного напряжения меньше 70...80 В первичную обмотку трансформатора Т2 следует питать непосредственно от сети 220 В и, кроме того, уменьшить величину резистора R1 до 47...56 кОм. Для выходного напряжения менее 10 В стабилитрон VD2 придется заменить другим, напряжение стабилизации которого должно быть на 1...2 В меньше, чем стабилизируемое.

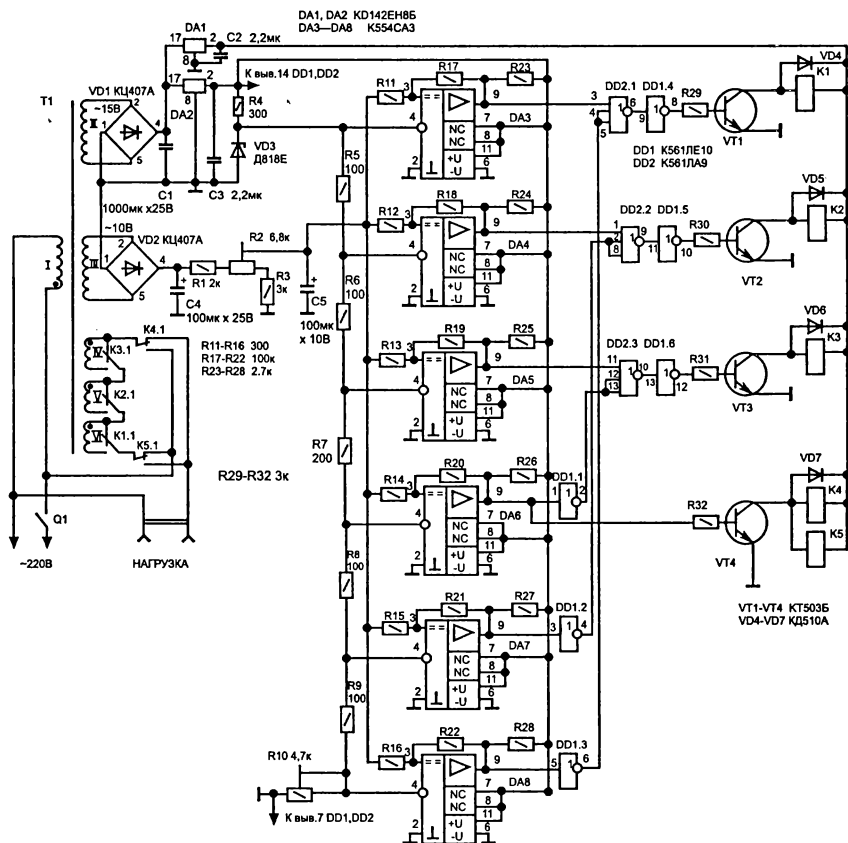
В качестве трансформатора Т1 можно также использовать тороидальные автотрансформаторы типов ЛАТР-2, ЛАТР-9, однако в этом случае допустимая мощность нагрузки уменьшится; придется также применить двигатель РД-09 с меньшим числом оборотов (1...2 об/мин).

Автотрансформатор прикрепляют к жесткому основанию через войлочную или резиновую прокладку, обладающую хорошими звукопоглощающими свойствами.

Авторский экземпляр стабилизатора напряжения используется в дачном домике уже семь лет и вполне надежно работает, обеспечивая высокую точность напряжения.

На базе ранее опубликованной схемы [32] автором была разработана еще одна конструкция стабилизатора сетевого напряжения.

Принцип действия этого варианта стабилизатора (рис. 4.9) основан на включении последовательно с нагрузкой одной, двух или трех дополнительных обмоток трансформатора при отклонении сетевого напряжения от нормы. Если сетевое напряжение ниже необходимого, то дополнительные обмотки включаются синфазно с напряжением сети, и напряжение на нагрузке становится больше сетевого; если же напряжение сети становится выше нормы, то обмотки включаются в противофазе с сетевым напряжением, приводя к уменьшению напряжения на нагрузке. Такой способ регулирования напряжения



снимаемое с движка подстроечного резистора R2. Датчиком напряжения сети является обмотка III трансформатора T1, напряжение на которой (примерно 10 В) изменяется пропорционально сетевому. Оно выпрямляется диодным мостом VD2, пульсации сглаживаются П-образным RC-фильтром C4R1R2R3C5. Постоянная времени фильтра выбрана равной 1...2 с, что исключает срабатывание компараторов от действия кратковременных всплесков напряжения.

Пороговыми значениями сетевого напряжения для срабатывания компараторов DA3—DA8 являются уровни 250 В, 240 В, 230 В, 210 В, 200 В и 190 В соответственно. Если напряжение сети превышает указанные уровни, то на выходах (вывод 9) тех компараторов, для которых выполняется указанное условие, действует напряжение высокого логического уровня (уровня логической 1) — около 12 В. Таким образом, разница уровней срабатывания компараторов составляет 10 В, или примерно 5% сетевого напряжения. Уровни срабатывания компараторов DA5 и DA6 отличаются на 20 В. Это соответствует зоне регулирования  $220 \text{ В} \pm 5\%$ . Напомним, что государственным стандартом установлено допустимое сетевое напряжение  $220 \text{ В} +10\% -15\%$  (от 187 В до 242 В). Данный же стабилизатор, как видно, обеспечивает более высокую точность поддержания величины сетевого напряжения.

Каждый из компараторов охвачен положительной обратной связью через резисторы R17—R22. Это сделано для обеспечения небольшого гистерезиса (то есть разницы между напряжениями срабатывания каждого компаратора при увеличении и уменьшении сетевого напряжения). Величина гистерезиса определяется соотношением номиналов резисторов R17 и R11 для микросхемы DA3 и аналогичных пар резисторов для других компараторов. Эти резисторы подобраны таким образом, чтобы разница между напряжениями срабатывания и отпускания компараторов составляла 1,5...2 В. Если исключить положительную обратную связь, то есть сделать нулевой гистерезис, то небольшие колебания сетевого напряжения (вызванные, например, включением и отключением бытовых приборов, а также иными помехами), будут приводить к частому срабатыванию компараторов и, соответственно, повышенному износу контактов электромагнитных реле, а также к дополнительным помехам в сети.

Следовательно, точность поддержания напряжения на нагрузке определяется разницей напряжения срабатывания разных компараторов и величиной гистерезиса и составляет около 12 В.

Работа компараторов и электромагнитных реле при различных значениях напряжения сети иллюстрируется табл. 4.1.

Таблица 4.1

Напряжение сети, В	Логические уровни на выходах компараторов						Состояния реле (1 — включено, 0 — выключено)				Напряжение на нагрузке, В
	DA3	DA4	DA5	DA6	DA7	DA8	K1	K2	K3	K4, K5	
170	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	200
180	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	210
189	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	219
191	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	211
201	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	211
211	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	211
221	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	221
231	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	221
241	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	221
251	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	221
260	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	230
270	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	240

Как видно из таблицы, при изменении сетевого напряжения от 170 В до 270 В, т. е. на 23%, напряжение на нагрузке изменяется от 200 В до 240 В, т. е. всего лишь на 9%.

Поясним некоторые схемные решения стабилизатора. Эталонное напряжение на инвертирующие входы компараторов подается с параметрического стабилизатора R4VD3, который, в свою очередь, питается от интегрального стабилизатора напряжения, выполненного на микросхеме DA2 (выходное напряжение +12 В). Стабилитроны серии Д818 обладают весьма малым температурным коэффициентом напряжения, что обеспечивает высокую точность поддержания эталонного напряжения в широком диапазоне температур. Этому же

способствует и питание параметрического стабилизатора от стабилизированного источника напряжения (то есть обеспечена двойная стабилизация). Питание обмоток реле К1—К5 осуществляется от другого интегрального стабилизатора +12 В (микросхема DA1). Необходимость в отдельном стабилизаторе для питания реле вызвана тем, что следует максимально исключить взаимное влияние цепей питания компараторов, источника эталонного напряжения и цепей питания реле; в противном случае срабатывание реле и вызванное этим изменение тока может привести к ложным срабатываниям компараторов и неустойчивой работе стабилизатора в целом.

С обмотки III трансформатора Т1 снимается напряжение, пропорциональное сетевому, хотя его можно было бы снимать с обмотки II трансформатора. Необходимость использования отдельной обмотки объясняется желанием исключить влияние изменений тока, вызванных срабатыванием реле, на величину задающего напряжения, которое с обмотки трансформатора после выпрямления поступает на неинвертирующие входы компараторов.

В стабилизаторе применены следующие радиоэлементы. В качестве компараторов можно использовать, помимо указанных на схеме, микросхемы К521СА3, К521СА5, К521СА6, К1401СА1 (последние два типа микросхем содержат в одном корпусе соответственно два и четыре компаратора напряжения); интегральные стабилизаторы КР142ЕН8Б можно заменить 15-вольтовыми (с буквой В). В качестве диодных мостов VD1, VD2 можно также использовать приборы типов КЦ402—КЦ405, КЦ409, КЦ410, КЦ412 с любыми буквенными индексами. Диоды VD4—VD7, шунтирующие обмотки реле, могут быть любого типа с допустимым обратным напряжением более 15 В и прямым током более 100 мА. Оксидные конденсаторы — К50-16, К50-24 или К50-35; остальные — КМ-6, К10-17, К73-17. Все постоянные резисторы МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечные R2 и R10 — многооборотные СП5-3В. Резисторы R5—R9 должны иметь допустимое отклонение сопротивлений от номинальных не хуже 1%; если же нет возможности найти резисторы с таким классом отклонения, их следует подобрать из группы резисторов указанного номинала, используя цифровой омметр. Реле К1—К5 — зарубежного производства *Bestar* BS-902CS. Реле этого типонаминала имеют обмотку со-



противлением 150 Ом, рассчитанную на рабочее напряжение 12 В, и контактную группу переключающего типа, рассчитанную на коммутацию напряжения 240 В при токе 15 А. Выключатель Q1 — тумблер типа ТВ1-4, у которого все четыре пары контактов соединены параллельно. Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ50×40 (габаритная мощность около 600 Вт). Обмотка I намотана проводом ПЭТВ-2 0,9 и содержит 300 витков; обмотка II — 21 виток провода ПЭТВ-2 0,45; обмотка III — 14 витков провода ПЭТВ-2 0,45; обмотки IV, V, VI содержат по 15 витков провода ПЭТВ-2 2,5. Удобно использовать стандартный трансформатор на ленточном магнитопроводе типа ОСМ1-0,63, у которого все обмотки, кроме первичной (она содержит 300 витков), удалены, а вторичные обмотки намотаны в соответствии с приведенными выше данными. При изготовлении трансформатора одноименные выводы обмоток I, IV, V, VI следует пометить (на схеме обозначены точками).

Все элементы стабилизатора напряжения, кроме трансформатора Т1, тумблера Q1 и разъема подключения нагрузки XS1, смонтированы на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 4.10). Сплошными кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропаять с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы. Микросхемы DA1 и DA2 снабжены радиаторами площадью соответственно около 100 см<sup>2</sup> и 30 см<sup>2</sup>. Печатные проводники, соединяющие на плате контакты реле К4.1 и К5.1 между собой и с выводными отверстиями печатной платы, должны быть продублированы монтажным проводом сечением не менее 4 мм<sup>2</sup>.

Монтажная плата автором отработана с достаточной точностью, которой следует строго придерживаться всем желающим повторить конструкцию в работоспособном состоянии.

Для настройки стабилизатора напряжения понадобятся два вольтметра, измеряющих переменное напряжение в диапазоне 300 В, и лабораторный автотрансформатор, напряжение на выходе которого можно изменять от 170 В до 270 В. Для индикации состояний компараторов к выходу каждого из них подключают последовательно соединенные резистор сопротивлением 10...15 кОм и светодиод серии

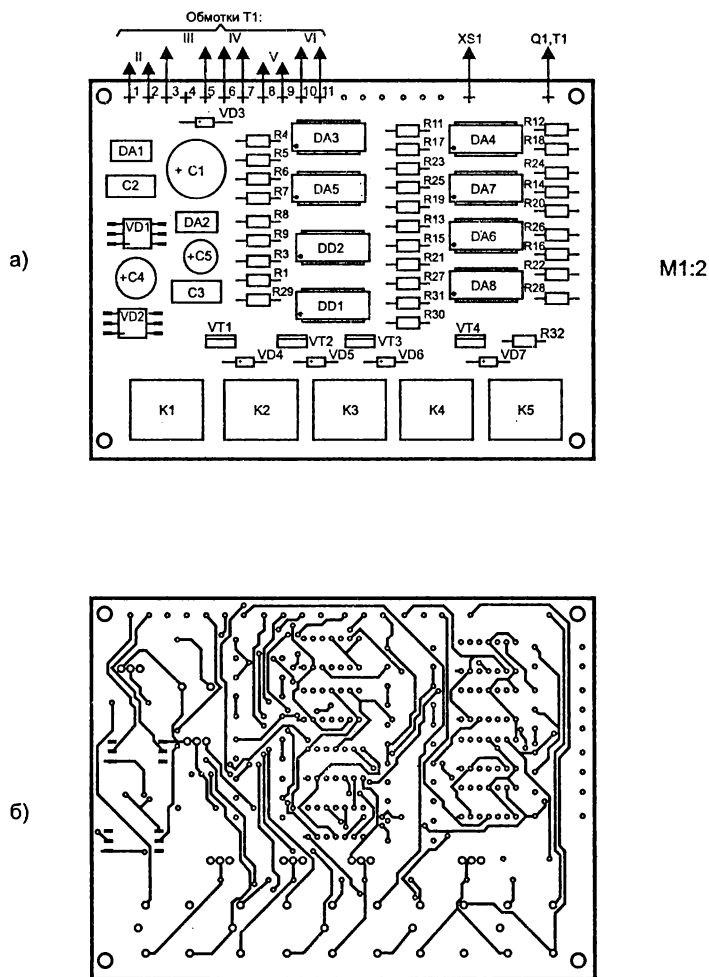
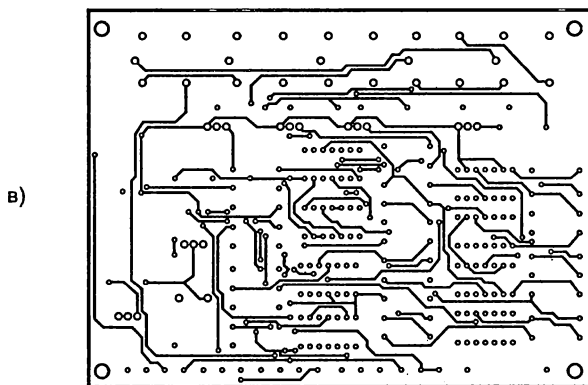


Рис. 4.10. Монтажная плата стабилизатора напряжения:

а — расположение деталей на плате;

б — вид на печатные проводники со стороны деталей



Продолжение рис. 4.10. Монтажная плата стабилизатора напряжения:

в — вид на печатные проводники со стороны монтажа

АЛ307 так, чтобы аноды диодов были соединены с выводами 9 микросхем компараторов, а свободные выводы резисторов с общим проводом. Разумеется, можно обойтись и вольтметром постоянного тока, с помощью которого измерять напряжения на выходах компараторов, но это менее удобно. Настройка стабилизатора состоит в установлении величины номинального напряжения на нагрузке, равного 220 В, и в подборке порогов срабатывания компараторов DA3—DA8 равными 250 В, 240 В, 230 В, 210 В, 200 В и 190 В соответственно.

К выходу лабораторного автотрансформатора подключают стабилизатор напряжения и первый вольтметр; к гнездам XS1 «Нагрузка» стабилизатора подключают второй вольтметр. Движки подстроечных резистора R2 и R10 устанавливают в крайнее правое по схеме положение, а на выходе автотрансформатора устанавливают напряжение 190 В. При этом на выходах всех компараторов должен быть низкий логический уровень (светодиоды не светятся, а при определении уровня напряжения вольтметром постоянного тока он должен показывать не более 1 В). Перемещая влево движок подстроечного резистора R2, добиваются срабатывания компаратора DA8, на выходе которого устанавливается напряжение высокого логического уровня (около 10...12 В). Затем, плавно увеличивая напряжение авто-

трансформатором до 250 В, добиваются срабатывания компаратора DA3, при этом по зажиганию светодиодов наблюдают последовательное срабатывание компараторов DA7, DA6, DA5, DA4. В случае необходимости порог срабатывания этого компаратора DA3 подбирают регулировкой подстроечного резистора R10. После установки пределов срабатывания компараторов DA8 и DA3 проверяют пороги срабатывания остальных компараторов, которые должны быть равны указанным выше значениям. При необходимости всю настройку можно повторить.

Максимальная мощность нагрузки, с которой может работать стабилизатор, составляет 3 кВт. Если точность поддержания выходного напряжения может быть ниже указанной, число вторичных обмоток трансформатора T2 можно уменьшить до двух, а их напряжения увеличить с 10 В до 15 В. При этом, соответственно, число компараторов также уменьшится, а пороги их срабатывания устанавливаются в соответствии с напряжениями вторичных обмоток трансформатора T2.

Наверняка после прочтения описания этого стабилизатора у многих читателей возник вопрос: нельзя ли отказаться от применения электромагнитных реле, заменив их полупроводниковыми ключами? Действительно, контакты электромагнитных реле имеют ограниченный срок службы, вызванный их износом, который тем больше, чем больше число срабатываний и чем больше коммутируемые токи. В этом смысле применение полупроводниковых элементов предпочтительнее. В данном случае можно применить симисторы. Однако следует заметить, что одна группа переключающих контактов реле может быть заменена двумя симисторами, т. е. в данном устройстве потребуется применить 10 симисторов. Кроме того, необходимо будет принять специальные меры, чтобы симисторы одной группы контактов не оказались одновременно в открытом состоянии — при этом будет происходить кратковременное замыкание вторичной обмотки трансформатора T2, приводящее к протеканию через симисторы так называемых сквозных токов (возможен выход из строя симисторов).

Такая ситуация объясняется тем, что симистор — это прибор с односторонней управляемостью: включить его можно в любой мо-

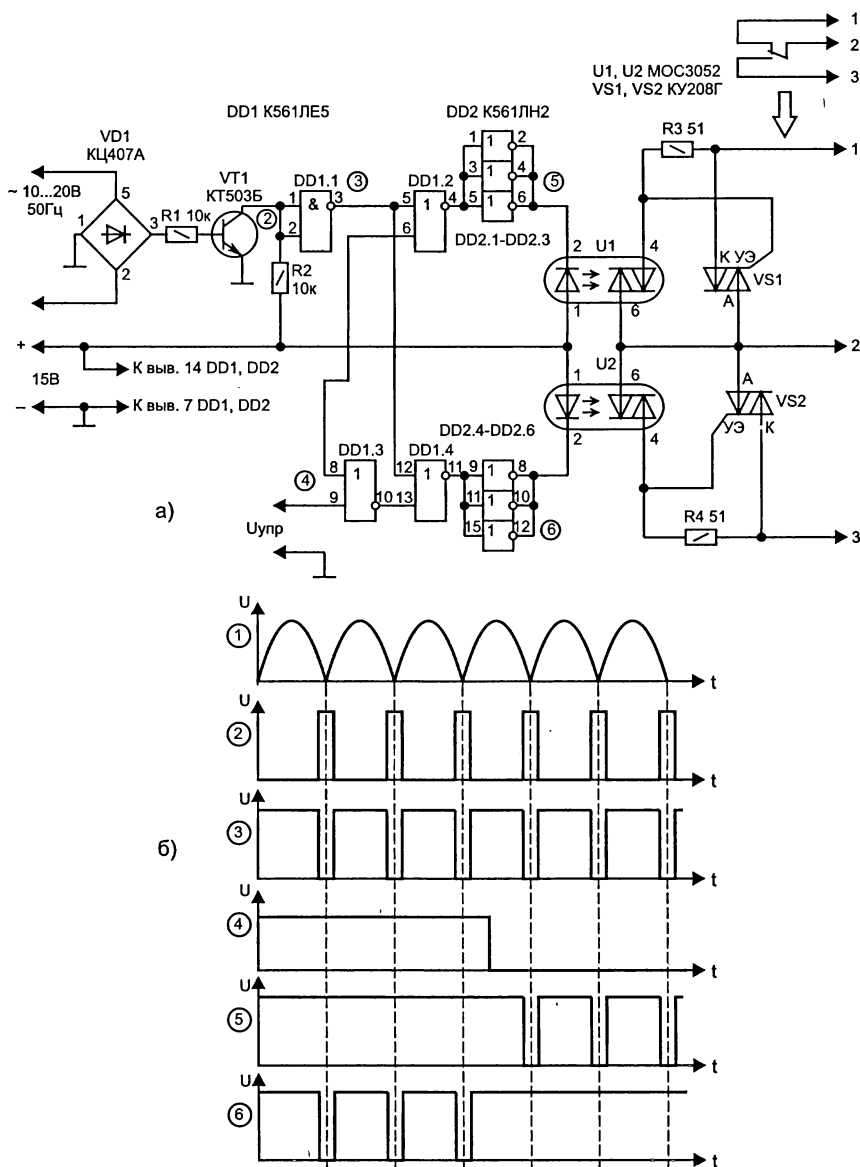


Рис. 4.11. Замена переключающих контактов электромагнитного реле двумя симисторами:

а — принципиальная схема; б — эпюры напряжений в различных точках

мент времени по цепи управляющего электрода, а выключить — только прерыванием тока в цепи основных электродов (анода и катода), то есть в данном случае по окончании полупериода сетевого напряжения, длительность которого составляет 10 мс. При парной работе симисторов в противофазе (взамен переключающего контакта реле) следует производить открывание симистора только после закрывания другого симистора этой пары. Этого можно добиться, если производить подачу и снятие напряжений с управляющих электродов симисторов только в начале полупериода. Для этого автор предлагает вариант дополнительного управления симисторами. Это несколько усложнит конструкцию, но гарантирует успех. На рис. 4.11 представлен один из вариантов схемы управления симисторами и временные диаграммы работы такого узла. Фактически это схема замены переключающих контактов электромагнитного реле двумя симисторами.

На мостовом выпрямителе VD1, транзисторе VT1 и инверторе DD1.1 выполнен формирователь импульсов, синхронизированных частотой сети. Период следования импульсов составляет 10 мс. Светодиоды оптопар U1, U2 подключены к выходам инверторов микросхемы DD2, которые для увеличения выходного тока объединены по три элемента. Работа узла хорошо видна из временных диаграмм.

Однако даже при таком алгоритме коммутации полностью устранить сквозные токи не удастся, поскольку симисторы коммутруют индуктивную нагрузку (трансформатор), способную накапливать электромагнитную энергию. Следовательно, для полного устранения сквозных токов алгоритм управления симисторами должен быть еще более сложным. Скорее всего, форма сетевого напряжения при этом будет значительно искажаться в моменты переключения ключей — в ней будут появляться разрывы, что может быть недопустимым для некоторых электроприборов.

Во всяком случае, возможность усовершенствования электронного прибора открывает большие возможности для творческой фантазии радиолюбителя. Именно в таком поиске рождаются новые схемотехнические решения, которые подчас берет на вооружение и промышленность.

#### 4.4. Схемы и конструкции стабилизированных регуляторов мощности

На страницах радиотехнических журналов и в книгах часто приводятся описания регуляторов мощности и стабилизаторов напряжения. При этом сопротивления нагрузки имеет или чисто активный характер — омическое сопротивление (лампа накаливания, электроплитка, печь, резисторы), или комплексный характер, когда нагрузка содержит как активную, так и реактивную составляющие сопротивления (электродвигатели, трансформаторы и пр.). При этом численные значения активной и реактивной составляющих сопротивления являются либо постоянными, либо изменяющимися в течение относительно короткого переходного процесса и затем стремящимися к установившемуся значению (лампа накаливания, электродвигатель). В обоих случаях регулирование мощности таких нагрузок производится изменением величины протекающего среднего тока. Поскольку мощность нагрузки  $P_n$ , ток через нее  $I_n$  и сопротивление нагрузки  $R_n$  связаны зависимостью  $P = I_n^2 R_n$ , при  $R_n = \text{const}$  регулирование мощности однозначно достигается изменением протекающего через нагрузку тока.

У некоторых видов нагрузок сопротивление зависит от различных факторов и, следовательно, изменяется во времени по неизвестному заранее закону. В практике автора такой нагрузкой оказался электродный водонагревательный котел, в котором рабочей средой и электропроводящим телом является вода. Сопротивление воды в таком котле зависит от вида и количества содержащихся солей, температуры воды, скорости ее протекания через котел и других факторов. Сопротивление такой нагрузки изменяется в несколько раз. В этом случае управление током через нагрузку не решает задачу регулирования мощности, поскольку сопротивление нагрузки является переменной величиной ( $R_n = \text{var}$ ). В этом случае ток через нагрузку зависит не только от напряжения на нагрузке, но и от ее сопротивления. Это не позволяет управлять мощностью в нагрузке обычным изменением тока (то есть установлением определенного значения силы тока). Поскольку мощность в нагрузке является функцией и тока, и сопротивления, даже стабилизация тока не будет выходом из положения.

Если напряжение на нагрузке равно  $U_n$ , то мощность нагрузки равна  $P_n = U_n I_n$ . Следовательно, для стабилизации мощности в нагрузке необходимо стабилизировать величину произведения  $U_n I_n$ , т. е.  $U_n I_n = \text{const}$ . При этом регулируемой величиной (т. е. независимой переменной) может быть напряжение, поскольку от его величины зависят как ток, так и мощность нагрузки.

С учетом вышеизложенного алгоритм управления должен быть следующим: необходимо обеспечить такой закон изменения напряжения на нагрузке, чтобы при  $R_n = \text{var}$  обеспечивалась бы неизменная мощность в нагрузке, т. е.  $P_n = U_n I_n = \text{const}$ . При этом под значениями напряжения и тока в нагрузке понимаются либо их эффективные (действующие, среднеквадратичные), либо мгновенные значения. Это следует из классического определения мощности в электротехнике. В данном регуляторе мощности измеряются мгновенные значения напряжения и тока, поскольку их измерять проще других.

На рис. 4.12 представлена структурная схема устройства, реализующего такой алгоритм управления. На входы перемножителя подаются электрические сигналы, пропорциональные мгновенным значениям напряжения  $U_n$  и тока  $I_n$  в нагрузке. С выхода перемножителя сигнал, пропорциональный произведению напряжения и тока (то есть мощности в нагрузке) поступает на первый вход дифференциального усилителя. На второй вход этого усилителя подается задающее напряжение  $U_{\text{зад}}$ . В дифференциальном усилителе происходит сравнение (т. е. вычитание этих двух напряжений) и усиление разностного сигнала (сигнала ошибки), который затем подается на компаратор напряжений. На второй вход компаратора подаются импульсы

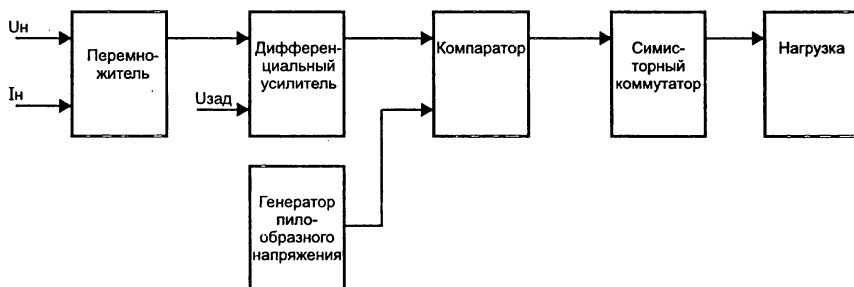


Рис. 4.12. Структурная схема стабилизированного регулятора мощности



пилообразного напряжения, следующие с удвоенной частотой сети. На выходе компаратора формируются прямоугольные импульсы, скважность которых определяется величиной напряжения с выхода дифференциального усилителя. Импульсы с выхода компаратора управляют симисторным коммутатором, а тот, в свою очередь, нагрузкой. При отклонении мощности в нагрузке от величины, заданной напряжением  $U_{\text{зад}}$ , сигнал ошибки с выхода дифференциального усилителя будет воздействовать на компаратор таким образом, что изменение скважности импульсов приведет к стабилизации мощности и поддержанию ее на заданном уровне.

Рассмотрим работу стабилизированного регулятора мощности по его принципиальной схеме (рис. 4.13) и временным диаграммам (рис. 4.14).

На входы  $X$  и  $Y$  микросхемы DA3 (интегральный перемножитель сигналов) поступают напряжения, пропорциональные соответственно мгновенным значениям напряжения нагрузки и тока через нее. Предпочтение мгновенным значениям напряжения и тока перед эффективными значениями отдано ввиду большей сложности измерения эффективных значений. Это связано с тем, что управление нагрузкой осуществляется изменением угла открывания симистора, что приводит к искажению синусоидальной формы сигнала. При этом коэффициент формы напряжения (отношение эффективного значения к среднемувыпрямленному) будет зависеть от угла открывания симистора, и метод косвенного измерения эффективного значения по измеренному среднемувыпрямленному (на таком методе основано действие большинства вольтметров переменного тока) здесь не подойдет. Непосредственное же измерение эффективного значения напряжения и тока потребует использования операций возведения в квадрат, их перемножения и последующего извлечения квадратного корня, что приведет к усложнению схемы. Поэтому было решено перемножать мгновенные значения сигналов, тем более что быстроедействие перемножителя K525PC2 это вполне позволяет. Подробно ознакомиться с особенностями измерения мгновенных, средних и эффективных значений переменных сигналов можно в *приложении 1* данной книги.

С движка подстроечного резистора R4 снимают сигнал, пропорциональный мгновенному значению напряжения на нагрузке. Резистор R1 является датчиком тока нагрузки. Напряжение, падающее на

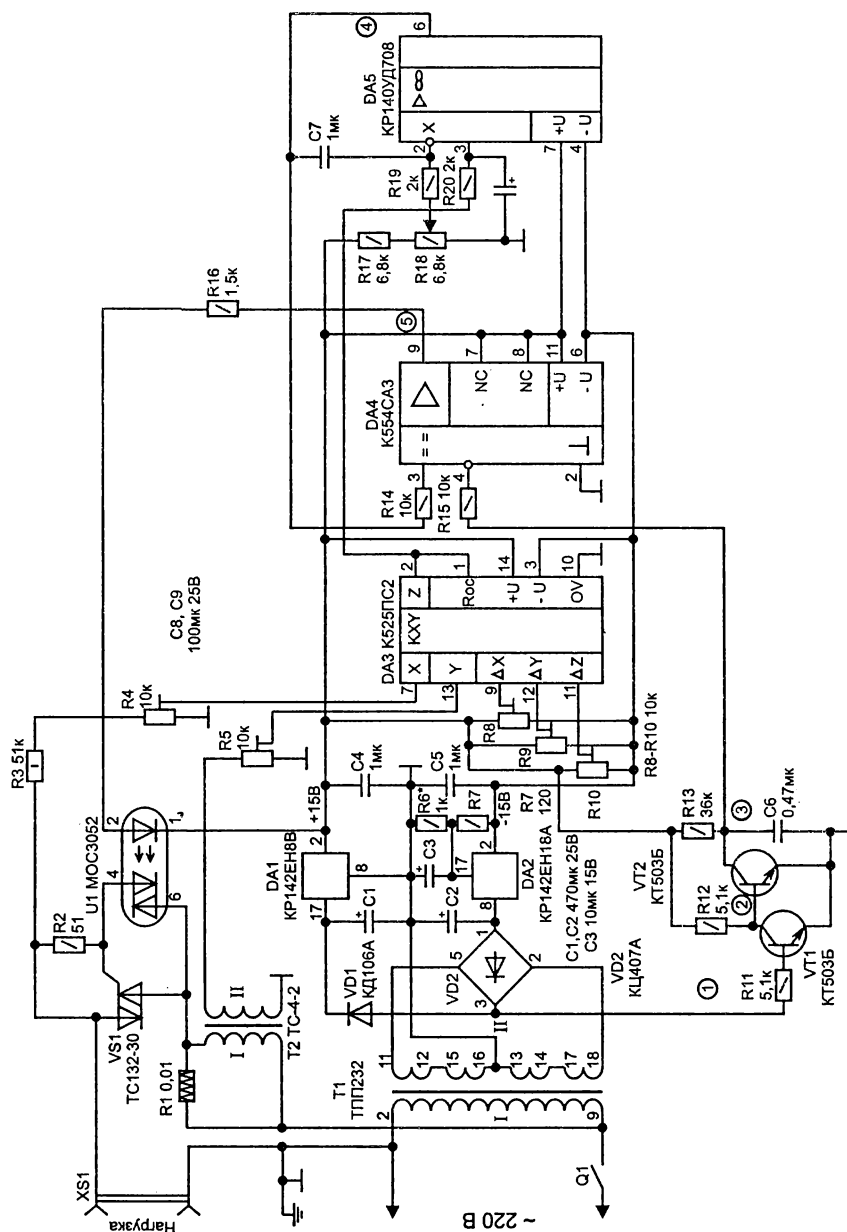


Рис. 4.13. Принципиальная схема стабилизированного регулятора мощности на базе интегрального перемножителя

этом резисторе, подается на обмотку I повышающего трансформатора Т2 (коэффициент трансформации около 40). Необходимость применения трансформатора обусловлена двумя факторами. Во-первых, он повышает напряжение, подаваемое на вход операционного усилителя. Во-вторых, трансформатор обеспечивает гальваническую развязку и позволяет иметь общий провод для сигналов напряжения и тока (нижние по схеме выводы переменных резисторов R4 и R5, обмотки II трансформатора Т2 и нагрузки). Сигналы тока и напряжения являются переменными, и в их выпрямлении нет необходимости, поскольку микросхема DA3 допускает подачу на входы X и Y переменных напряжений амплитудой до 10,5 В.

Важно, чтобы сигналы напряжения и тока, подаваемые на перемножитель, были синфазными. Это достигается соответствующим подключением обмоток трансформатора Т2.

Микросхема K525ПC2, представляющая собой интегральный перемножитель напряжения, разработана для реализации ряда типовых функциональных зависимостей (умножения, деления, возведения в квадрат, извлечения квадратного корня). Для выполнения указанных функций с аналоговыми сигналами использована экспоненциальная зависимость тока коллектора транзистора от его базо-эмиттерного напряжения.

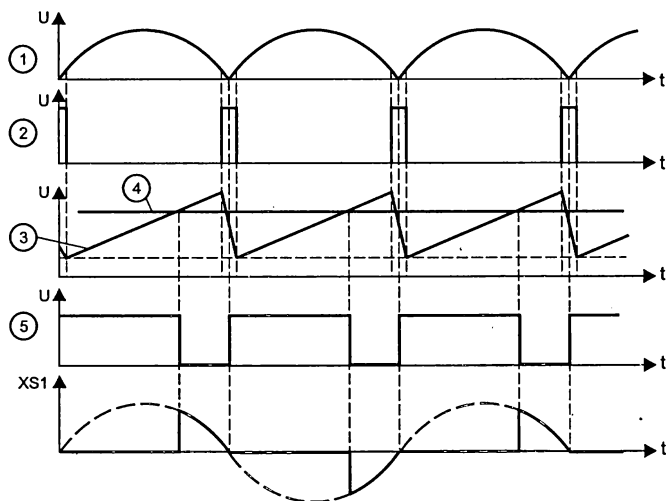


Рис. 4.14. Временные диаграммы регулятора мощности

Микросхема К525ПС2 имеет три входа  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и три входа регулировки смещений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ . Входные сигналы перемножителя К525ПС2 могут изменяться в пределах  $\pm 10,5$  В, погрешность перемножения — не более 1%. Более подробные сведения о структуре и применении интегральных перемножителей напряжения можно найти в [23].

Если интегральный перемножитель включен так, как показано на рис. 4.13, то напряжение на его выходе  $Z$  равно  $U_z \approx 0,15 U_x U_y$ , где  $U_x$ ,  $U_y$  — напряжения, приложенные соответственно к входам  $X$  и  $Y$  микросхемы ДА3.

Рассмотрим теперь процесс формирования импульсов для управления симистором VS1 (рис. 4.14). Эти импульсы снимаются с выхода компаратора напряжения — микросхемы ДА4. Интегральный компаратор К554СА3, используемый в регуляторе мощности, имеет открытый коллекторный выход, рассчитанный на подключение нагрузки током до 50 мА. Выходной транзистор открыт (т. е. на выходе при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы ДА4. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня.

Компаратор ДА4 сравнивает пилообразное напряжение (рис. 4.14, эпюра 3) и напряжение, снимаемое с выхода микросхемы ДА5 (эпюра 4). Генератор пилообразного напряжения выполнен на транзисторах VT1, VT2. Он формирует импульсы пилообразной формы частотой 100 Гц и синхронизированные напряжением сети. Напряжение с выпрямительного моста VD2 (эпюра 1) поступает на базу транзистора VT1. Большую часть времени транзистор открыт, а в моменты, когда синусоидальное выпрямленное напряжение приближается к нулю, транзистор закрывается. На его коллекторе формируются короткие прямоугольные импульсы (эпюра 2), которые подаются на базу транзистора VT2. Пока напряжение на базе равно нулю (транзистор закрыт), на коллекторе формируется нарастающее напряжение (конденсатор С6 заряжается через резистор R13). В момент появления положительного импульса на базе транзистора VT2 последний открывается, и напряжение на коллекторе уменьшается практически до нуля (эпюра 3). На выходе компаратора формируются прямоугольные импульсы (эпюра 5). Нагрузкой компаратора явля-

ются резистор R16 и светодиод оптопары U1. При протекании тока через светодиод оптопары ее симистор открывается, обеспечивая открытие силового симистора VS1 — при этом через нагрузку, подключенную к гнездам разъема XS1, протекает ток. Изменение скважности импульсов на выходе компаратора приводит к изменению среднего значения напряжения и, следовательно, мощности в нагрузке. Из временных диаграмм несложно определить, что увеличение напряжения на выходе микросхемы DA5 приводит к уменьшению мощности в нагрузке, и наоборот.

Каково назначение микросхемы DA5? Эта микросхема выполняет функции дифференциального усилителя (см. структурную схему на рис. 4.12). Задающее напряжение  $U_{\text{зад}}$  снимается с движка переменного резистора R18 и подается на инвертирующий вход дифференциального усилителя через резистор R19, а на второй, неинвертирующий, вход усилителя (через резистор R20) подается выходное напряжение  $U_z$  перемножителя DA3, пропорциональное мощности в нагрузке. Усреднение, или интегрирование, выходного сигнала перемножителя обеспечивается интегрирующей цепью C7R19. Операционный усилитель DA5, обладая весьма большим коэффициентом усиления (для данного типа микросхемы около 30000), работая в системе автоматического управления, которой является стабилизированный регулятор мощности, обеспечивает равенство напряжений на обоих своих входах. Это значит, что, например, уменьшение величины задающего напряжения  $U_{\text{зад}}$  заставит так работать систему управления, что мощность в нагрузке снизится до величины, при которой обеспечивается выполнение равенства  $U_z = U_{\text{зад}}$ . Это произойдет благодаря уменьшению напряжения на выходе микросхемы DA5. Очевидно, что нижнему по схеме положению движка переменного резистора R18 будет соответствовать нулевое значение мощности в нагрузке, а верхнему — максимальное.

Источник питания элементов регулятора мощности выполнен на двух микросхемах интегральных стабилизаторов напряжения DA1 и DA2. Использование двух разнотипных микросхем обусловлено желанием обойтись одной вторичной обмоткой питающего трансформатора (хотя и с отводом от середины) и одним выпрямительным мостом. При использовании двух одинаковых микросхем, например, KP142EH8B, у которых регулирующий транзистор включен в плюсо-

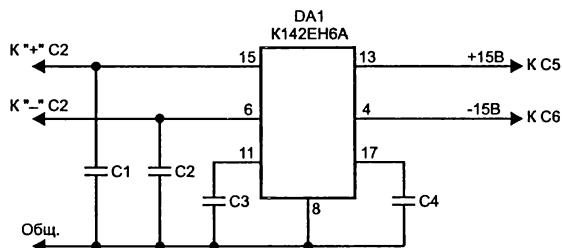


Рис. 4.15. Вариант построения источника питания на микросхеме K142EH6A

вую цепь, такое схемное решение не удалось бы реализовать. Еще более удобно применение микросхемы K142EH6A (Б, В, Г) (рис. 4.15), представляющей собой интегральный двуполярный стабилизатор напряжения с фиксированным выходным напряжением каждого плеча 15 В. При этом максимальный выходной ток каждого плеча составляет 200 мА, что достаточно для данного устройства.

Диод VD1 (рис. 4.13) исключает влияние фильтрующего конденсатора C1 на форму выпрямленного напряжения, подаваемого на вход генератора пилообразного напряжения через резистор R11.

О деталях стабилизатора мощности. В качестве компаратора DA4, помимо указанного на схеме, можно также использовать микросхемы типов K521CA3, K521CA5, K521CA6. Последний тип микросхемы содержит два компаратора в одном корпусе. В качестве операционного усилителя DA5 можно также применить микросхемы K140УД7, K140УД8, K140УД20 (содержит два операционных усилителя в одном корпусе), K553УД2, K1401УД1 (содержит четыре операционных усилителя в корпусе) и любые аналогичные операционные усилители. Микросхему аналогового перемножителя напряжений (DA4) можно заменить на микросхему K525ПЦ3 с буквами А, Б, В. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ315, КТ342, КТ503, КТ630, КТ3102 с любыми буквенными индексами. Оптопара импортного производства МОС3052 может быть заменена на отечественную АОУ160 (А, Б, В). В качестве силового симистора VS1 может быть использован симистор из серий TC112, TC122, TC132, TC142 с допустимым импульсным напряжением в закрытом состоянии не менее 400 В и током в открытом состоянии, соответствующим максимальному току нагрузки. Диод КД106А (VD1) заменим на КД105, КД221,

КД226 с любыми буквами. Выпрямительный мост VD2 — любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ417. Оксидные конденсаторы C1—C3, C8 могут быть типов К50-16, К50-35, К50-24, К50-29; C4, C5, C7 — КМ-6, К10-17, К73-17; C6 — К73-17, К73-24, (этот конденсатор должен иметь небольшой температурный коэффициент емкости). Подстроечные резисторы R4, R5, R8—R10 — СП5-2, СП3-19, СП3-39, переменный резистор R18 — СП-0,4, СП3-4М, СП3-16, СП3-30. Остальные резисторы — МЛТ, С2-23. Трансформатор ТПП232 (Т1) заменим на любой другой, у которого вторичная обмотка обеспечивает напряжение 33...40 В, имеет отвод от середины и рассчитана на ток не менее 150 мА. Трансформатор Т2 может быть любым другим, имеющим коэффициент трансформации 30...50. Выключатель питания Q1 — автоматический выключатель типа А3161, АЕ2050 или АП50. Он выполняет также функцию предохранителя, то есть размыкает цепь питания при недопустимом увеличении тока.

Регулятор мощности смонтирован на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 4.16). Микросхемы DA1, DA2 снабжены небольшими дюралевыми радиаторами площадью по 20...30 см<sup>2</sup> каждый; симистор VS1 установлен на стандартном охладителе (литом радиаторе из алюминиевого сплава) марки О231. Резистор R1 выполнен из нихромового провода диаметром 3 мм. Концы этого провода укреплены на двух винтах М6, а сами винты установлены на изолирующем основании.

После проверки правильности монтажа начинают настройку устройства. Сначала проверяют выходное напряжение микросхемы DA1 (оно должно составлять +15 В) и резистором R6 устанавливают выходное напряжение микросхемы DA2 (–15 В). Подстройку перемножителя напряжения DA3 производят в следующем порядке. Входы X, Y и выход Z (т. е. выводы 1 и 2) отключают от других элементов. Движки подстроечных резисторов R8—R10 устанавливают в среднее положение. На вход X подают напряжение +5 В, а на вход Y — 0 В. С помощью резистора R9 устанавливают выходное напряжение перемножителя 0 В. Затем на вход X подают напряжение 0 В, а на вход Y +5 В. С помощью резистора R8 устанавливают выходное напряжение перемножителя 0 В. Затем на оба входа перемножителя подают напряжение +5 В, измеряют выходное напряжение. Затем на одном из входов перемножителя изменяют полярность входного сигнала

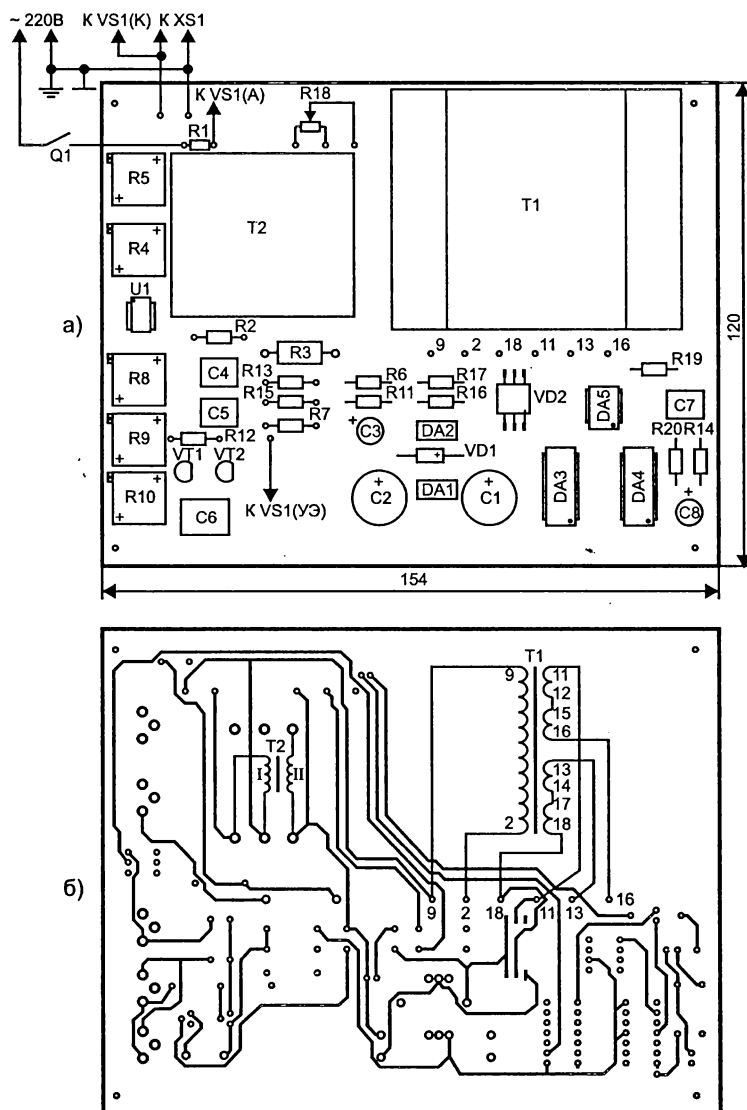
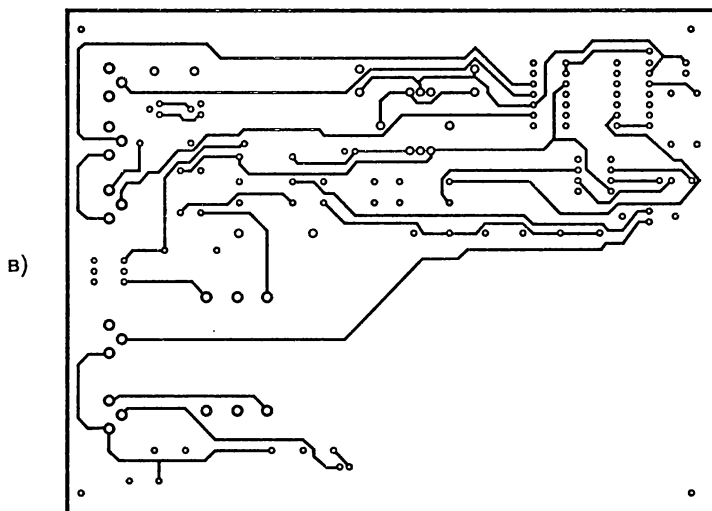


Рис. 4.16. Монтажная плата стабилизатора напряжения:

*а* — расположение деталей на плате;

*б* — вид на печатные проводники со стороны деталей





Продолжение рис. 4.16. Монтажная плата стабилизатора напряжения:

в — вид на печатные проводники со стороны монтажа

(т. е. подают  $-5\text{ В}$ ) и опять измеряют выходное напряжение. С помощью резистора R10 добиваются, чтобы два последних значения выходного напряжения были равны по величине (по знаку они должны быть противоположны). При необходимости подстройку перемножителя повторяют. После этого подключают входы и выход перемножителя напряжения к элементам регулятора. Движки подстроечных резисторов R4 и R5 устанавливают в верхнее по схеме положение, а переменного резистора R18 — в нижнее положение.

Подключив нагрузку к разъему XS1, подают питание на регулятор мощности. Плавно вращая ось переменного резистора R18, убеждаются в увеличении напряжения на нагрузке. Может оказаться, что напряжение на нагрузке максимально при любом положении движка переменного резистора R18. Причиной этого может быть неправильная фазировка обмоток трансформатора T2, приводящая к подаче противофазных напряжений на входы X и Y микросхемы DA3 и отрицательному напряжению на ее выходе Z. В этом случае следует поменять местами выводы любой из обмоток трансформатора T2.

С помощью подстроечных резисторов R4 и R5 добиваются, чтобы максимальные (амплитудные) значения напряжения на входах перемножителя не превышали 10 В. Это удобно контролировать с помощью осциллографа. При отсутствии осциллографа можно воспользоваться вольтметром переменного тока. При синусоидальной форме напряжения на нагрузке (это имеет место, если симистор VS1 открывается в начале каждого полупериода, а напряжение на нагрузке при этом практически равно сетевому) напряжения на входах перемножителя не должны превышать 7 В ( $10 \text{ В}/\sqrt{2}$ ). При этом регулирование мощности должно плавно осуществляться во всем диапазоне поворота оси переменного резистора R18. Если в верхнем положении движка переменного резистора R18 при максимальной подключенной нагрузке напряжение на ней не достигает величины сетевого, то следует уменьшить сопротивление резистора R17 либо заменить его перемычкой, или уменьшить коэффициенты передачи тока и напряжения, переместив ниже движки подстроечных резисторов R4 и R5.

Для проверки функции стабилизации мощности необходимо иметь нагрузку с изменяющимся сопротивлением (удобно использовать двухсекционный бытовой нагреватель) и лабораторный автотрансформатор соответствующей мощности. Нагрузка должна быть обязательно активной (т. е. не иметь индуктивной или емкостной составляющих). Регулятор мощности подключают к сети через автотрансформатор и подключают к выходу регулятора одну нагрузку (одну секцию бытового нагревателя). Автотрансформатором устанавливают напряжение 220 В. Подключив параллельно нагрузке вольтметр переменного тока, измеряющий эффективные значения (квадратичный вольтметр), переменным резистором R18 устанавливают на нагрузке напряжение 150...200 В. Затем подключают еще одну секцию нагрузки и вновь замеряют напряжение на разъеме XS1. Оно должно уменьшиться в  $\sqrt{2} = 1,4$  раза. Это следует из того, что подключение второй нагрузки уменьшит общее сопротивление нагрузки в два раза (по формуле о сопротивлении двух параллельно соединенных резисторов), а мощность нагрузки вычисляется по формуле  $P_n = U_n^2/R_n$ . Следовательно, для обеспечения функции стабилизации мощности ( $P_n = \text{const}$ ) напряжение должно уменьшиться  $\sqrt{2}$  раз. При другом законе изменения сопротивления нагрузки в лю-

бом случае будет выполняться равенство  $U_n^2/R_n = \text{const}$ . Это равенство будет выполняться в диапазоне  $U_n$  от нуля до максимального значения, равного разности напряжений питающей сети и падения напряжения на открытом симисторе (1,5...2 В). Если же сопротивление нагрузки увеличится настолько, что для поддержания установленной мощности напряжение должно превысить свое максимальное значение, то регулятор выйдет из режима стабилизации мощности, поскольку  $U_n$  не может превысить питающее напряжение сети.

Достоинством регулятора мощности является то, что он обладает стабилизирующими свойствами не только в условиях изменения сопротивления нагрузки, но и по отношению к колебаниям сетевого напряжения. В этом можно убедиться, изменяя питающее напряжение регулятора с помощью автотрансформатора в диапазоне от 190 В до 240 В (разумеется, при подключенной нагрузке). Напряжение на нагрузке при таком изменении питающего напряжения измениться не должно. Изменяться будет лишь угол открывания симистора VS1, в чем можно убедиться с помощью осциллографа. Сигнал можно снимать либо с нагрузки (если в осциллографе имеется соответствующий делитель напряжения), либо с выхода компаратора DA4 (на экране осциллографа будет наблюдаться изменение скважности импульсов).

При отсутствии квадратичного вольтметра для измерения мощности можно использовать индукционный счетчик электрической энергии, который применяется как прибор учета электроэнергии в квартирах: количество оборотов диска счетчика не должно изменяться при изменении сопротивления нагрузки и неизменном положении движка переменного резистора R18. Пользоваться вольтметром средневыпрямленного значения напряжения для этих целей можно только в том случае, если есть возможность и навык производить пересчет показаний вольтметра в эффективное значение напряжения (подробно об этом написано в *приложении 1* данной книги).

Такой стабилизатор мощности обладает существенным недостатком: он искажает форму напряжения на нагрузке. Кроме того, стабилизатор поддерживает неизменным значение полной мощности в нагрузке, без учета активной и реактивной составляющих. На практике же целесообразно стабилизировать именно активную мощность, поскольку именно эта составляющая мощности является источником полезной работы. Для вычисления активной мощности с учетом сдви-

га фаз используется следующая формула:  $P_n = U_n I_n \cos \varphi$ , где  $\varphi$  — угол сдвига фаз. Если нагрузка активная, то  $\varphi = 0$ , а  $\cos \varphi = 1$ . Если же сдвиг фаз отличен от нуля, т. е. в нагрузке присутствует реактивная составляющая, а требуется стабилизировать не всю мощность, потребляемую нагрузкой, а лишь ее активную составляющую (например, стабилизировать мощность двигателя в условиях изменяющейся нагрузки), в регулятор мощности следует внести некоторые изменения.

Вначале рассмотрим, как построить стабилизированный регулятор мощности, *не искажающий форму выходного напряжения*.

Схема такого регулятора мощности приведена на рис. 4.17. Нетрудно заметить, что в этой схеме использованы фрагменты схем ранее рассмотренных стабилизатора сетевого напряжения (рис. 4.7) и стабилизированного регулятора мощности на базе интегрального перемножителя (рис. 4.13). На входах компараторов напряжения DA4, DA5 происходит сравнение части сигнала, пропорционального мгновенной мощности в нагрузке (с выхода Z перемножителя напряжений DA3 и переменного резистора R14) и задающего напряжения, снимаемого с параметрического стабилизатора VD2R12 и регулируемого резистивного делителя напряжения R15R16.

В регуляторе мощности используется электродвигатель с рабочим напряжением 127 В, трансформатор Т3 должен иметь первичную обмотку с отводом на напряжение 127 В. Из других отличий устройства отметим, что сопротивление токоизмерительного резистора R1 увеличено до 0,05 Ом. Это связано с тем, что предельный ток нагрузки в данном варианте регулятора существенно меньше, поскольку ограничивается током трансформатора Т1 и составляет 20 А. С целью упрощения узла управления обмотками двигателя в устройстве использованы симисторные оптопары АОУ160А — это позволило отказаться от использования двух мостовых выпрямителей. Вместо отечественных оптопар АОУ160А могут быть использованы оптопары зарубежного производства МОС3052, МОС3021.

Настройка такого регулятора мощности аналогична настройке вышеописанного устройства.

Выше отмечалось, что одним из недостатков описанных регуляторов мощности является тот факт, что они осуществляют стабилизацию не активной мощности, а полной, которая включает в себя активную и реактивную составляющие. Чтобы стабилизировать активную состав-

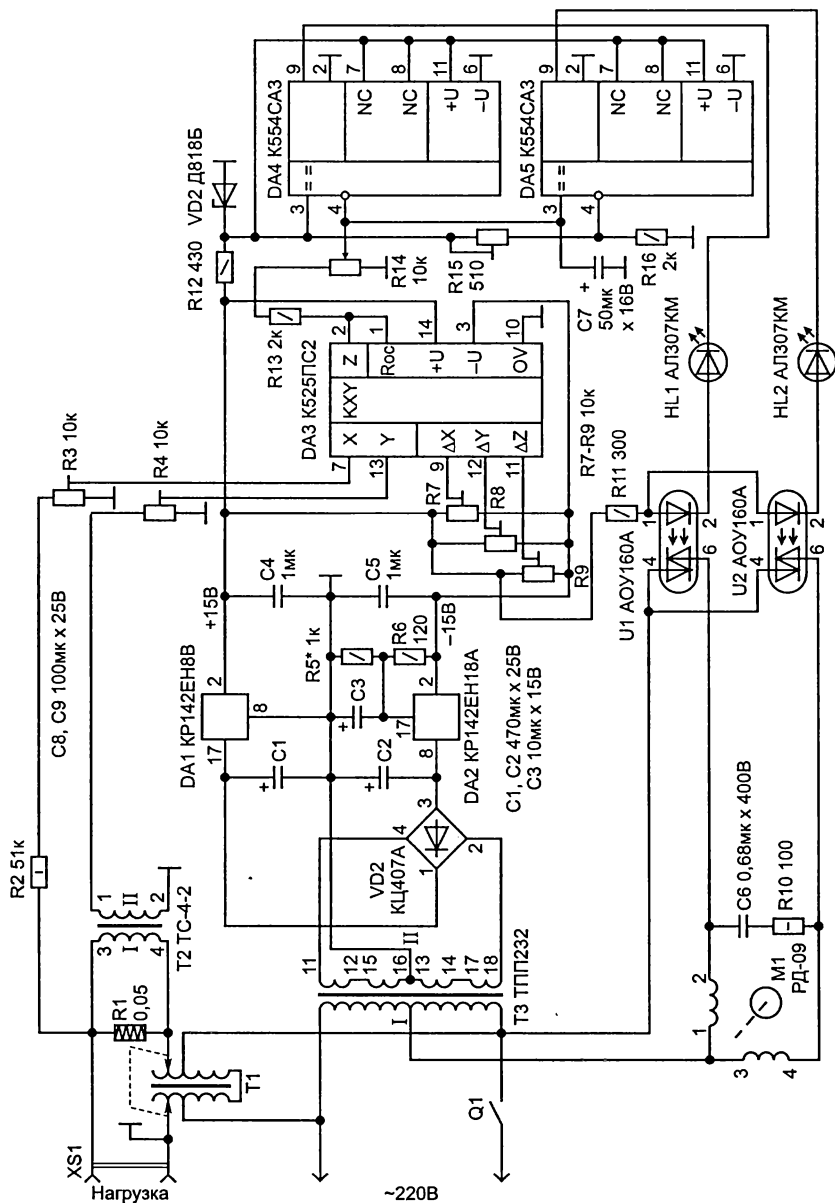


Рис. 4.17. Стабилизированный регулятор мощности, не искажающий форму выходного напряжения

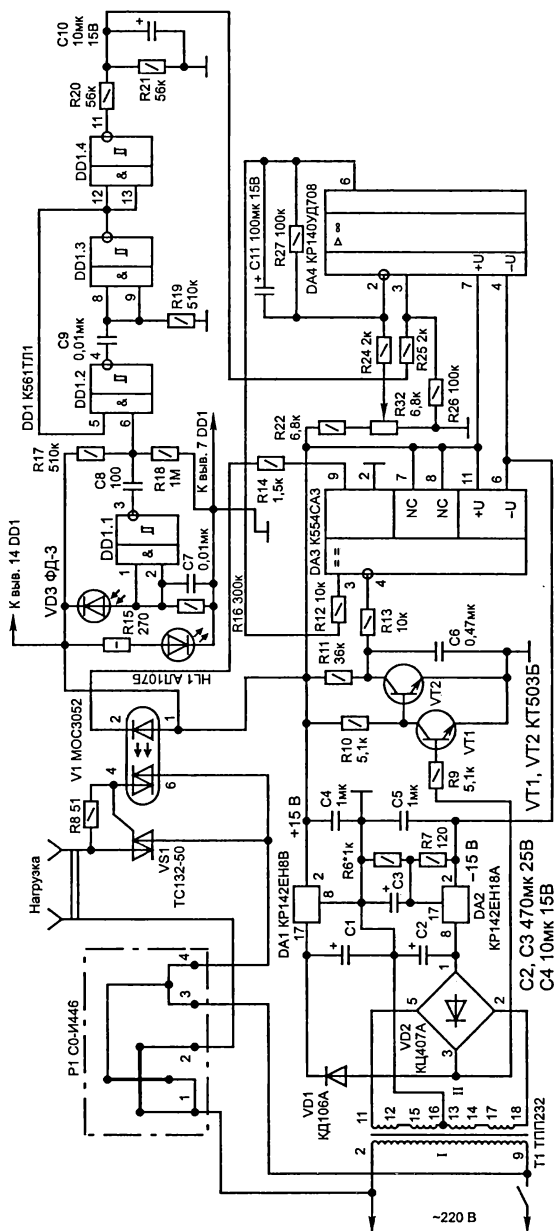


Рис. 4.18. Стабилизированный регулятор мощности с использованием счетчика электроэнергии

ляющую мощности (а именно активная мощность производит работу, и именно на создание активной мощности затрачивается энергия), необходимо иметь датчик активной электрической мощности. Наиболее простым из таких датчиков является бытовой индукционный счетчик электрической энергии. Счетчик имеет обмотку напряжения (параллельную обмотку) и токовую обмотку (последовательную обмотку) и устроен таким образом, что количество оборотов диска счетчика за определенный интервал времени пропорционально количеству электроэнергии, затраченному подключенной к счетчику нагрузкой. Поскольку мощность представляет собой работу (или затраченную энергию) в единицу времени, скорость вращения  $\omega$  диска счетчика пропорциональна активной мощности, а именно  $\omega \sim P_n = U_n I_n \cos \varphi$ . Перемножение этих трех величин происходит в счетчике без каких-либо дополнительных элементов — просто за счет использования законов электротехники.

Рассмотрим работу *регулируемого стабилизатора активной мощности* по его принципиальной схеме (рис. 4.18). Основные узлы устройства — источник питания, генератор пилообразного напряжения, дифференциальный усилитель, компаратор и симисторный коммутатор — такие же, как и в первом варианте регулятора с перемножителем напряжений (см. рис. 4.13). Однако в рассматриваемой схеме интегральный перемножитель напряжений отсутствует, а функции такого перемножителя выполняет электрический однофазный счетчик Р1 типа СО-И446 [24, 25]. Для преобразования частоты вращения диска счетчика в последовательность импульсов на диск счетчика сверху наклеена тонкая прозрачная пленка с нанесенными на нее равномерно по окружности черными непрозрачными секторами — метками (фрагмент расположения меток показан на рис. 4.19). Черные сектора чередуются с прозрачными секторами и имеют одинаковый размер (ширина 1,5...2 мм). Количество черных секторов должно быть 50...70.

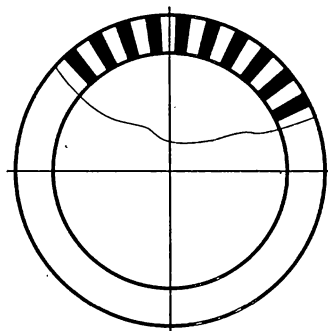
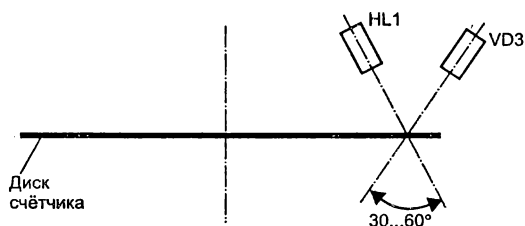


Рис. 4.19. Расположение меток на диске счетчика для измерения частоты вращения



**Рис. 4.20.** Расположение светодиода и фотодиода над диском счетчика

Для преобразования частоты вращения диска в импульсную последовательность использованы светодиод инфракрасного излучения HL1 и фотодиод VD3. Они установлены над диском счетчика таким образом, что фотодиод принимает отраженный

от диска луч светодиода (угол между осями светодиода и фотодиода должен быть примерно 30...60 град). Взаимное расположение светодиода, фотодиода и диска счетчика показано на рис. 4.20

Фотодиод VD3 включен в обратном направлении, поэтому, когда он затемнен, на входах логического элемента DD1.1 напряжение низкого уровня. Если на фотодиод падает луч от светодиода, то через фотодиод протекает ток, который создает падение напряжения на резисторе R16, и на входах элемента DD1.1 действует напряжение высокого уровня. Все логические элементы микросхемы DD1 — это двухвходовые триггеры Шмитта. Формируемые фотодиодом VD3 при вращении счетчика импульсы преобразуются триггером Шмитта DD1.1 в импульсы прямоугольной формы с крутыми фронтами и спадами. Через дифференцирующую цепь C8R17R18 импульсы поступают на ждущий мультивибратор на элементах DD1.2, DD1.3, C9, R19. В результате на выходе ждущего мультивибратора формируются прямоугольные импульсы, калиброванные по длительности и амплитуде. После их инвертирования элементом DD1.4 они обрабатываются интегрирующей цепью R20R21C10, в результате чего на конденсаторе C10 имеется напряжение, величина которого пропорциональна частоте вращения диска счетчика, а следовательно и мощности в нагрузке.

Напряжение с выхода интегрирующей цепи подается через резистор R25 на неинвертирующий вход дифференциального усилителя, выполненного на микросхеме DA4. На второй вход этого усилителя подается задающее напряжение, снимаемое с движка переменного резистора R23. В остальном работа регулятора мощности аналогична работе рассмотренного выше устройства с интегральным перемножителем напряжения. Благодаря наличию отрицательной обратной



связи в контуре управления (VD3 — DD1 — DA4 — DA3 — U1 — VS1) действие любых дестабилизирующих факторов, приводящих к изменению мощности в нагрузке, компенсируется, и мощность в нагрузке остается неизменной.

При подключении к регулятору нагрузки небольшой мощности (менее 200 Вт) диск счетчика имеет небольшую скорость вращения, частота следования импульсов на выходе элемента DD1.4 будет достаточно малой, и на конденсаторе C10 действует напряжение со значительным уровнем пульсаций. Это может привести к возникновению колебаний напряжения на нагрузке. Для частичного предотвращения таких низкочастотных колебаний параллельно резистору обратной связи R27 подключен конденсатор C11, т. е. дифференциальный усилитель обладает также и интегрирующими свойствами. Увеличивать емкости конденсаторов C10 и C11 относительно указанных на схеме нежелательно: при больших значениях емкостей система станет слишком инерционной, и при определенных режимах могут возникать незатухающие низкочастотные колебания тока в нагрузке.

Длительность импульсов, формируемых ждущим мультивибратором и определяемых постоянной времени C9R19, должна быть меньше периода следования импульсов диска счетчика при максимальной скорости его вращения. Скорость вращения диска счетчика  $\omega$  [об/с] при заданной мощности может быть вычислена по формуле  $\omega = PN/3600$ , где  $P$  — мощность, потребляемая нагрузкой, кВт;  $N$  — передаточное число счетчика, равное количеству оборотов диска, соответствующего единице мощности и указываемое на табло счетчика, об/кВт·ч. Так, например, в авторском экземпляре регулятора мощности максимальная мощность нагрузки (электродного котла) составляла 6,6 кВт, передаточное число счетчика составляло 1200 об/кВт·ч,  $N = 80$ . При этом максимальная частота вращения диска счетчика составляла 2,2 об/с, а частота следования импульсов на выходе триггера Шмитта DD1.1 составляла 154 Гц (на диск было нанесено 70 непрозрачных секторов). Отсюда несложно определить, что этой частоте соответствует период следования импульсов 6,5 мс. Исходя из этого длительность импульсов ждущего мультивибратора была выбрана равной 5 мс (C9·R19).

Поскольку среднее значение напряжения на выходе элемента DD1.4 пропорционально мощности в нагрузке, к выходу этого эле-

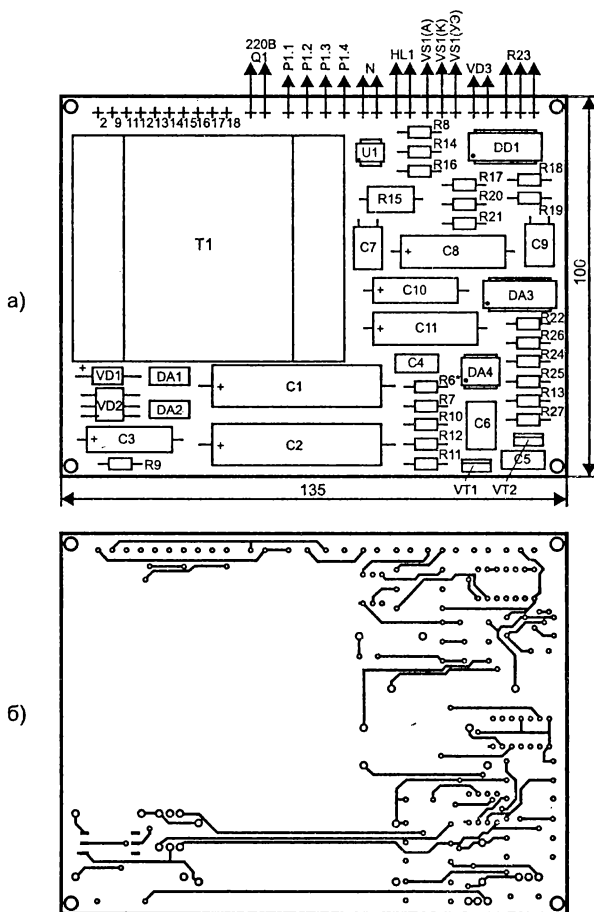
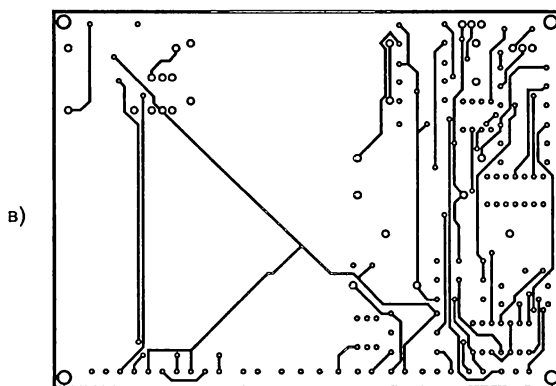


Рис. 4.21. Монтажная плата стабилизированного регулятора мощности:

- а — расположение деталей на плате;  
 б — вид на печатные проводники со стороны деталей

мента удобно подключить измерительный прибор магнитоэлектрической системы для измерения мощности. Ток полного отклонения стрелки не должен превышать 1...2 мА. Прибор с последовательным шунтом в виде резистора подключают между выводом 11 микросхемы DD1 и общим проводом питания. Для исключения дрожания стрелки прибора параллельно рамке прибора подключают оксидный конденсатор емкостью 50...100 мкФ.



Продолжение рис. 4.21. Монтажная плата стабилизированного регулятора мощности: в — вид на печатные проводники со стороны монтажа

Устройство собрано на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 4.21). Сплошными кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропаять с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы. Печатные проводники, через которые протекает значительный ток, должны быть продублированы отрезками монтажного провода сечением не менее 2 мм<sup>2</sup>.

#### 4.5. Схема и конструкция двуполярного лабораторного блока питания

Для питания многих радиотехнических устройств требуется стабилизированный двуполярный источник постоянного напряжения. Ниже приведено описание такого лабораторного блока питания (рис. 4.22). Напряжение каждого плеча регулируется в пределах 0...35 В. Ток нагрузки — до 3 А. Коэффициент стабилизации по входному напряжению не менее 2000, выходное сопротивление не более 0,005 Ом. Амплитуда пульсаций при максимальном токе нагрузки не превышает 5 мВ.

Особенностью блока питания является то, что благодаря переключению выводов вторичных обмоток трансформатора в зависимости от значения выходного напряжения удалось уменьшить потери

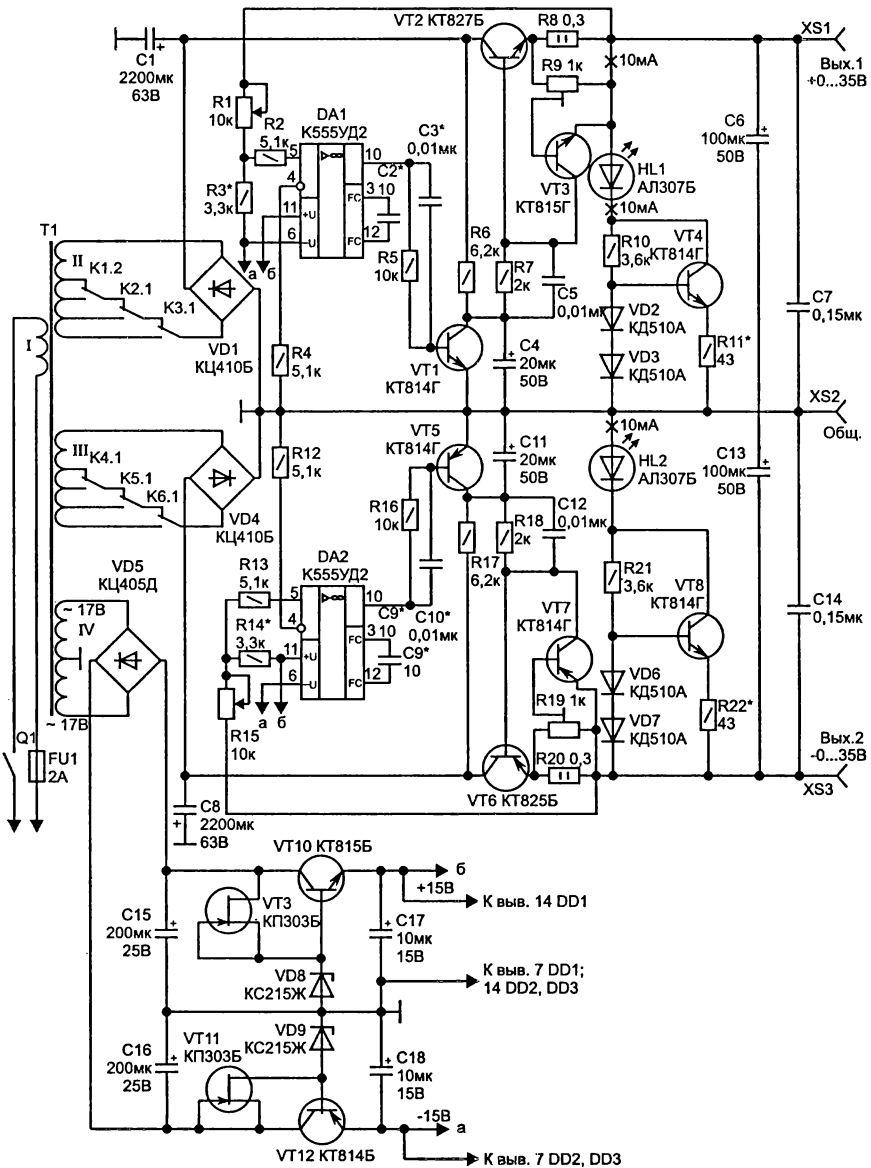
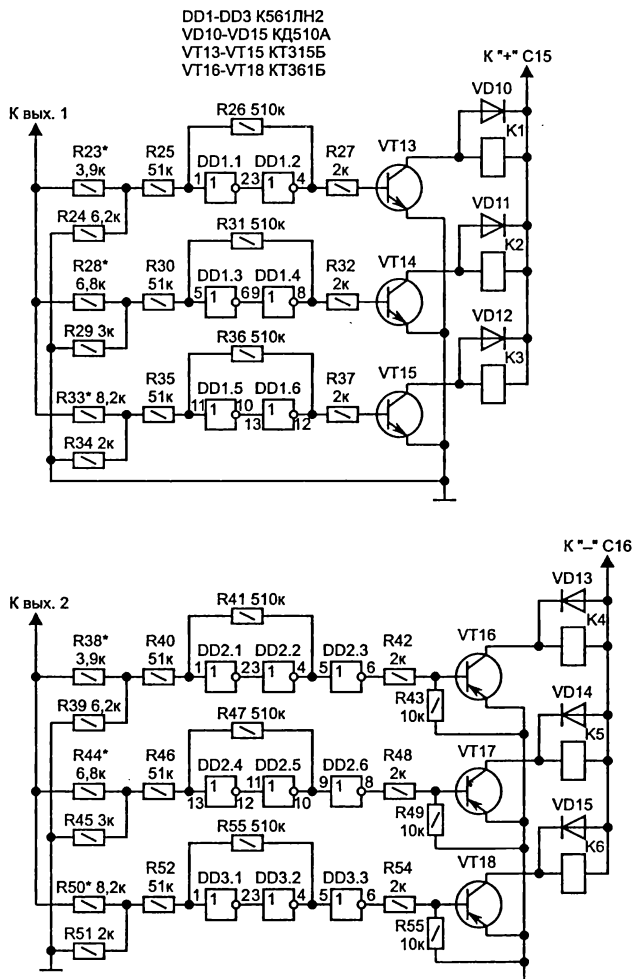


Рис. 4.22. Схема лабораторного блока питания (начало)



Продолжение рис. 4.22. Схема лабораторного блока питания

мощности на регулирующих транзисторах VT2, VT6, снизить их нагрев и повысить КПД устройства.

Основой блока питания являются операционные усилители (ОУ) DA1, DA2. Характерная особенность стабилизатора напряжения с применением ОУ заключается в том, что выходное напряжение сравнивается с образцовым, результирующий разностный сигнал усили-

вается и используется для управления регулирующим элементом (транзисторы VT2, VT6) таким образом, что выходное напряжение поддерживается на заданном уровне при действии различных дестабилизирующих факторов.

В данном случае образцовое напряжение подается на инвертирующие входы ОУ и оно равно нулю (поскольку инвертирующие входы соединены с общим проводом через резисторы R4, R12). На неинвертирующие входы ОУ поступает напряжение с делителей напряжения R1R3 и R13R15. Исходя из логики работы ОУ (равенство напряжений на входах ОУ) можно сделать вывод, что изменение сопротивлений плеч делителей напряжения (в данном случае R1 и R15) будет приводить к изменению выходных напряжений. Для верхнего по схеме плеча стабилизатора выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  может быть вычислено по формуле:

$$U_{\text{вых}} = U_a (R1/R3),$$

где  $U_a$  — напряжение в точке  $a$ , равное  $-15$  В (выходное напряжение маломощного стабилизатора на транзисторе VT12). Отсюда видно, что перемещение вверх движка переменного резистора R1 приводит к увеличению выходного напряжения.

Рассмотрим некоторые особенности блока питания. На транзисторах VT4 и VT8 выполнены стабилизаторы тока. Они обеспечивают стабильный ток величиной  $10$  мА через регулирующие транзисторы VT2 и VT6 при отсутствии внешней нагрузки; величина тока не зависит от выходного напряжения. Постоянная нагрузка на выходе стабилизатора предотвращает его самовозбуждение на высоких частотах. На микросхемах DD1—DD3 выполнены шесть триггеров Шмитта, которые управляют электромагнитными реле K1—K6.

Рассмотрим работу узла переключения обмоток на примере верхнего (по схеме) плеча источника питания. Основой узла являются три триггера Шмитта, выполненные на логических элементах микросхемы DD1. Порог срабатывания каждого собственно триггера при повышении напряжения составляет около  $7$  В, а гистерезис около  $1...1,5$  В. Если напряжение на выходе 1 источника превышает порог переключения триггера, то срабатывают электромагнитные реле K1—K3. Реле K1 срабатывает при повышении выходного напряжения до  $9$  В, K2 —  $18$  В, K3 —  $27$  В. Пороги переключения триггеров

Шмитта подстраиваются с помощью делителей R23R24, R28R29, R33R34. Контакты реле К1.1—К3.1 подключают к мостовому выпрямителю VD1 большую или меньшую часть обмотки II трансформатора Т1. При этом падение напряжения на регулирующем транзисторе VT2 не превышает 14 В, а мощность — 40 Вт. Нетрудно подсчитать, что при отсутствии узла переключения выводов обмотки максимальное напряжение на регулирующем транзисторе достигало бы 35...40 В при рассеиваемой мощности до 120 Вт. Таким образом, за счет переключения выводов обмотки трансформатора значительно снижены тепловые потери на регулирующих транзисторах, что улучшило тепловой режим. При необходимости эти потери можно снизить еще, увеличив число триггеров Шмитта в каждом плече стабилизатора до 5—7. Регулирующий узел нижнего (по схеме) плеча источника работает аналогично, но для управления реле К4—К6 использованы транзисторы проводимости *p-n-p* типа.

Операционные усилители, реле К1—К6 и цепи эталонного напряжения питаются от маломощного двуполярного стабилизированного выпрямителя, выполненного на транзисторах VT10 и VT12. Поскольку характеристики этого стабилизатора (в частности, уровень пульсаций) во многом определяют параметры блока питания в целом, стабилитроны VD8 и VD9 было решено питать стабильным током, получаемым от стабилизаторов тока, выполненных на полевых транзисторах VT9 и VT11.

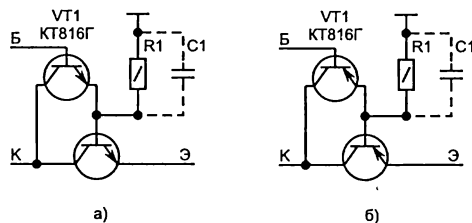


Рис. 4.23. Схема аналога составного транзистора:

а — *n-p-n* типа; б — *p-n-p* типа

Составные транзисторы VT2, VT6 можно заменить парами транзисторов соответствующей проводимости (рис. 4.23). Конденсатор C1 устраняет высокочастотное самовозбуждение.

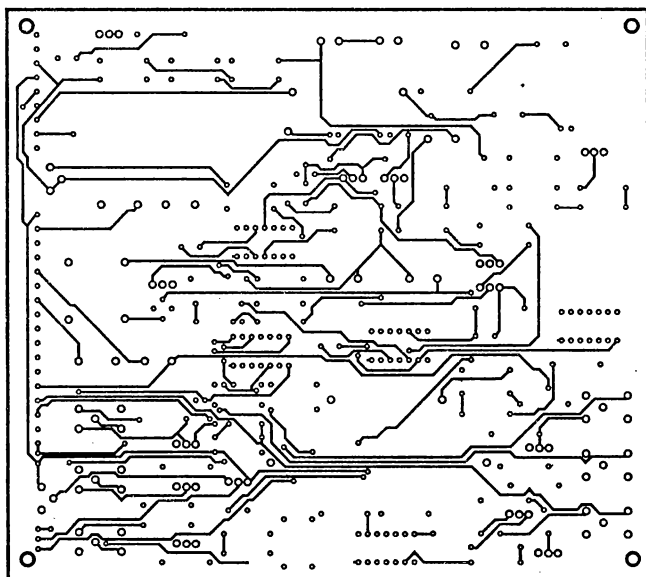
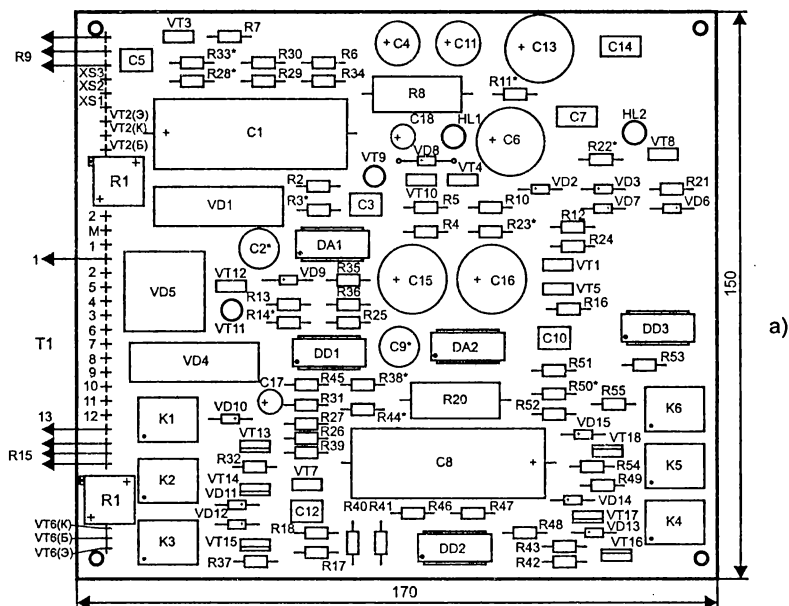
В блоке питания применены радиоэлементы следующих типов. Оксидные конденсаторы типа К50-24, К50-16 или К50-35 (С1 и С8), остальные КМ-6, К10-23, К10-7В, К73-17. Подстроечные резисторы R9, R19 — многооборотные СП5-2, переменные резисторы R1 и R15 — СП-04, СПЗ-4м, СПЗ-16, СПЗ-39, низкоомные резисторы R8, R20 — С5-16МВ. Реле К1—К6 — РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) или РЭС-34 (паспорт РС4.524.372). Трансформатор Т1 намотан на магнитопроводе ШЛМ40×50 (типовая мощность 270 Вт). Обмотка I содержит 525 витков провода ПЭТВ-2 0,85; обмотки II и III — по 95 витков провода ПЭТВ-2 1,32, отводы сделаны от 31, 54, 75-го витков, считая от верхних (по схеме) выводов обмоток: обмотка IV содержит 82 витка провода ПЭВ-2 0,31 с отводом от середины.

Регулирующие транзисторы VT2 и VT6 установлены на радиаторы с охлаждающей поверхностью не менее 1000 см<sup>2</sup> каждый.

Большая часть элементов лабораторного блока питания смонтирована на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм<sup>2</sup> (рис. 4.24). Сплошными кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропаять с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы. Печатные проводники, через которые протекает значительный ток (например, соединяющие выводы обмоток трансформатора с контактами реле и мостовыми выпрямителями) должны быть продублированы монтажным проводом сечением 1 мм<sup>2</sup>.

Налаживание блока питания начинают с установки тока, протекающего через светодиоды HL1, HL2, который должен составлять около 10 мА. Этого добиваются подборкой резисторов R11, R12, при этом выходное напряжение может составлять 5...35 В. Затем производят настройку порогов срабатывания триггеров Шмитта. Переменным резистором R1 (R15) устанавливают выходное напряжение равным нулю, а затем его плавно увеличивают. Реле К1—К3 должны срабатывать при напряжениях на выходе 1 источника 9, 18 и 27 В соответственно. Добиваются этого подборкой резисторов R23, R28 и R33. Затем аналогично настраивают пороги срабатывания триггеров в другом плече источника. После этого, установив движки переменных резисторов R1 и R15 в верхнее (по схеме) положение, резисторами R3 и R14 устанавливают максимальное напряжение обоих плеч равным 35 В.





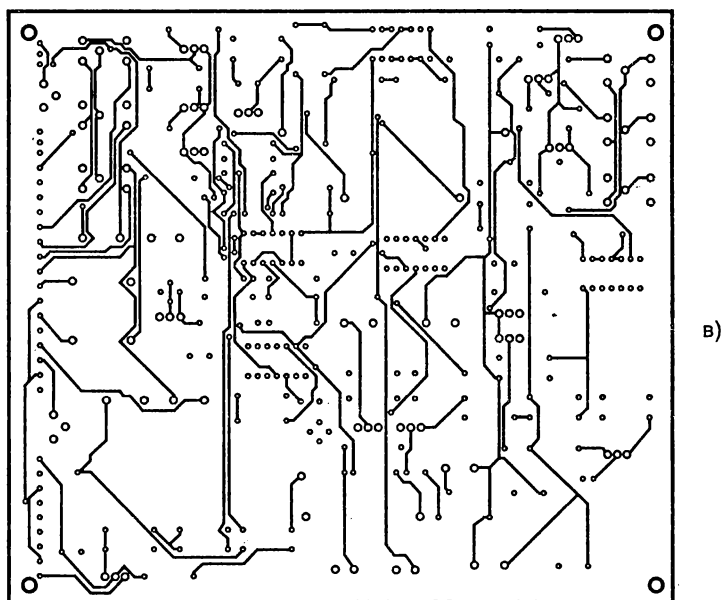


Рис. 4.24. Монтажная плата лабораторного блока питания:

- а* — расположение деталей на плате;
- б* — вид на печатные проводники со стороны деталей;
- в* — вид на печатные проводники со стороны монтажа

Желательно с помощью осциллографа проверить, не возбуждается ли источник питания на высокой частоте. При наличии такого возбуждения следует подобрать конденсаторы  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ .

Поскольку выходное напряжение изменяют переменными резисторами, необходим постоянный контроль выходного напряжения вольтметром.

#### **4.6. Схема и конструкция лабораторного трансформатора и регулируемого источника переменного напряжения**

В лаборатории радиолюбителя, да и у любого мастера, хотя бы немного знакомого с электричеством, обязательно должен быть регулятор переменного напряжения. Если при этом допускается иска-

жение синусоидальной формы напряжения, можно применять три-исторные регуляторы, о которых рассказывалось выше. Если же искажение формы синусоидального напряжения недопустимо, необходимо применять трансформатор. Удобным является лабораторный автотрансформатор (например, типа ЛАТР-2М), обмотка которого намотана на тороидальном магнитопроводе, а подвижный контакт скользит по торцевой поверхности обмотки (предварительно очищенной от изоляции). Однако такие трансформаторы не всегда можно приобрести. Кроме того, надежность подвижного контакта со временем ухудшается. Гальваническая связь с сетью выходных зажимов также не всегда допустима.

На рис. 4.25 представлена схема лабораторного трансформатора, который позволяет изменять синусоидальное напряжение на нагрузке в пределах от 1 до 347 В ступенями через 1 В, при этом на поддиапазоне изменения напряжений 1...127 В гальваническая связь с сетью отсутствует. Допустимый выходной ток определяется наименьшим се-

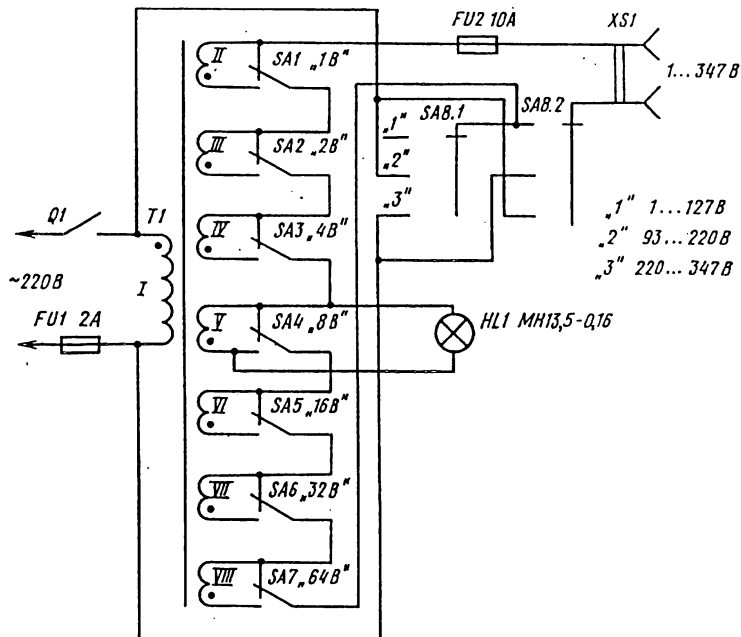


Рис. 4.25. Схема лабораторного трансформатора

чением провода обмотки из всех обмоток, участвующих в образовании требуемого напряжения, при этом мощность нагрузки не должна превышать номинальную мощность трансформатора — 160 Вт.

Изменение выходного напряжения производится в трех поддиапазонах, которые выбираются галетным переключателем SA8. В первом поддиапазоне в формировании выходного напряжения участвуют обмотки II—VIII трансформатора Т1. Напряжения обмоток имеют значения, равные в вольтах степеням числа 2:  $2^0$ ,  $2^1$ , ...,  $2^6$ . Таким образом, путем последовательного соединения требуемых обмоток можно получить любое напряжение от 1 до 127 В ступенями через 1 В. Коммутация обмоток производится переключателями SA1—SA7. В показанном на схеме положении переключателей все обмотки выключены, и выходное напряжение равно нулю.

В положении «2» переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора включаются последовательно-встречно с первичной обмоткой, и их напряжения вычитаются. Следовательно, результирующее выходное напряжение может изменяться от 93 В (220—127 В), когда все вторичные обмотки включены, до 220 В (220—0 В), когда все вторичные обмотки выключены.

В положении «3» переключателя SA8 вторичные обмотки трансформатора соединяются последовательно-согласно с первичной обмоткой, так что их напряжение, когда вторичные обмотки выключены, составляет 220 В (220 + 0 В); максимальное выходное напряжение, когда в работу включены все вторичные обмотки, составляет 347 В (220 + 127 В).

Трансформатор Т1 выполнен на магнитопроводе ШЛ25×40 (использован магнитопровод от стандартного трансформатора ОСМ-0,16). Намоточные данные всех обмоток и максимальные токи указаны в табл. 4.2. Начала обмоток на принципиальной схеме обозначены точками. Марка обмоточного провода — ПЭТВ-2.

Таблица 4.2

Номер обмотки	Напряжение обмотки, В	Число витков	Диаметр провода, мм	Ток обмотки, А
I	220	846	0,67	0,8
II	1	5	2,50	10

окончание табл. 4.2

Номер обмотки	Напряжение обмотки, В	Число витков	Диаметр провода, мм	Ток обмотки, А
III	2	9	2,50	10
IV	4	17	1,6	4,5
V	8	33	1,6	4,5
VI	16	66	1,6	4,5
VII	32	132	0,8	1,1
VIII	64	264	0,6	0,6

Первой наматывают обмотку I, затем VIII, VII, ..., II.

В качестве выключателя питания Q1, переключателей SA1—SA7 можно использовать тумблеры типа ТВ1-4, ТВ2-1 или ТП1-2. Галетный переключатель SA8 — ПГК-3П6Н, причем для повышения надежности контакты объединены в два переключателя по три группы контактов в каждом. Лабораторный трансформатор собран в металлическом корпусе размером  $180 \times 150 \times 300$  мм. Внешний вид конструкции представлен на рис. 4.26.

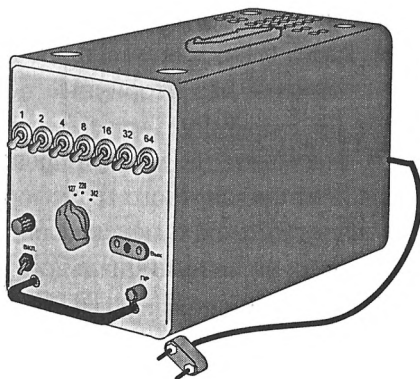


Рис. 4.26. Внешний вид лабораторного трансформатора

На рис. 4.27 приведена схема еще одного регулируемого источника переменного напряжения, по своему назначению аналогичного описанному выше лабораторному трансформатору. Однако коммута-

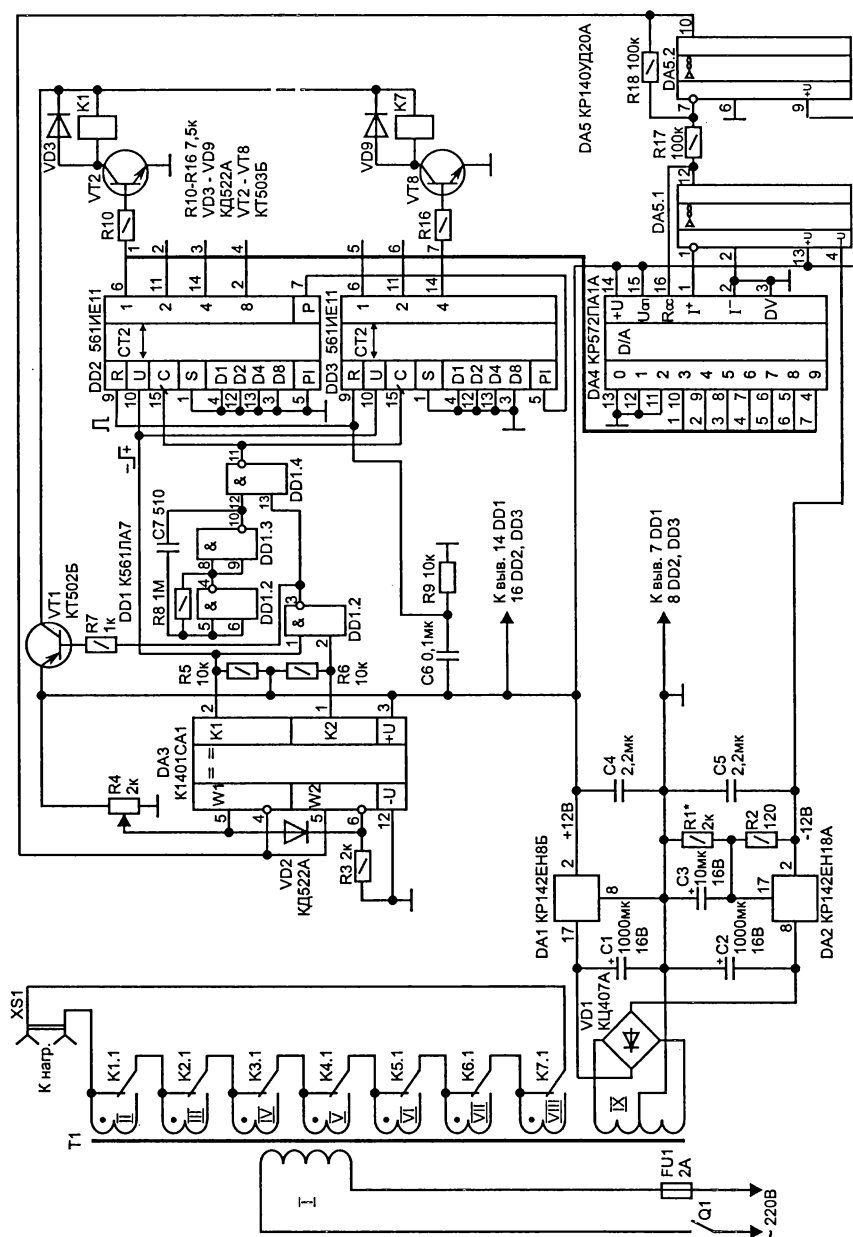


Рис. 4.27. Схема регулируемого источника переменного напряжения с реверсивным счетчиком и ЦАП

ция вторичных обмоток для получения требуемого напряжения здесь осуществляется контактами электромагнитных реле. При этом регулировка выходного напряжения производится вращением оси переменного резистора, что более удобно. Рассмотрим работу такого регулятора напряжения.

Напряжение на нагрузке, подключенной к гнезду XS1, зависит от числа включенных последовательно и синфазно обмоток II—VIII трансформатора T1. В отличие от предыдущей схемы, коммутация обмоток здесь осуществляется не вручную переключателями, а автоматически контактами реле K1—K7. Электромагнитные реле управляются сигналами с выходов реверсивного 7-разрядного счетчика, выполненного на микросхемах DD2—DD3. Каждая из таких микросхем представляет собой 4-разрядный двоичный реверсивный счетчик, работа которого была подробно описана в первой главе данной книги.

Выходные сигналы двоичного кода с микросхем DD2, DD3 подаются на входы микросхемы DA4, представляющей собой 10-разрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Внутренняя структура преобразователя включает в себя логику управления, токовые ключи и так называемую резистивную матрицу R—2R. Для построения полной схемы преобразователя к микросхеме KP572ПА1А подключен операционный усилитель DA5.1. Напряжение на выходе операционного усилителя определяется двоичным кодом на входах 0—9, а также величиной опорного напряжения, приложенного к входу  $U_{\text{оп}}$  и может быть определено по формуле:  $U_{\text{вых}} = -U_{\text{оп}} \cdot (N/1024)$ , где  $N$  — десятичное значение кода на цифровых входах ЦАП. Операционный усилитель DA5.2 предназначен для инвертирования сигнала, снимаемого с микросхемы DA5.1.

На логических элементах DD1.2, DD1.3 выполнен генератор тактовых импульсов (его частота около 1000 Гц). Генерация импульсов происходит тогда, когда на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение высокого уровня. Состояние этого элемента зависит от выходных сигналов компараторов напряжения (микросхема DA3). На входах этих двух компараторов сравниваются два напряжения: задающее, снимаемое с движка переменного резистора R4, и выходное напряжение цифро-аналогового преобразователя (снимается с выхода операционного усилителя DA5.2).

В зависимости от соотношения этих двух напряжений возможны три различных сочетания состояний выходных сигналов на выходах различных элементов устройства, что иллюстрируется приведенной ниже табл. 4.3.

Таблица 4.3

Соотношения напряжений	Состояния сигналов на выходах различных элементов устройства				
	$U_{K1}$	$U_{K2}$	$U_{DD1.1}$	$U_{DD1.4}$	Работа счетчика DD2, DD3
$U_{DA5.2} < U_{зад}$	1	0	1	импульсы	увеличение кода
$U_{DA5.2} = U_{зад}$	1	1	0	1	код не изменяется
$U_{DA5.2} > U_{зад}$	0	1	1	импульсы	уменьшение кода

Равенство  $U_{DA5.2} = U_{зад}$  подразумевает, что указанные напряжения равны не строго, а с точностью до разницы напряжений на выводах 5 и 6 микросхемы DA3, которая (разница напряжений) задается диодом VD2 и составляет около 1 В. Такой гистерезис необходим для обеспечения более устойчивой работы устройства.

Реверсивный счетчик совместно с ЦАП работает таким образом, что установившееся значение напряжения на выходе операционного усилителя DA5.2 равно задающему напряжению. При этом двоичный код на выходах реверсивного счетчика может последовательно принимать любое из  $2^7 = 128$  значений, поскольку число разрядов счетчика равно 7. Соответственно значениям двоичного кода реверсивного счетчика срабатывают определенные сочетания реле K1—K7, включая в цепь питания нагрузки обмотки II—VIII трансформатора T1. Поскольку напряжения указанных обмоток трансформатора равны соответственно 1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 В, максимальное напряжение на гнездах разъема XS1 может составлять 127 В, при этом шаг изменения этого напряжения составляет 1 В. При необходимости шаг изменения этого напряжения можно уменьшить, соответственно увеличив число обмоток, число реле и использовав входы 0, 1, 2 ЦАП.



Питание элементов регулятора переменного напряжения осуществляется от двуполярного источника стабилизированного напряжения, выполненного на микросхемах DA1, DA2.

Транзистор VT1 отключает цепь питания реле K1—K7, а следовательно — и цепь питания нагрузки во время работы тактового генератора, т. е. во время изменения напряжения.

В устройстве применены детали следующих типов. В качестве компараторов напряжения можно использовать также микросхемы K521CA3, K521CA5, K554CA3, K521CA6 (последняя микросхема содержит два компаратора в одном корпусе). Реверсивные счетчики K561IE11 можно заменить на K561IE14. Операционные усилители могут быть также типов K140УД7, K553УД2, K1401УД1, KP140УД708. При замене микросхем следует иметь в виду изменение цоколевки. Транзистор VT1 может быть КТ502, КТ208, КТ209, КТ814, КТ973 с любыми буквами; VT2—VT8 — КТ315, КТ503, КТ3117, КТ630, КТ3102 с любыми буквами. Мостовой выпрямитель VD1 может быть также типов КЦ405, КДС628 с любыми буквами. Диоды VD2—VD9 могут быть любыми кремниевыми, например КД510, КД513, КД521, КД522, КД102, КД103 с любыми буквами. Оксидные конденсаторы C1, C2 — K50-16, K50-35, K50-24; остальные конденсаторы — KM-6, K10-17, K10-23, K73-17. Все постоянные резисторы — МЛТ, C2-23, C1-12; переменный резистор R4 — СП-1, СП3-30, СП3-33. Электромагнитные реле K1—K7 — марки Bestar, имеющие сопротивление обмотки 360 Ом при рабочем напряжении 12 В и контакты на ток 10 А. Разъем XS1 — двойное гнездо типа РД-1. Выключатель Q1 — тумблер любого типа, например, ТВ1-1. Трансформатор Т1 — самодельный, его данные были приведены выше при описании *лабораторного трансформатора*. Дополнительная обмотка IX содержит 120 витков провода ПЭТВ-2 0,29 с отводом от середины.

Конструкция регулятора напряжения зависит от возможностей конструктора и от его намерений по поводу использования устройства. Автор использовал универсальную печатную плату, которая содержит выполненные печатным способом контактные площадки для подпайки элементов (см. рис. 1.19). Между собою элементы соединяются проводом МГТФ-0,12.

Настройка регулятора состоит в установлении напряжения –12 В на выходе микросхемы DA2 с помощью резистора R1.

По аналогичному принципу может быть построен и стабилизированный регулятор постоянного или переменного напряжения. Его описание приведено ниже.

#### **4.7. Стабилизированный регулятор напряжения для радиолюбительского эксперимента**

В качестве опыта читателям предлагается поэкспериментировать с регулятором напряжения, схема которого представлена на рис. 4.28.

Схема устройства аналогична приведенной выше (см. рис. 4.27), однако в этом регуляторе имеется отрицательная обратная связь по выходному напряжению: компараторы микросхемы DA2 сравнивают выходное напряжение, снимаемое с движка переменного резистора R2, и задающее напряжение, снимаемое с движка переменного резистора R5. Работа реверсивного счетчика DD2, DD3 прекращается тогда, когда эти два напряжения будут равны с точностью до величины падения напряжения на диоде VD3 (около 1 В). На резисторе R3 и конденсаторе C4 выполнен фильтр нижних частот, который не пропускает на входы компараторов пульсации напряжения на нагрузке. Точность поддержания напряжения определяется напряжением обмотки II трансформатора T1 и величиной падения напряжения на диоде VD3. Не следует стремиться получить точность лучше 0,5 В: уменьшение напряжения между выводами 5 и 6 компаратора приведет к возникновению колебательного процесса вблизи установившегося значения напряжения, близкого к задающему его значению. Следует также заметить, что падение напряжения на диоде VD3 должно быть больше, чем напряжение обмотки II трансформатора T1.

Из других отличий отметим значительно меньшую частоту тактового генератора — здесь она составляет около 10 Гц. При более высокой частоте выходное напряжение из-за инерционности фильтра на конденсаторе C3 будет изменяться медленнее, нежели изменение кода на выходе реверсивного счетчика, что нарушит процесс стабилизации.

Данный стабилизатор напряжения можно использовать совместно с линейными компенсационными стабилизаторами напряжения. В этом случае стабилизатор напряжения будет обеспечивать постоянство падения напряжения на микросхеме стабилизатора при различ-

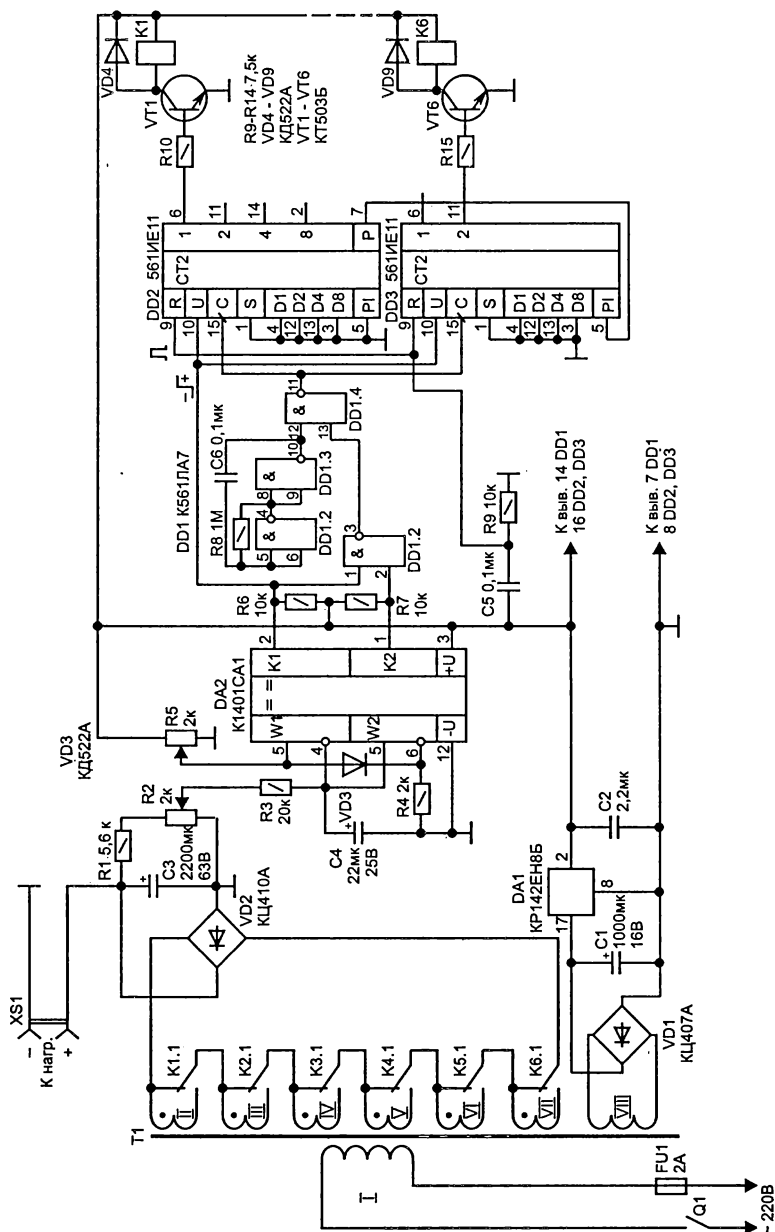
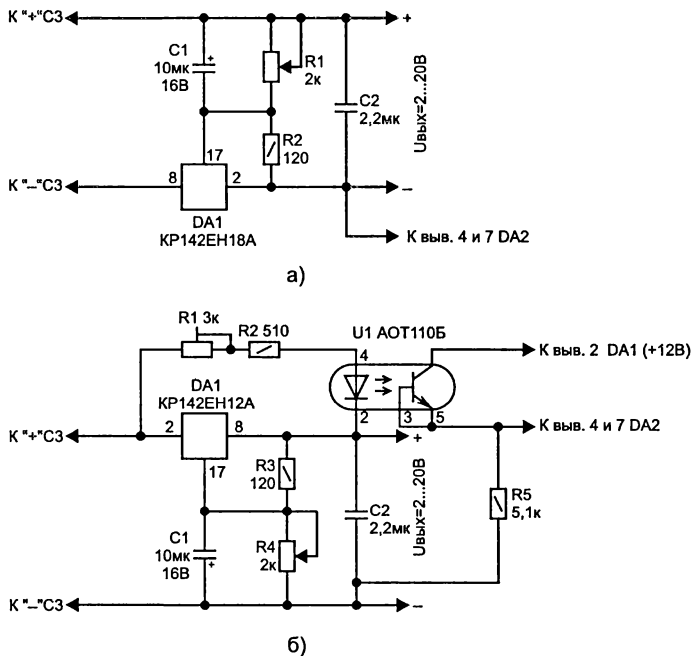


Рис. 4.28. Схема стабилизированного регулятора напряжения на базе реверсивного счетчика



**Рис. 4.29.** Схемы подключения регулятора напряжения для совместного использования с интегральными стабилизаторами напряжения:

- а — микросхема включена в минусовой провод питания;  
 б — микросхема включена в плюсовой провод питания

ных выходных напряжениях, это ограничит мощность, рассеиваемую микросхемой. Схемы подключения для случаев применения интегральных стабилизаторов напряжения в минусовом (KP142EH18A) и плюсовом (KP142EH12A) проводах показаны на рис. 4.29.

Во втором случае пришлось осуществить гальваническую развязку с помощью оптотары U1. Резисторами R1 и R4 изменяется выходное напряжение стабилизаторов напряжения. Подстроечным резистором R1 (рис. 4.29, б) выбирается режим работы оптотары U1 так, чтобы напряжения между выводами 2 и 8 микросхемы DA1 и падение напряжения на резисторе R5 были примерно равны между собой.

## **ГЛАВА 5.**

# **ЗНАКОМЫЕ СХЕМЫ И ПОИСК НОВЫХ РЕШЕНИЙ**

### **5.1. Автоматы управления световой иллюминацией**

Устройства, позволяющие управлять источниками света, давно стали популярными среди радиолюбителей. Такие автоматы управления световой иллюминацией можно использовать для украшения новогодней елки, для создания световых эффектов при проведении праздничных мероприятий и во многих других случаях.

#### **Простой переключатель двух гирлянд для настольной елки**

Разговор об устройствах световой иллюминации начнем с простейшего переключателя, который поочередно коммутирует две гирлянды (рис. 5.1), состоящие из малогабаритных светодиодов красного и зеленого цветов, и предназначен для украшения небольшой новогодней елки.

На логических элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор, частота переключений которого определяется номиналами резисторов R2, R3 и конденсаторов C1. Для указанных на схеме номиналов этих элементов частота может изменяться в пределах от 1 Гц до 5 Гц. Выходные импульсы генератора инвертируются буферными элементами DD1.3, DD1.4 и управляют поочередным открыванием транзисторов VT1, VT2. В коллекторные цепи транзисторов включены две гирлянды из светодиодов HL1—HL30.

Источник питания переключателя гирлянд выполнен по схеме однополупериодного выпрямителя на диоде VD2 с использованием балластного конденсатора C3 для гашения напряжения. Диод VD3 необходим для перезарядки конденсатора при отрицательной полуволне (относительно нижнего по схеме провода сети) напряжения, резистор R7 ограничивает импульс тока при включении устройства в сеть, когда конденсатор разряжен. Через резистор R6 конденсатор C3

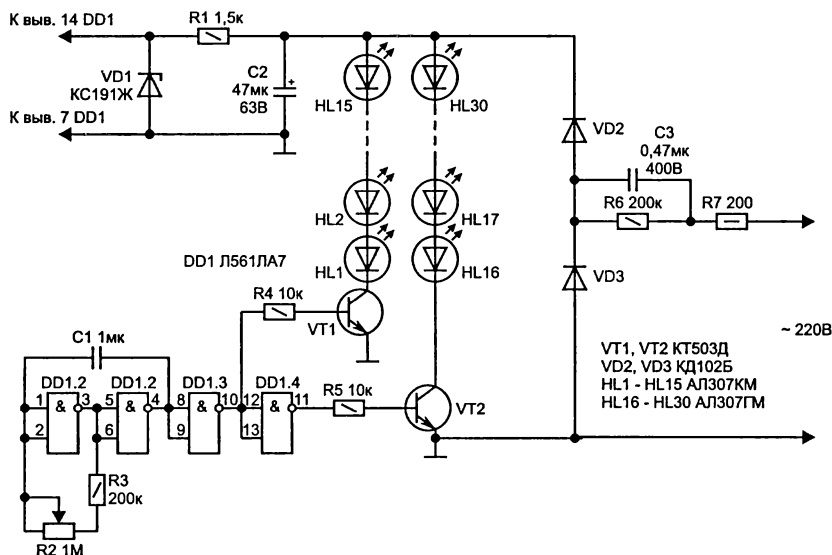


Рис. 5.1. Переключатель гирлянд для малогабаритной елки

разряжается после выключения устройства из сети. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C2. Напряжение на этом конденсаторе не может превысить напряжение на гирлянде из включенных светодиодов (около 30 В), а поскольку в любой момент времени обязательно включена одна из двух гирлянд, каких-либо дополнительных мер для ограничения напряжения на конденсаторе C2 и на коллекторах закрытых транзисторов не требуется. Напряжение для питания микросхемы DD1 снимают с параметрического стабилизатора на стабилитроне VD1 и резисторе R1.

В устройстве микросхема DD1 может быть также типа К561ЛЕ5, К176ЛА7, К176ЛЕ5. В качестве VT1, VT2 можно использовать любые *n-p-n* транзисторы с допустимым напряжением между эмиттером и коллектором не менее 40 В. Подойдут транзисторы КТ503, КТ608 или КТ630 с любыми буквами, КТ3102 (А, Б, Е), КТ3117А. Светодиоды могут быть из серии АЛ307 или КИПМ0 с любыми буквами, но желательно с разным цветом свечения. Поскольку прямое падение напряжения на светодиоде зависит от его типа, количество светодиодов в гирлянде должно быть таким, чтобы напряжение од-

ной гирлянды не превысило предельное напряжение «коллектор—эмиттер» транзисторов. Конденсатор С1 — КМ-6, К10-23, К73-17, С2 — К50-24, К50-16, К50-35, С4 — К73-17. Диоды VD2, VD3 должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 350 В. Кроме указанных на схеме, подойдут диоды КД105 (Б, В, Г), КД221 (В, Г, Д), КД226 (В, Г, Д), КД258Б.

Переключатель гирлянд смонтирован в небольшом пластмассовом корпусе. На плате установлены все элементы, кроме светодиодов HL1—HL30. Эти светодиоды соединены между собой отрезками провода длиной 10...15 см, а с корпусом — проводами длиной 1,5...2 м. Для декоративного оформления светодиодов использованы разноцветные пластмассовые пуговицы, у которых расстояние между отверстиями составляет 2,5 мм. При монтаже выводы светодиода вставляют в отверстия пуговицы, припаивают отрезки провода и изолируют место пайки отрезками поливинилхлоридной трубки диаметром 1...1,5 мм и длиной 15...20 мм. Правильно собранное устройство в налаживании не нуждается.

### Переключатель трех гирлянд из 300 светодиодов

Устройство, схема которого представлена на рис. 5.2, управляет тремя гирляндами, которые в совокупности состоят из почти *трехсот* (!) светодиодов. Генератор импульсов выполнен по такой же схеме, как и в рассмотренном выше устройстве. На D-триггерах DD2.1, DD2.2 и логических элементах DD1.3, DD1.4 выполнен счетчик импульсов, у которого коэффициент пересчета равен 3. Выходные сигналы счетчика управляют транзисторами VT1—VT3, в коллекторные цепи включены гирлянды из светодиодов красного (HL1—HL108), зеленого (HL109—HL198) и желтого (HL199—HL288) цветов. Большое количество красных светодиодов в гирлянде объясняется тем, что светодиоды этого типа (АЛ307КМ) имеют несколько меньшее падение напряжения, нежели зеленые и желтые светодиоды. При указанных количествах светодиодов в гирляндах падение напряжения на гирляндах примерно равны и составляют около 200 В. Светодиод HL289 выполняет функцию индикатора включения (он установлен непосредственно на корпусе устройства).

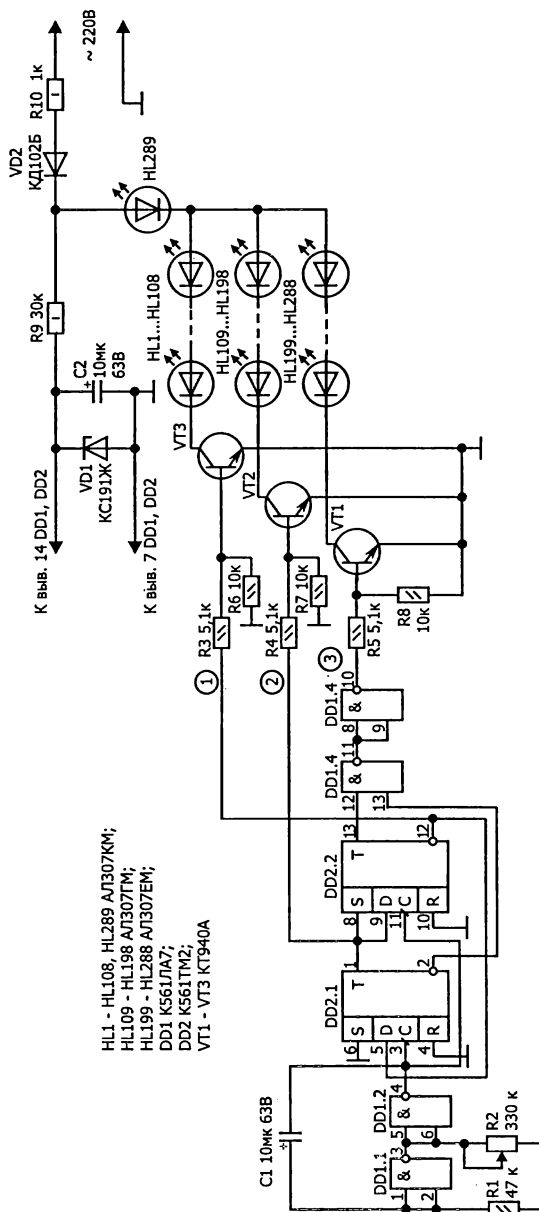


Рис. 5.2. Схема переключателя трех гирлянд



Питание гирлянд осуществляется от однополупериодного выпрямителя на диоде VD2 и балластном резисторе R10, а питание микросхем — от параметрического стабилизатора VD1R9 с фильтрующим конденсатором C2.

Транзисторы VT1—VT3 должны быть рассчитаны на напряжение не менее 200 В. Помимо указанных на схеме, подойдут КТ506, КТ940, КТ604, КТ605, КТ8108—КТ8110, КТ8120, КТ8121 с любыми буквами. Замена остальных элементов, думается, не вызовет затруднений.

Если конструктор пожелает уменьшить количество светодиодов в гирляндах, он должен будет изменить сопротивления резисторов R9 и R10: первого в сторону уменьшения, а второго в сторону увеличения. Вот примерные формулы для вычисления сопротивлений этих резисторов:

$$R9 = (U_r - U_{VD1})/0,01, \quad R10 = (220 - U_r)/0,02,$$

где  $U_r$  — падение напряжения на светодиодах одной гирлянды,  $U_{VD1}$  — напряжение стабилизации стабилитрона VD1 (в данной случае равно 9 В). В знаменателях формул указаны значения протекающих через рассчитываемые резисторы значения токов в амперах. Полученные по формулам числа соответствуют сопротивлению в омах.

### Плавное управление яркостью гирлянды

На рис. 5.3 приведена схема устройства управления одной елочной гирляндой, которое позволяет плавно изменять яркость свечения ламп.

Рассмотрим особенности работы этого устройства. На инвертирующий вход компаратора DA2 поступают пилообразные импульсы с частотой, равной двойной частоте сети. На неинвертирующий вход компаратора поступают треугольные импульсы инфранизкой частоты, которые формирует генератор, собранный на логических элементах микросхемы DD1. Элементы D1.1, DD1.2 и резисторы R10, R11 образуют триггер Шмитта, входящий в состав генератора. Допустим, на выходе логического элемента DD1.3 действует напряжение высокого уровня, а конденсатор C4 разряжен. В этом случае через диод VD5 и резистор R11 конденсатор C4 будет заряжаться, а напряжение

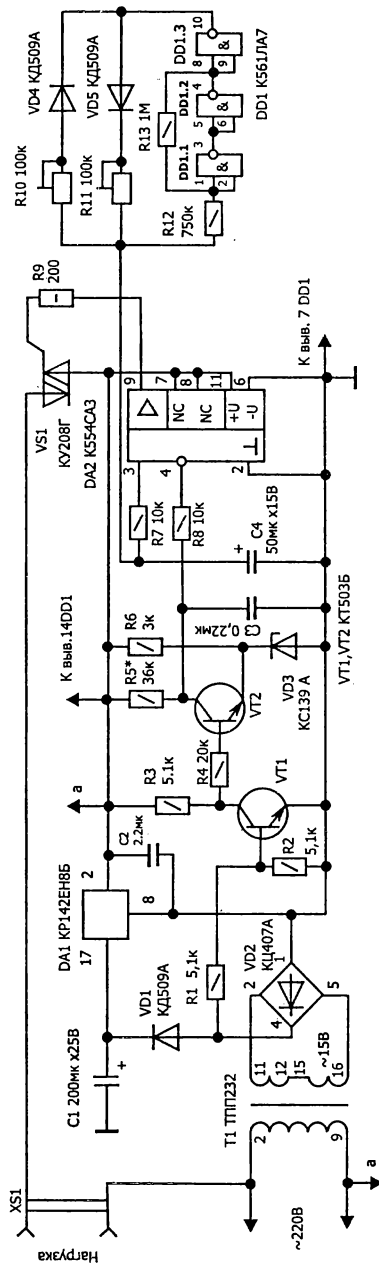
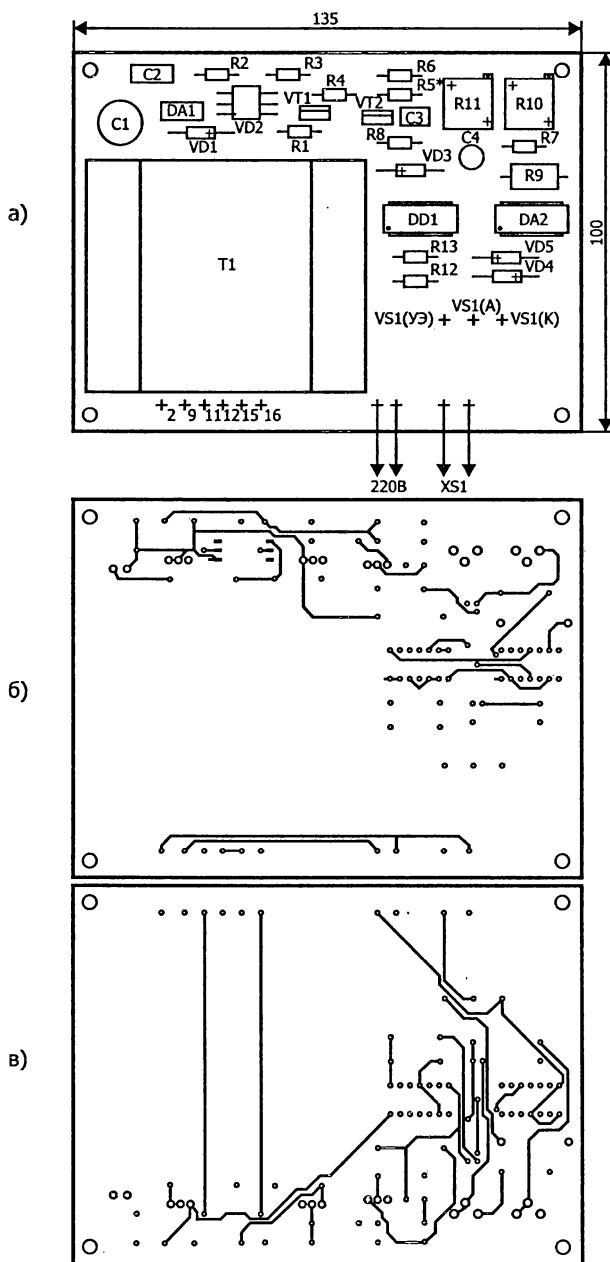


Рис. 5.3. Устройство плавного управления яркостью гирлянды



**Рис. 5.4.** Монтажная плата устройства управления яркостью гирлянды:

- а* — расположение деталей на плате;  
*б* — вид на печатные проводники со стороны деталей;  
*в* — вид на печатные проводники со стороны монтажа

на нем будет увеличиваться. Когда оно достигнет верхнего порога переключения триггера Шмитта, последний переключится в противоположное состояние, и на выходе элемента DD1.3 установится напряжение низкого уровня. Теперь конденсатор C4 будет разряжаться через открывшийся диод VD4 и резистор R10. При уменьшении напряжения до нижнего порога переключения триггер Шмитта вновь переключится в противоположное состояние, и процесс формирования импульса повторится. В результате на конденсаторе C4 форма напряжения будет близка к треугольной. Воздействие этого напряжения на неинвертирующий вход компаратора приводит к формированию на его выходе импульсов тока изменяющейся скважности; эти импульсы тока, протекая через цепь управляющего электрода симистора VS1, изменяют яркость ламп гирлянды (они подключены к гнездам «Нагрузка») от минимальной до максимальной и наоборот.

Стабилитрон VD3 необходим для того, чтобы «приподнять» пилообразное напряжение до уровня, соответствующего нижнему порогу переключения триггера Шмитта. В качестве микросхемы DA2 можно использовать, помимо указанной на схеме, компараторы типа K521CA3. При использовании компараторов других типов придется применить усилитель тока выходного каскада. Транзисторы VT1, VT2 могут быть любыми структуры *n-p-n*. Замена остальных радиодеталей не вызовет затруднений.

Устройство смонтировано на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 5.4).

Настройка устройства состоит в регулировании подстроечными резисторами R10 и R11 скоростей зажигания и гашения ламп гирлянды.

## Цветомузыкальный синтезатор

Уже несколько десятилетий радиолюбители создают различные устройства, в которых управление световой иллюминацией производится по музыкальному (или любому другому звуковому) сигналу. Некогда бывшие сверхпопулярными цветомузыкальные устройства (так называемые «цветомузыки») существенно утратили былую популярность. Однако продолжают пользоваться вниманием радиолю-

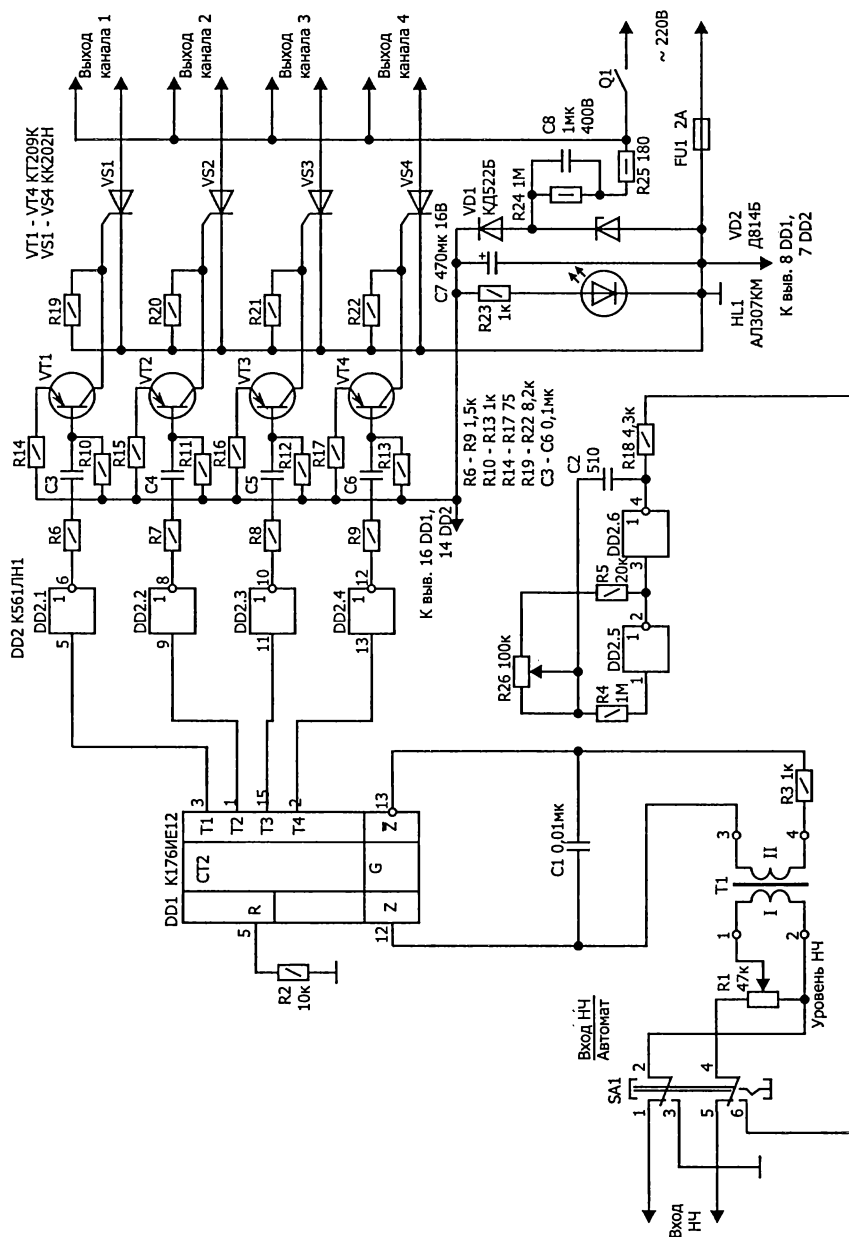


Рис. 5.5. Принципиальная схема цветомузыкального синтезатора

бителей такие устройства, которые управляют источниками света в такт музыкальному сигналу. Один из таких музыкальных синтезаторов описан ниже.

Основой данного устройства (рис. 5.5) является микросхема К176ИЕ12. В первой главе книги было рассказано о том, как работает такая микросхема. При работе генератора, обеспеченной подключением цепи С1R3 к выводам 12 и 13 микросхемы, на выводах Т1—Т4 имеются прямоугольные импульсы со скважностью 4 и сдвинутые между собой на четверть периода. Частота следования этих импульсов в 256 раз меньше частоты внутреннего генератора микросхемы. Напомним, что микросхема К176ИЕ12 была разработана для применения в электронных часах, а выводы Т1—Т4 предназначены для коммутации разрядов индикатора часов при динамической индикации. В данном же устройстве сигналы с данных выходов через буферные логические элементы DD1.1—DD1.4, дифференцирующие цепи R6C3, R7C4, R8C5, R9C6, транзисторные ключи VT1—VT4 и тиристоры VS1—VS4 управляют включением гирлянд, подключенных к выходам каналов.

При указанных на схеме значениях элементов С1, R3 частота встроенного генератора микросхемы DD1 составляет примерно 50 кГц. Следовательно, частота сигнала на выходах Т1—Т4 примерно равна 200 Гц. В показанном на схеме положении контактов переключателя SA1 на обмотку I трансформатора Т1 подается входной сигнал низкой (звуковой) частоты, который через обмотку II модулирует сигнал генератора микросхемы DD1. Благодаря модуляции частоты генератора, а также применению дифференцирующих цепей на входах транзисторных ключей включение гирлянд синхронизировано частотой входного сигнала, но весьма причудливым образом. В результате включающиеся гирлянды создают довольно необычные световые эффекты, «привязанные» к такту входного сигнала. Изменяя амплитуду входного сигнала переменным резистором R1, можно изменять световой рисунок, создаваемый гирляндами.

В положении переключателя SA1, противоположном показанному на схеме, частота генератора микросхемы DD1 модулируется частотой генератора, выполненного на логических элементах DD2.5, DD2.6. В этом случае гирлянды включаются в такт с частотой этого генератора.

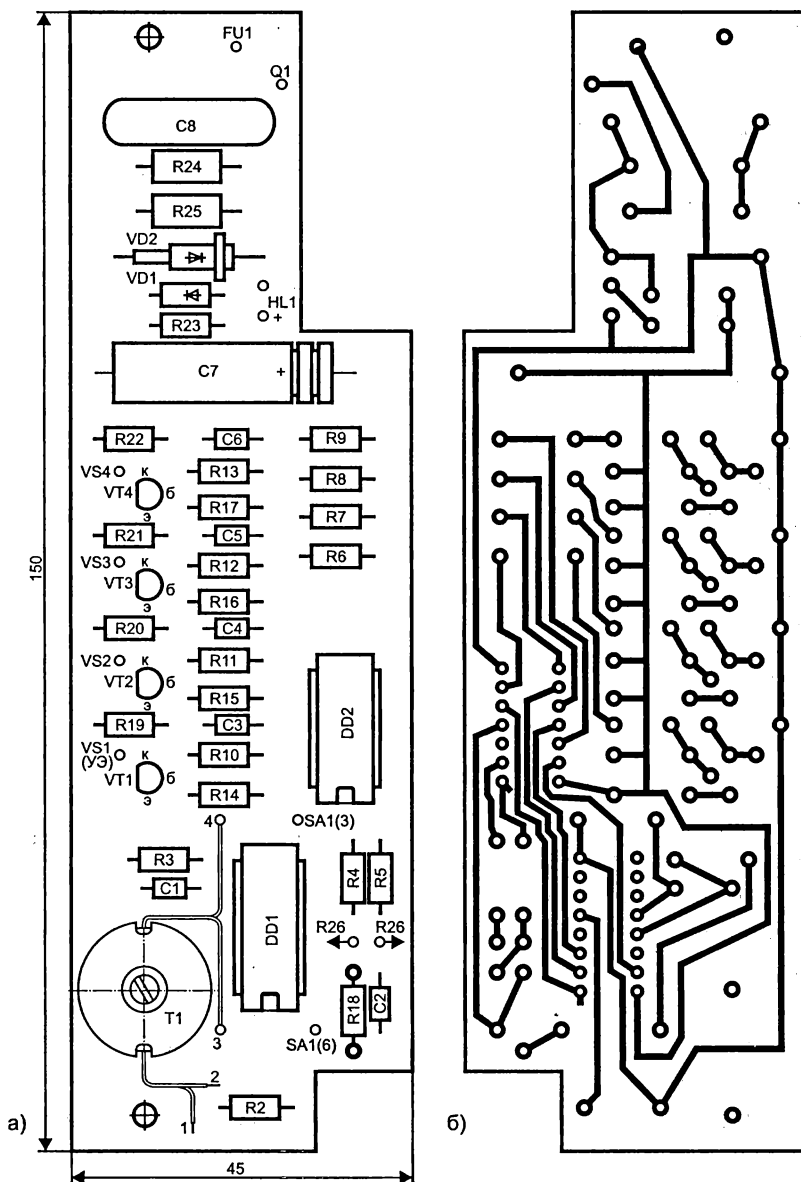


Рис. 5.6. Монтажная плата цветомузыкального синтезатора:

- a* — расположение элементов на плате;  
*б* — расположение печатных проводников

Источник питания синтезатора выполнен по бестрансформаторной схеме. Выпрямитель — однополупериодный, с параметрическим стабилизатором на стабилитроне VD2. Светодиод HL1 служит индикатором включения устройства в сеть.

О деталях устройства. Микросхема DD1 K176IE12 аналогов в других сериях не имеет, но ее возможности стоят того, чтобы поискать эту микросхему. Микросхема K561ЛН2 заменима на K561ЛН1. В качестве транзисторов VT1—VT4, помимо указанных на схеме, можно использовать КТ203, КТ208, КТ502, КТ3107 с любыми буквами. Конденсаторы С1—С6 могут быть типов КМ-5, КМ-6, К10-23, С7 — К50-24, К50-35, С8 — К73-17. Переменные резисторы R1, R26 — типов СП-04, СП3-38 и др. Трансформатор Т1 намотан на броневого магнитопроводе типа СБ-18а. Обмотки I и II выполнены проводом ПЭТВ-2 0,06 и содержат по 800 витков.

Большая часть элементов синтезатора смонтирована на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной около 1,5 мм (рис. 5.6).

При правильном монтаже цветомузыкальный синтезатор не требует настройки и начинает работать сразу.

## **Цифровой регулятор освещенности**

Устройство, схема которого представлена на рис. 5.7, позволяет плавно и медленно (в течение минут) уменьшать или увеличивать яркость лампы накаливания. Такое устройство может найти применение, например, для создания освещения «искусственные сутки» в аквариуме и в других случаях.

Основу устройства составляет микросхема KP572ПА1А — цифро-аналоговый преобразователь. Ранее его работа рассматривалась применительно к регулятору переменного напряжения (см. рис. 4.27). Из десяти разрядов ЦАП в данной схеме используются восемь разрядов.

Рассмотрим работу устройства. На логических элементах DD3.1, DD3.2 выполнен генератор импульсов с частотой около 0,3 Гц. Импульсы через логический элемент DD2.4 подаются на счетные входы С реверсивных счетчиков DD4, DD5. Работа реверсивного счетчика



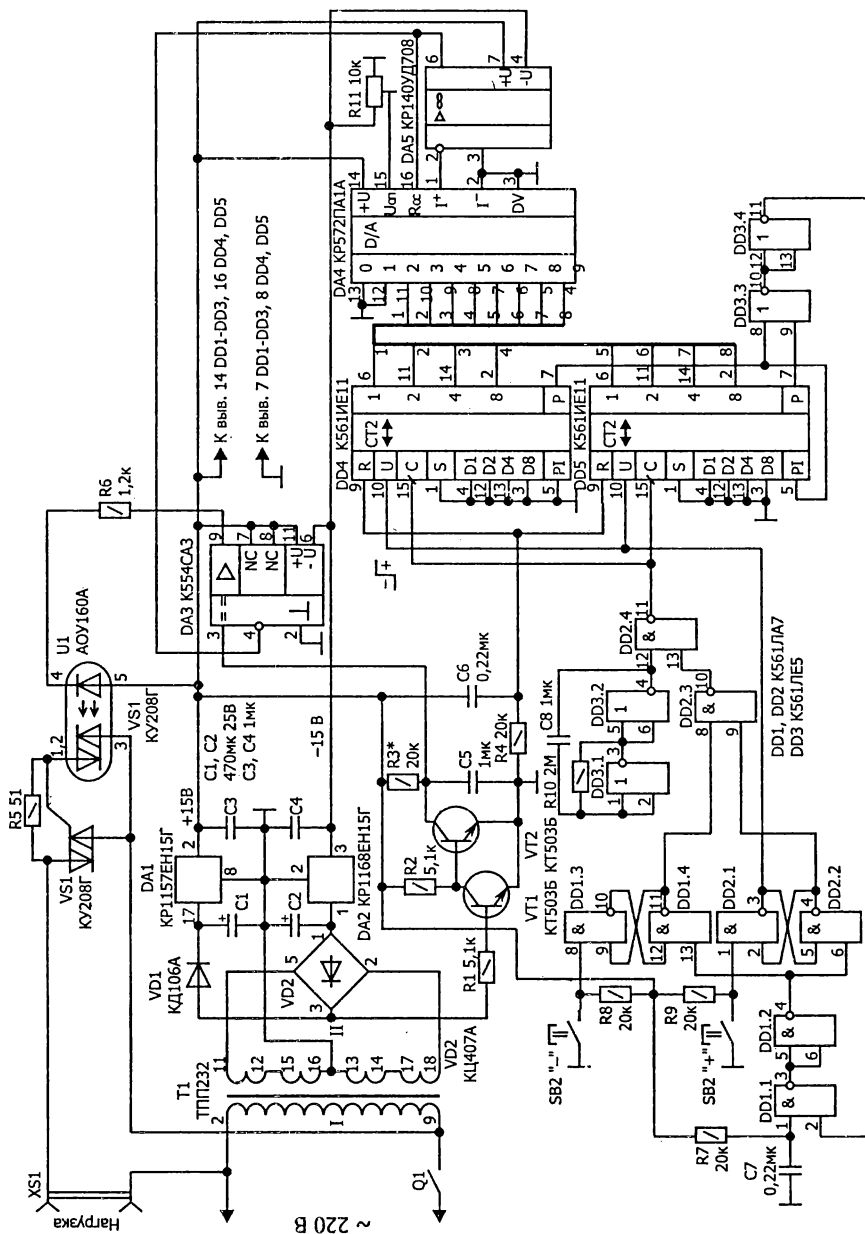


Рис. 5.7. Регулятор освещенности на микросхеме ЦАП

также была описана в упомянутом регуляторе переменного напряжения, и здесь рассматриваться не будет. Выходной сигнал цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), снимаемый с выхода операционного усилителя DA5, подается на инвертирующий вход компаратора DA3. На неинвертирующий вход компаратора поступает сигнал пилообразной формы частотой 100 Гц, снимаемый с коллектора транзистора VT2. Работа формирователя пилообразного напряжения, компаратора и ключа на симисторе подробно уже рассматривались в книге (например, при описании работы *стабилизированного регулятора мощности*, а временные диаграммы приведены на рис. 4.14). Заметим лишь, что увеличение напряжения на выходе DA5 приводит к увеличению продолжительности времени открытого состояния симистора VS1 и, следовательно, к увеличению мощности нагрузки.

После включения устройства в сеть RS-триггеры, собранные на логических элементах DD1.3, DD1.4, DD2.1, DD2.2, установятся цепью сброса C7R7 в исходное состояние, при котором на нижних по схеме выходах триггеров — уровень логической единицы. При этом на выходе элемента DD2.3 — логический 0, и импульсы с выхода генератора не проходят на входы С реверсивных счетчиков, поскольку элемент DD2.2 их не пропускает. Для обеспечения режима плавного увеличения напряжения на нагрузке нажимают кнопку SB2 «+». При этом RS-триггер переключается в противоположное предыдущему состояние, на выходе элемента DD2.2 устанавливается уровень логической 1, и на счетные входы счетчиков DD4, DD5 начинают поступать импульсы. Одновременно на входы U счетчиков, подается уровень логической 1, поэтому счет идет в прямом направлении (то есть число в двоичном коде увеличивается). Напряжение на выходе ЦАП (вывод 6 микросхемы DA5) также увеличивается, скважность импульсов (отношение периода следования импульсов к длительности одного импульса) на выходе компаратора DA3 растет, что приводит к возрастанию напряжения на нагрузке. Емкость реверсивного 8-рядного счетчика DD4DD5 равна  $2^8 = 256$ , поэтому после поступления 256 импульсов на выходах 1, 2, 4, 8 счетчиков будет присутствовать уровень логической 1, а на выходах переноса P — уровень логического 0 (логические уровни на выходах счетчика в режимах прямого и обратного счета приведены в таблице 1.2 данной книги). На выходе логического элемента DD3.4 установится уровень логиче-

ского 0, и через логические элементы DD1.1, DD1.2 RS-триггер DD2.1DD2.2 установится в исходное состояние, а напряжение логической 1 с вывода 4 элемента DD2.2 через элементы DD2.3, DD2.4 блокирует подачу импульсов на входы С счетчиков. При этом напряжение на нагрузке будет максимальным, и устройство будет находиться в режиме ожидания.

Для включения режима плавного снижения напряжения на нагрузке необходимо нажать кнопку SB1 «—». При этом RS-триггер на логических элементах DD1.3, DD1.4 переключится в состояние, противоположное предыдущему — на выводе 11 элемента DD1.4 появится уровень логического 0. На выходе элемента DD2.4 появятся импульсы, но счетчики DD4, DD5 будут работать в режиме обратного счета, поскольку на входах U присутствует напряжение логического 0. Все будет происходить аналогично тому, что было написано выше, но двоичный код на выходах счетчиков будет уменьшаться. Это вызовет плавное уменьшение напряжения на нагрузке. При появлении на выходах 1, 2, 4, 8 счетчиков напряжения логического 0 на выходах переноса Р возникнет также напряжение логического 0, и триггер DD1.3DD1.4 установится в исходное состояние.

При указанной выше частоте генератора продолжительность плавного увеличения (уменьшения) напряжения на нагрузке составляет 12...14 минут.

Источник питания устройства — двухполярный, с обмоткой трансформатора, имеющей среднюю точку, содержит один мостовой выпрямитель VD2 и две микросхемы — стабилизатора напряжения DA1, DA2.

О деталях устройства. Реверсивные счетчики K561IE11 можно заменить на K561IE14. Операционный усилитель DA5 может быть также типов K140УД7, K553УД2, K1401УД1 или другого типа с соответствующей цепью частотной коррекции — если это необходимо. В качестве компаратора напряжения можно использовать, помимо указанной на схеме, также микросхемы K521CA3, K521CA5, K521CA6, K1401CA1 (две последних микросхемы содержит соответственно два и четыре компаратора в одном корпусе). Если не удастся найти микросхемы DA1 и DA2 указанных типов, то стабилизатор напряжения может быть выполнен по схемам, приведенным, например, на рис. 4.13 или 4.15. При замене микросхем следует иметь в виду из-

менение цоколевки. Оптопару АОУ160А можно заменить импортными аналогами МОС3021 или МОС3052. В качестве силового симистора VS1 может быть использован из серий TC112, TC122, TC132, TC142 с допустимым импульсным напряжением в закрытом состоянии не менее 400 В и током в открытом состоянии, соответствующим максимальному току нагрузки. Транзисторы VT1, VT2 — КТ315, КТ503, КТ3117, КТ630, КТ3102 с любыми буквами. Мостовой выпрямитель VD2 может быть также типов КЦ405, КЦ417, КДС628 с любыми буквами. Диод КД106А (VD1) заменим на КД105, КД221, КД226 с любыми буквами. Оксидные конденсаторы C1, C2 — К50-16, К50-35, К50-24; остальные конденсаторы — КМ-6, К10-17, К10-23, К73-17. Все постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, С1-12; подстроечный резистор R11 — СП5-2. Разъем XS1 — двойное гнездо типа РД-1. Выключатель Q1 — тумблер любого типа, например, ТВ1-1 (его контакты должны быть рассчитаны на полный ток нагрузки). Кнопки SB1, SB2 — КМ1-1 или П2К.

Большая часть элементов регулятора освещенности смонтирована на унифицированной печатной плате-слепыше, чертеж которой был представлен на рис. 1.19. Монтаж выполнен проводами.

Настройка устройства состоит в установке движка подстроечного резистора R11 в такое положение, чтобы при полном заполнении счетчиков напряжение на нагрузке было бы максимальным. Строго говоря, напряжение на ползунке подстроечного резистора R11 должно быть равно амплитудному значению пилообразного напряжения — это утверждение следует из логики работы устройства (см. временные диаграммы на рис. 4.14). При необходимости изменить амплитуду пилообразного напряжения можно подборкой резистора R3.

Дальнейшим развитием этого регулятора могло бы послужить введение реле времени в узел подачи счетных импульсов. В этом случае можно создать устройство «искусственные сутки» — с его помощью можно было бы имитировать восход и закат солнца, подбирая необходимые временные параметры. Задатчик временных интервалов целесообразно выполнять на микросхемах типов К176ИЕ5, К176ИЕ12, представляющих собой многозарядные счетчики и предназначенные для использования в электронных часах. При необходимости уменьшить частоту задающего генератора DD3.1DD3.2 на выход генератора следует поставить делитель частоты. Увеличи-

вать емкость конденсатора  $C8$  и сопротивление резистора  $R10$  время-задающей цепи не следует, поскольку работа генератора может стать неустойчивой из-за токов утечки конденсатора, сравнимых с входным током логического элемента.

## 5.2. Схемы и конструкции регуляторов температуры

Известен такой исторический факт. Российский император Николай II, путешествуя в поезде, требовал от приближенных, чтобы в его апартаментах всегда поддерживалась температура  $+16^{\circ}\text{C}$ . Однако в то время (а это было около ста лет назад) технические средства не позволяли поддерживать температуру с такой точностью. Но выход был найден — на стену повесили муляж термометра, который всегда исправно показывал требуемую температуру. Правда это или нет, неизвестно. Но случаи, когда бывает необходимо автоматически поддерживать определенную температуру в замкнутом объеме, встречаются довольно часто. Например, необходимо поддерживать температуру воздуха в жилом помещении или в теплице либо в инкубаторе, температуру воды в системе отопления, температуру в расположенном на балконе термощкафу и пр.

Несмотря на большое разнообразие конструкций терморегуляторов, их принципы действия особым разнообразием не отличаются: терморегулятор обеспечивает либо плавное, либо скачкообразное изменение мощности нагревательного элемента в соответствии с температурой датчика.

В терморегуляторе со скачкообразным изменением мощности в нагрузке нагревательный элемент отключается, как только температура датчика достигает определенного значения, и включается при понижении температуры до ее заданного значения. Нагревательный элемент при этом находится в одном из двух состояний: включен или выключен, поэтому регулятор с таким законом управления часто называют релейным.

На рис. 5.8 представлена схема терморегулятора с релейным включением нагрузки. На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен триггер Шмитта с небольшим гистерезисом, а на элементах

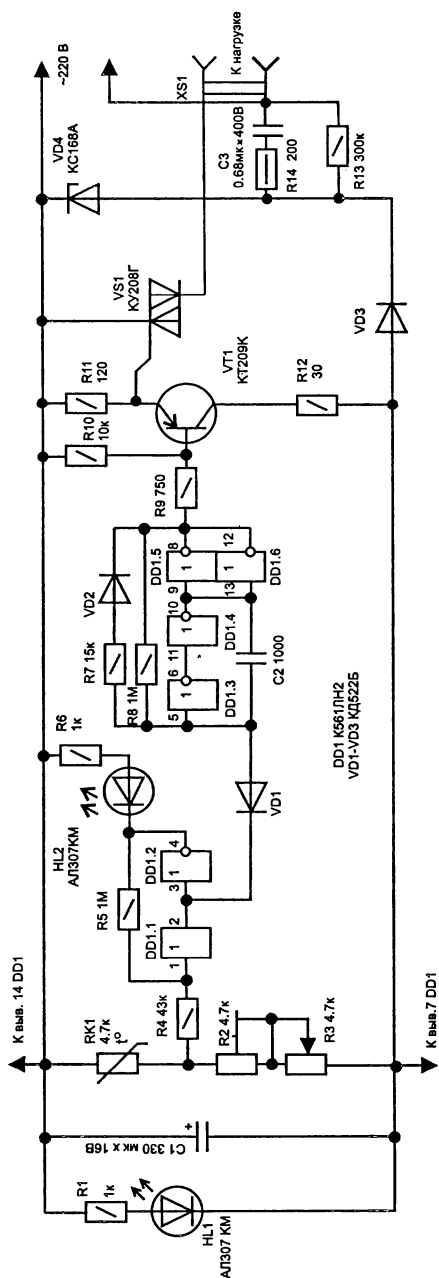


Рис. 5.8. Схема терморегулятора

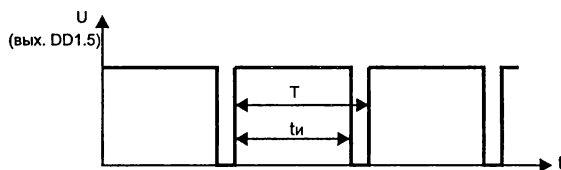


Рис. 5.9. Форма импульсов на выходе генератора

DD1.3—DD1.6 — генератор прямоугольных импульсов, скважность которых близка к 1 (это означает, что большую часть времени в течение периода на выходе генератора имеется напряжение высокого уровня, см. рис. 5.9). Напомним, что скважностью  $Q$  называют отношение периода  $T$  следования импульсов к длительности одного импульса  $t_{и}$ , то есть  $Q = T/t_{и}$ . Импульсы усиливаются по току транзистором VT1 и поступают в цепь управляющего электрода симистора VS1.

Источник питания терморегулятора выполнен по схеме однополупериодного выпрямителя на диоде VD3 с использованием балластного конденсатора C3 для гашения напряжения. Стабилитрон VD4, помимо стабилизации напряжения, выполняет и другую функцию: через него протекает ток перезарядки конденсатора C3 в течение действия полуволны сетевого напряжения, когда диод VD3 закрыт. Резистор R14 ограничивает импульс тока при включении устройства в сеть, когда конденсатор C3 разряжен. Через резистор R13 конденсатор C3 разряжается после выключения устройства из сети. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживаются конденсатором C1. Кроме того, этот конденсатор, накапливая энергию, обеспечивает формирование коротких, но довольно мощных импульсов тока, управляющих симистором.

Датчиком температуры является терморезистор RK1, который имеет отрицательный температурный коэффициент сопротивления (чем больше температура, тем меньше сопротивление датчика). Поэтому если температура среды выше нормы, то сопротивление терморезистора RK1 ниже нормы, напряжение в точке соединения резисторов RK1 и R2 выше нормы, и триггер Шмитта DD1.1DD1.2 находится в состоянии, при котором на выходе логического элемента DD1.1 действует напряжение низкого уровня. Генератор DD1.3—DD1.6 заторможен, на его выходе напряжение высокого уровня, и транзистор

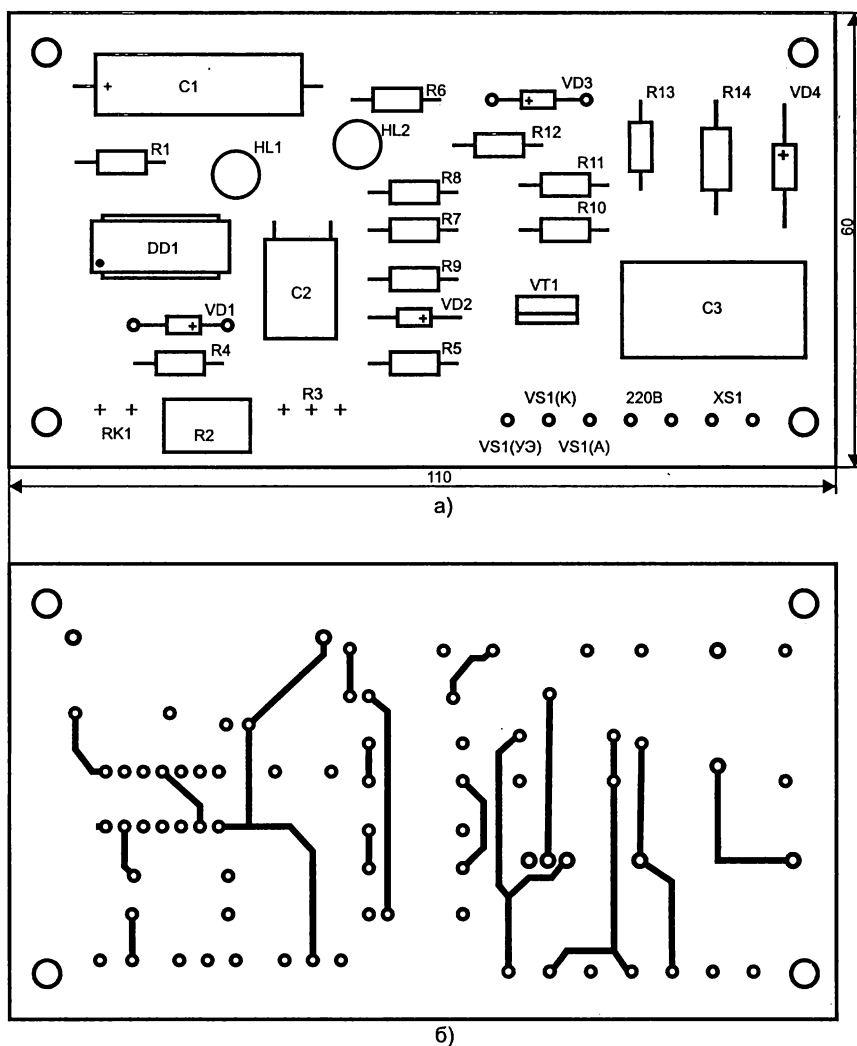


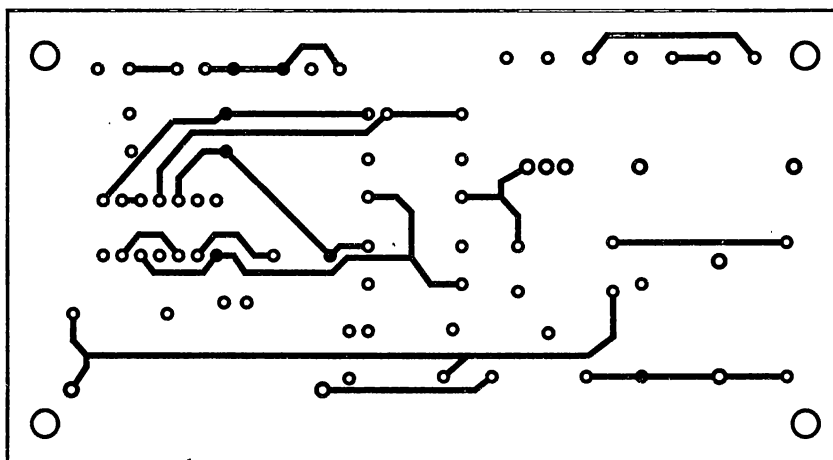
Рис. 5.10. Печатная плата и схема размещения на ней деталей:

а — расположение элементов;

б — вид на печатные проводники со стороны радиоэлементов

VT1 закрыт. Закрыт и симистор VS1, ток через нагрузку не протекает. При снижении температуры ниже установленного значения триггер переключается в противоположное состояние, начинает работать ге-





в)

Продолжение рис. 5.10. Печатная плата и схема размещения на ней деталей:

а — вид печатных проводников со стороны монтажа (сплошными кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропаять с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы)

нератор, и короткие импульсы подаются на управляющий электрод симистора. Поскольку частота импульсов генератора много больше частоты сети (около 1000 Гц), открывание симистора происходит практически в начале каждого полупериода сетевого напряжения, и симистор остается открытым до окончания очередного полупериода. Следовательно, при наличии импульсов на выходе генератора на нагрузку подается полное напряжение сети (за вычетом падения напряжения на открытых  $p-n$ -переходах симистора — не более 2 В).

В терморегуляторе можно в качестве микросхемы DD1 использовать также К561ЛН1 или двухвходовые логические элементы инверторов, у которых входы соединяют вместе. Правда, при этом потребуются два корпуса микросхем. Оставшиеся свободными логические элементы следует соединять параллельно и использовать в выходном каскаде генератора. Транзистор VT1 может быть из серий КТ208, КТ209, КТ501, КТ502 с любыми буквенными индексами. Стабилитрон VD4 может быть любым другим с напряжением стабилизации

6...10 В и током стабилизации не менее 30 мА. Оксидный конденсатор С1 — К50-24, К50-29, К50-35; С2 — К10-7, К10-17, К10-23, КМ-5, КМ-6; С3 — К73-17. Постоянные резисторы — типа МЛТ, С1-12, С2-23; подстроечный резистор R2 — СП5-3 или СПЗ-38; переменный резистор R3 — ППБ, СП-1, СП-0,4, СПЗ-30.

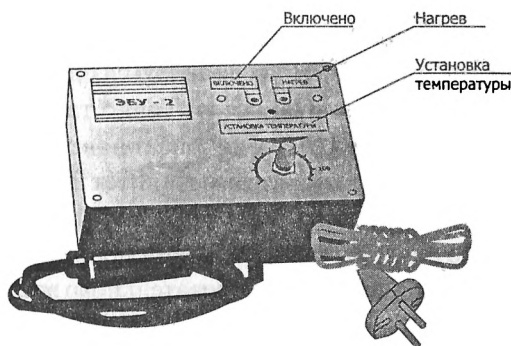


Рис. 5.11. Внешний вид терморегулятора

Терморегулятор смонтирован на печатной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита (рис. 5.10), которая помещена в пластмассовый корпус размерами 155 × 110 × 45 мм (рис. 5.11). На его верхней крышке, выполненной из дюралюминия и окрашенной нитроэмалью, установлены светодиоды HL1, HL2 с надписями «Включено» и «Нагрев», переменный резистор R3 «Установка температуры». Аббревиатура на крышке корпуса «ЭБУ» означает «Электронный блок управления». На боковой стенке корпуса установлен разъем-гнездо XS1 типа РД1-1.

Терморезистор RK1 соединен с печатной платой витой парой проводов и помещен в небольшой пластмассовый корпус с отверстиями. Симистор установлен на охлаждающем радиаторе с поверхностью охлаждения 200 см<sup>2</sup>. В корпусе рядом с радиатором просверлены отверстия для свободной циркуляции воздуха.

Настройка терморегулятора несложная: следует лишь подстроечным резистором R2 установить диапазон регулирования температуры.

Максимальная мощность нагрузки, которая подключается к терморегулятору, не должна превышать 1100 Вт. Авторский экземпляр

терморегулятора эксплуатируется уже восемь лет для поддержания температуры воздуха в термоизоляционном шкафу на балконе и работает вполне надежно.

Точность регулирования температуры определяется не только гистерезисом триггера Шмитта: на точность в большой степени влияют также масса нагревателя и среды (воды и пр.), т. е. инерционность системы. После выключения нагревателя температура окружающей среды некоторое время продолжает увеличиваться благодаря отдаче тепла от нагревателя в окружающую среду. Точно так же и при включении нагревателя температура среды начинает повышаться не сразу, а с некоторой задержкой. Таким образом, возникает погрешность регулирования температуры, которая может достигать нескольких градусов. Избавиться от этого недостатка можно применением терморегулятора с плавным изменением мощности нагревательного элемента.

Терморегулятор с плавным изменением мощности собран по схеме, представленной на рис. 5.12. Датчиком температуры является терморезистор R11, имеющий отрицательный температурный коэффициент сопротивления (другими словами, его сопротивление уменьшается с повышением температуры). Терморезистор является одним из плеч делителя напряжения R11R14, сигнал с выхода которого поступает через резистор R13 на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) (вывод 5 микросхемы DA3). На инвертирующий вход ОУ (вывод 4 микросхемы DA3) через резистор R12 подается задающее напряжение с движка переменного резистора R9. Микросхема DA3 усиливает поданные на ее входы сигналы, причем коэффициент усиления определяется сопротивлениями резисторов R12, R13, R15, R16; если соблюдается пропорция  $R13/R15 = R12/R16$ , то коэффициент усиления  $K$  определяется соотношением  $K = R16/R12$ .

Усиленный сигнал с выхода микросхемы DA3 (вывод 10) поступает через резистор R6 на неинвертирующий вход компаратора (микросхема DA2).

Напомним, что выходной транзистор компаратора открыт (т. е. на выходе при подключенной нагрузке действует напряжение низкого уровня), если напряжение на выводе 4 больше напряжения на выводе 3 микросхемы DA2. При противоположном соотношении напряжений на выходе компаратора будет напряжение высокого уровня.

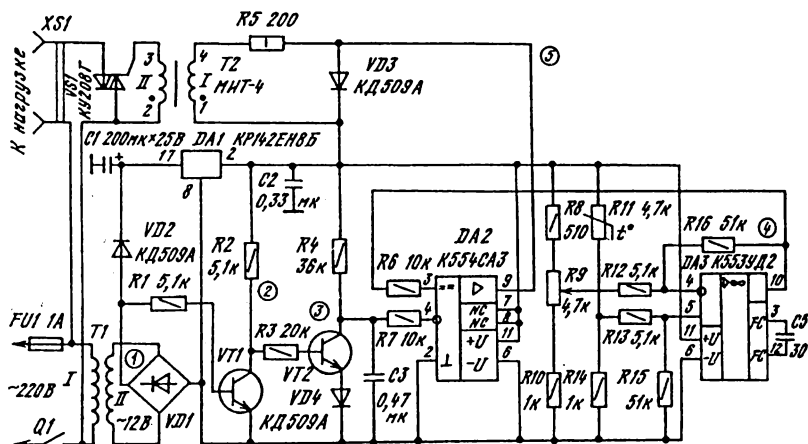


Рис. 5.12. Схема терморегулятора с плавным изменением мощности

На инвертирующий вход компаратора (вывод 4) подается пилообразное напряжение, которое синхронизировано частотой сети и имеет удвоенную частоту сети — 100 Гц. Генератор пилообразного напряжения выполнен на транзисторах VT1, VT2. Напряжение с выпрямительного моста VD1 (рис. 5.13, эпюра 1) поступает на базу транзистора VT1. Большую часть времени транзистор открыт, а в моменты, когда синусоидальное выпрямленное напряжение приближается к нулю, транзистор закрывается. На его коллекторе формируются короткие прямоугольные импульсы (эпюра 2), которые подаются на базу транзистора VT2. Пока напряжение на базе равно нулю, на коллекторе транзистора формируется нарастающее напряжение (конденсатор C3 заряжается через резистор R4). В момент появления положительного импульса на базе транзистора VT2 последний открывается, и напряжение на коллекторе уменьшается почти до нуля (точнее, до напряжения прямого падения на диоде VD4). На эпюре 3 это напряжение показано штриховой линией.

Таким образом, компаратор DA2 производит сравнение пилообразного напряжения и положительного напряжения, снимаемого с выхода микросхемы DA3. На выходе компаратора формируются прямоугольные импульсы (эпюра 5). Нагрузкой компаратора являются резистор R5 и обмотка I трансформатора T2. Дiode VD3 защищает выход компаратора от всплесков напряжения, возникающих на об-

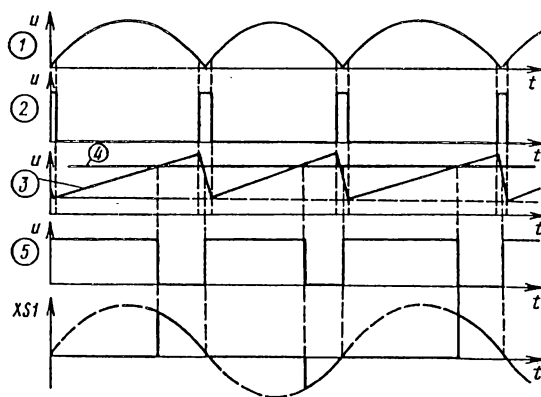


Рис. 5.13. Временные диаграммы работы терморегулятора

мотке I при переключении компаратора. Сигнал с обмотки II трансформатора T2 подается на управляющий переход симистора VS1, в цепь которого включается нагрузка — нагреватель.

В начале работы терморегулятора (после включения в сеть) сопротивление датчика температуры R11 максимально, поскольку температура среды, в которую помещен датчик, минимальна. Следовательно, на неинвертирующий вход микросхемы DA3 подано меньшее напряжение, чем на инвертирующий вход. На выходе операционного усилителя напряжение близко к нулю (поскольку это напряжение не может быть равно нулю, в цепь генератора пилообразного напряжения включен компенсирующий диод VD4; это позволяет открывать симистор VS1 в самом начале полупериода). Следовательно, в начале каждого полупериода симистор будет открываться, подавая энергию в нагрузку. Мощность ее при этом максимальна. По мере повышения температуры среды сопротивление терморезистора R11 уменьшается, а напряжение на неинвертирующем входе операционного усилителя DA3 увеличивается. Как только это напряжение превысит напряжение на выводе 4 микросхемы DA3, начнет увеличиваться выходное напряжение ОУ. При этом изменится скважность выходных импульсов компаратора DA2 (эпюра 5) и уменьшится мощность нагрузки. В установившемся режиме средняя мощность нагревателя будет достаточной для поддержания требуемой температуры, заданной положением движка переменного резистора R9.

В отличие от описанного выше терморегулятора с релейным регулированием в данном устройстве не происходит полное отключение нагрузки, что повышает точность поддержания температуры.

В устройстве применены широко распространенные детали. Микросхему КР142ЕН8Б (DA1) можно заменить стабилизатором, собранным по любой из известных схем и обеспечивающим напряжение 10...12 В при токе не менее 150 мА. Компаратор К554СА3 (DA2) можно заменить на К521СА3; операционный усилитель К553УД2 (DA3) — на К153УД2, К140УД7, КР1401УД708. Транзисторы VT1, VT2 — любые из серий КТ315, КТ503, КТ3117. Выпрямительный мост VD1 — любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407, КЦ417, диоды VD2—VD4 — КД509, КД510, КД521, КД522 с любыми буквами. Конденсатор С1 — типа К50-16, К50-35, С2, С3 — КМ-6, К10-23, С5 — КТ-1, КТ-2, К10-7В. Терморезистор R11 — КМТ, ММТ, СТ1, остальные резисторы — МЛТ. Трансформатор МИТ-4 (Т2) можно заменить на МИТ-10, МИТ-12. Данные самодельного трансформатора: кольцевой магнитопровод М2000НМ, типоразмер К20 × 10 × 6; все обмотки (две или три) выполнены проводом ПЭВ-2 0,31 и содержат по 40...50 витков. Начала обмоток на схеме обозначены точками. Терморегулятор смонтирован на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм (рис. 5.14). Кружками обозначены контактные площадки, в которые следует вставить проводники и пропаять с двух сторон — для обеспечения соединения печатных проводников, расположенных на противоположных сторонах платы.

Для уточнения пределов регулирования температуры следует подобрать сопротивления резисторов R8, R10, R14. При необходимости можно попробовать увеличить точность регулирования увеличением коэффициента усиления усилителя. Для этого сопротивления резисторов R15, R16 можно увеличить до 75...100 кОм.

Если не требуется высокая точность поддержания температуры, то усилитель на базе ОУ DA3 можно исключить. В этом случае резистор R8 заменяют терморезистором, а сигнал с движка переменного резистора подают на левый (по схеме) вывод резистора R6. Элементы R11—R16, С5, DA3 при этом не потребуются.

На рис. 5.15 представлена схема еще одного варианта терморегулятора с плавным изменением мощности нагрузки. Этот, в отличие от предыдущего варианта, не содержит трансформатора.

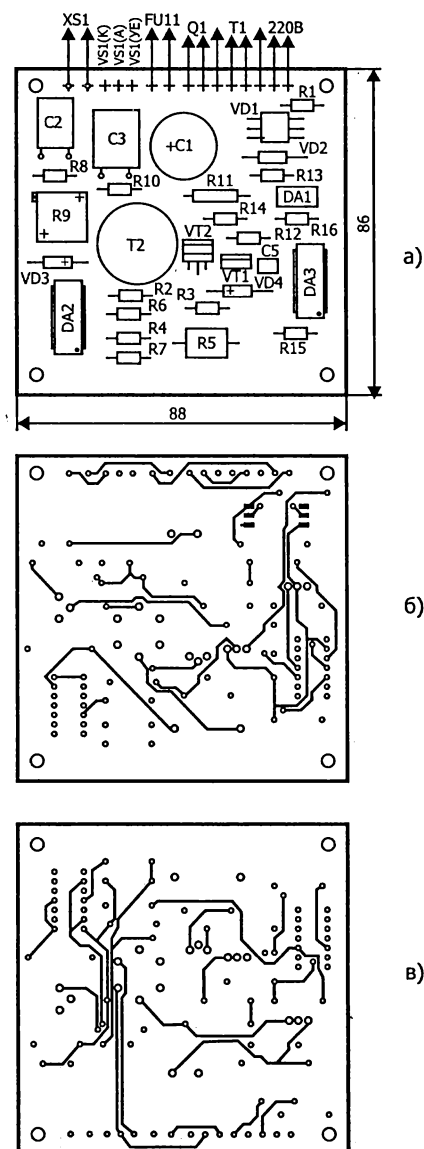


Рис. 5.14. Печатная плата и схема размещения на ней деталей:

а — расположение элементов;

б — вид на печатные проводники со стороны радиоэлементов;

в — вид печатных проводников со стороны монтажа

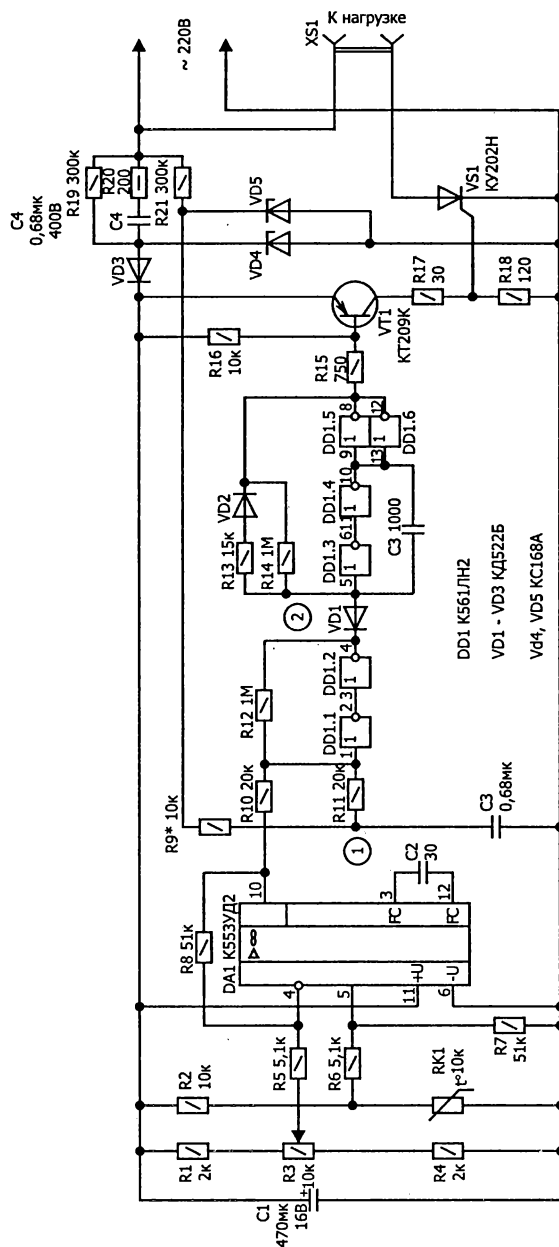


Рис. 5.15. Схема терморегулятора с плавным изменением мощности (II вариант)



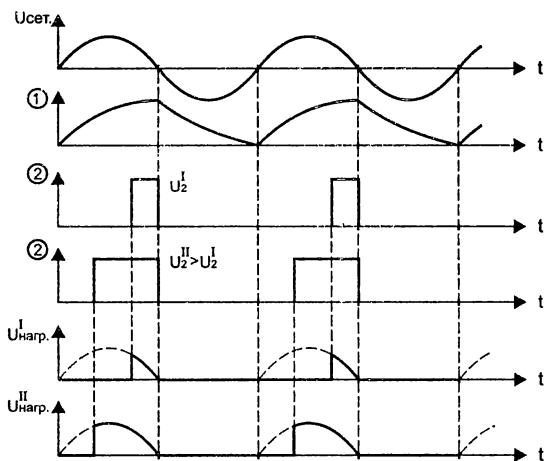


Рис. 5.16. Временные диаграммы работы терморегулятора

На логических элементах DD1.1, DD1.2 выполнен триггер Шмита, на котором происходит сравнение сигнала с выхода операционного усилителя DA1 и напряжения на конденсаторе C3. Напомним, что напряжение на выходе операционного усилителя прямо пропорционально разности напряжений на движке переменного резистора R3 (задающее напряжение) и на терморезисторе RK1.

Как видно из временных диаграмм (рис. 5.16), напряжение на конденсаторе C3 (эюра 1) в течение первого полупериода сетевого напряжения плавно нарастает, а в течение второго полупериода — плавно убывает. С помощью резистора R9 максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор C3, выбирают таким, чтобы при нулевом напряжении на выходе микросхемы DA1 на выходе логического элемента DD1.2 было напряжение низкого уровня. Если на выходе микросхемы DA1 имеется напряжение, отличное от нуля, то на выходе логического элемента DD1.2 появляются импульсы, ширина которых тем больше, чем больше напряжение на выходе операционного усилителя. Это иллюстрируют временные диаграммы. Поскольку возрастание напряжения на выходе операционного усилителя соответствует ситуации, когда температура терморезистора ниже нормы, увеличение в этом случае ширины импульсов при-

водит к увеличению длительности открытого состояния тиристора VS1, управляющего нагрузкой — нагревательным прибором.

Импульсы управления на тиристор подаются с генератора коротких импульсов, выполненного на логических элементах DD1.3—DD1.6, через усилитель тока на транзисторе VT1. Благодаря высокой скважности импульсов, используемых для управления симистором, удалось обеспечить достаточный для открывания симистора импульсный ток управляющего электрода (около 200 мА) при относительно небольшом среднем токе через резистор R17 — около 3...4 мА. Именно это и позволило выполнить источник питания устройства по бестрансформаторной схеме.

Излишнее напряжение сети гасится балластным конденсатором C4. Напряжение питания микросхем стабилизировано стабилитроном VD4. Стабилитрон VD5 ограничивает напряжение на конденсаторе C3.

Следует заметить, что тиристор VS1 управляется только в течение положительного полупериода сетевого напряжения, а в течение отрицательного полупериода он закрыт, т. е. нагрузка питается однополупериодным напряжением.

Выбор деталей терморегулятора не должен вызвать затруднений, поскольку ранее были описаны аналогичные схемные решения.

### 5.3. Источник бесперебойного питания

Источники бесперебойного питания (ИБП) получили широкое распространение в связи с широким внедрением электронной техники во все сферы промышленности и быта. Так, например, отключение миниАТС в момент телефонного разговора приведет к разрыву соединения и, возможно, к потере важной информации или выгодного заказчика. Сбой компьютера из-за пропадания напряжения в питающей сети может привести к утрате значительных объемов важной информации. Да и невозможность досмотреть по телевизору понравившуюся передачу может сильно испортить настроение.

Устройство, описание которого приведено ниже, позволяет при пропадании сетевого напряжения автоматически обеспечить питание электроприборов от аккумулятора напряжением 12 В. Продолжительность питания в аварийном режиме определяется емкостью аккумуля-

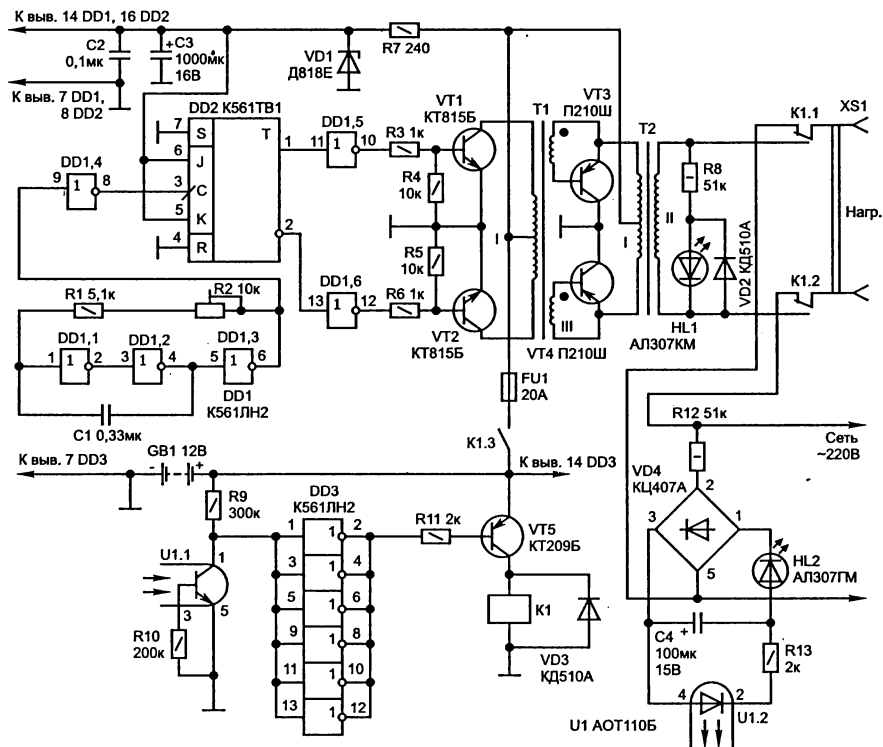


Рис. 5.17. Принципиальная схема источника бесперебойного питания

торной батареи и может достигать нескольких часов. Суммарная мощность потребителей не должна превышать 200 Вт. Форма напряжения — прямоугольные импульсы (меандр), их частота — 50 Гц.

Источник бесперебойного питания собран по схеме, представленной на рис. 5.17.

На мостовом выпрямителе VD4 и транзисторной оптопаре U1 выполнен датчик напряжения сети. Пока в сети имеется напряжение, через светодиод оптопары протекает ток, фототранзистор оптопары открыт, и на входах инверторов микросхемы DD3 действует напряжение низкого уровня. На выходах инверторов при этом имеется напряжение высокого уровня, близкое к напряжению источника пита-

ния — аккумуляторной батареи GB1. Поскольку на базе и эмиттере транзистора VT5 действуют одинаковые потенциалы, транзистор закрыт, реле K1 обесточено. Через нормально замкнутые контакты реле K1.1 и K1.2 питание нагрузки, подключенной к гнездам разъема XS1, осуществляется непосредственно от сети. Об этом свидетельствует свечение светодиода HL2 зеленого цвета.

Часть схемы, расположенная выше контактов реле K1.3, относится к собственно преобразователю постоянного напряжения 12 В в переменное 220 В.

На логических элементах DD1.1—DD1.3 микросхемы DD1 выполнен генератор, вырабатывающий прямоугольные импульсы частотой 100 Гц. Через буферный элемент DD1.4 импульсы поступают на счетный вход С JK-триггера DD2. Для обеспечения счетного режима работы на информационные входы J и K триггера подано напряжение логической 1, а на установочные входы R и S — напряжение логического 0. На прямом и инверсном выходах триггера импульсы следуют с частотой 50 Гц, причем фазы импульсов противоположны (отличаются на 180°). Необходимость использования триггера вызвана тем, что на его выходах импульсы имеют форму идеального меандра, т. е. абсолютно симметричны (скважность равна 2).

С прямого и инверсного выходов триггера импульсы поступают на буферные логические элементы DD1.5, DD1.6, которые усиливают их по току, и затем подаются через резисторы R3, R6 на базы транзисторов VT1, VT2. В коллекторные цепи указанных транзисторов включены половины обмотки I трансформатора T1. С обмоток II, III трансформатора T1 прямоугольные импульсы поступают на базы транзисторов VT3, VT4. Эти транзисторы, работающие в ключевом режиме, поочередно подают питающее напряжение на половины обмотки I трансформатора T1. Полуобмотки трансформатора включены в эмиттерные цепи транзисторов, а не в коллекторные; это сделано для того, чтобы транзисторы VT3, VT4, у которых с корпусом соединен коллектор, можно было бы установить на общем радиаторе без электрической изоляции корпусов транзисторов. Следует заметить, что в данном случае полуобмотки трансформатора T1 с равным успехом (с точки зрения схемотехники) могли бы быть включены и в коллекторные цепи транзисторов. С обмотки II трансформатора T2 снимают напряжение 220 В частотой 50 Гц, которое используют для

питания электроприборов. Отличие формы напряжения от синусоидальной практически не влияет на работу электроприборов. Коэффициент трансформации трансформатора Т2 (отношение чисел витков обмотки II и половины обмотки I) равен  $220/12 \approx 18,3$ .

Микросхемы DD1, DD2, питаются от параметрического стабилизатора напряжения, выполненного на стабилитроне VD1 и резисторе R7. Стабилизация напряжения необходима для того, чтобы обеспечить постоянство частоты генератора при изменении напряжения аккумулятора. Конденсатор C3 сглаживает пульсации напряжения частотой 50 Гц, образующиеся во время работы преобразователя. Конденсатор C2 шунтирует высокочастотные случайные помехи, которые могут повлиять на нормальную работу триггера. Светодиод HL1 (красного цвета свечения) индицирует наличие высокого напряжения на вторичной обмотке трансформатора Т2. Диод VD2 предохраняет светодиод от воздействия на него обратного напряжения. Свечение этого светодиода показывает, что питание аппаратуры производится не от сети, а от ИБП.

Преобразователь напряжения подключается к аккумуляторной батарее GB1 контактами реле K1.3 при пропадании сетевого напряжения, которое приводит к закрыванию фототранзистора оптопары U1 и срабатыванию электромагнитного реле K1. Одновременно с замыканием контактов K1.3 контакты K1.1 и K1.2 переключаются в противоположное показанному на схеме положение и подключают нагрузку к выходу преобразователя напряжения.

Диод VD3 защищает транзистор VT5 от выбросов напряжения самоиндукции, образующихся на обмотке реле K1 при его отключении. Конденсатор C4 и резистор R13 образуют фильтр, который сглаживает пульсации тока, протекающего через светодиод оптопары U1 и тем самым исключают ложное срабатывание реле K1 от коротких импульсных помех в сети.

О деталях устройства. Вместо микросхем серии K561 можно применить микросхемы серий 564, KP1561. Транзисторы VT1, VT2 могут быть любыми из серий KT815, KT817, KT630; VT3, VT4 — П210 с любыми буквами, а также ГТ804, 1Т806, ГТ806, ГТ810, 1Т813, ГТ906 с любыми буквенными индексами. Применение в качестве VT3, VT4 кремниевых транзисторов нежелательно, поскольку они характеризуются большим, чем у германиевых, падением напряжения на перехо-

дах в состоянии насыщения, что приводит к значительным тепловым потерям и снижает коэффициент полезного действия устройства. Транзистор VT5 может быть любым из серий КТ209, КТ501, КТ639, КТ644, КТ814. Главное требование к этому транзистору — максимальный ток коллектора должен быть не менее 250 мА (такую величину имеет ток срабатывания реле К1). Стабилитрон VD1 заменим на Д814Б, однако температурная стабильность напряжения у него несколько ниже. Дiode VD2 может быть абсолютно любым. Конденсатор C1 должен обладать небольшим температурным коэффициентом емкости, поскольку от него зависит стабильность частоты генератора. Этому условию удовлетворяют пленочные конденсаторы типов К73-17, К73-24. Конденсатор C2 — типа К10-17, КМ-5, КМ-6. Оксидные конденсаторы C3, C4 — К50-16, К50-24, К50-35. Подстроечный резистор R2 — типа СП5-2, СП3-14; остальные резисторы — С1-12, С2-23 или МЛТ. Реле К1 — зарубежного производства, типа JQX-38FA, имеющее три группы переключающих контактов, рассчитанных на ток 40 А, и сопротивлением обмотки 50 Ом. Гнездо XS1 — типа РД1. Трансформатор Т1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ12×20. Обмотка I содержит 500 витков провода ПЭТВ-2 0,21 с отводом от середины; обмотки II и III — по 30 витков провода ПЭТВ-2 0,4. Одноименные выводы обмоток II и III должны быть помечены (на схеме показаны точками). Трансформатор Т2 выполнен на магнитопроводе ШЛ32×32. Его обмотка I содержит 96 витков провода ПЭТВ-2 2,5 с отводом от середины; обмотка II — 920 витков провода ПЭТВ-2 0,56.

В качестве аккумуляторной батареи GB1 может быть использована автомобильная напряжением 12 В, например, 6СТ60. От емкости этой батареи зависит время непрерывной работы преобразователя на нагрузку.

Конструкция устройства произвольная. Транзисторы VT3, VT4 должны быть установлены на теплоотводящий радиатор площадью около 300 см<sup>2</sup>. Цепи, соединяющие аккумуляторную батарею, мощные транзисторы, трансформатор Т2, должны быть выполнены проводами сечением не менее 4 мм<sup>2</sup>.

Настройка устройства состоит в установлении подстроечным резистором R2 частоты генератора, равной 100 Гц.

# Приложения

## Приложение 1 Особенности измерения переменных напряжений и токов

В радиолюбительской практике приходится сталкиваться с необходимостью измерения переменных напряжений и токов не только синусоидальной формы, но и сигналов другой формы: прямоугольных импульсов, выходных напряжений одно- и двухполупериодных выпрямителей, выходных напряжений тиристорных регуляторов и пр. Форма сигнала существенно влияет на показания измерительного прибора. Дело в том, что шкалы большинства вольтметров переменного напряжения (как цифровых, так и стрелочных) градуируются в действующих значениях переменного напряжения. При этом в большинстве таких приборов в основу измерения переменного напряжения (или тока) положен способ измерения среднев्यпрямленного значения напряжения или тока.

Прежде чем перейти к дальнейшему освещению этого вопроса, дадим некоторые определения. Переменное напряжение характеризуется следующими основными параметрами: амплитудным (пиковым) значением  $U_a$ , средним значением  $U_{cp}$ , среднев्यпрямленным значением  $U_{срв}$ , действующим (среднеквадратическим, эффективным) значением  $U_d$ .

*Амплитудное значение* — это наибольшее или наименьшее за период значение величины.

*Среднее значение за период* — это среднеинтегральное за период значение величины, которое математически может быть определено следующим образом:

$$U_{cp} = \int_0^T U(t) dt / T,$$

где  $U(t)$  — мгновенное значение напряжения.

Для двухполярных напряжений, форма которых симметрична относительно горизонтальной оси (например, для синусоидального)  $U_{\text{ср}} = 0$ . Часто говорят также, что среднее значение напряжения — это его постоянная составляющая. Очевидно, что для синусоидального симметричного напряжения постоянная составляющая равна нулю. Именно поэтому вольтметр постоянного напряжения, включенный для измерения такого напряжения, покажет нулевое значение. Это связано с тем, что любой вольтметр постоянного тока представляет собой выпрямитель с инерционным элементом. В стрелочных приборах функцию инерционного элемента выполняет магнитоэлектрический прибор; в цифровых вольтметрах такую функцию выполняет либо фильтр нижних частот, образованный резистором и конденсатором, либо усреднение производится самим аналого-цифровым преобразователем измерительного прибора.

*Средневыпрямленное значение за период* — это среднеинтегральное за период значение модуля величины, которое математически может быть определено по формуле:

$$U_{\text{ср}} = \int_0^T |U(t)| dt / T.$$

Эту величину несложно измерить, применив двухполупериодный выпрямитель. Эта величина характеризует перенос заряда электрическим током и геометрически равна высоте прямоугольника, у которого основание равно длине одного полупериода, а площадь прямоугольника равна площади под одной полуволной синусоиды.

*Действующим (среднеквадратическим, эффективным)* значением переменной величины называют такое постоянное значение этой величины, которое производит такое же тепловое действие, как и переменная величина. Поскольку тепловое действие электрического тока пропорционально квадрату тока (или напряжения), действующее значение можно определить как корень квадратный из среднего за период квадрата мгновенного значения величины, т. е.

$$U_{\text{д}} = \sqrt{\left( \int_0^T U^2(t) dt \right) / T}.$$



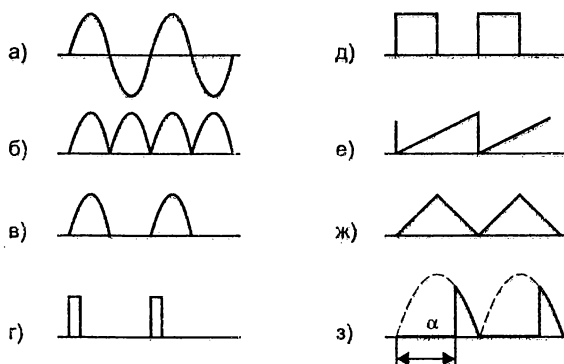


Рис. 6.1. Формы наиболее распространенных электрических сигналов

Все вышеуказанные значения напряжений связаны между собой коэффициентами амплитуды  $K_a$  и формы  $K_\phi$ . При этом  $K_a = U_a / U_d$ ,  $K_\phi = U_d / U_{срв}$ . Иногда для удобства расчетов вводят коэффициент усреднения  $K_y = K_a K_\phi = U_a / U_{срв}$ . Эти коэффициенты позволяют определять любой параметр переменного напряжения, если известны форма напряжения и один из его параметров.

Формы и параметры наиболее часто встречающиеся в практике радиолюбителя электрических сигналов различной формы показаны на рис. 6.1 и в табл. 6.1 [26].

Таблица 6.1

Рисунок 6.1	Название формы напряжения	$K_a$	$K_\phi$	$K_y$
а	Синусоидальное	1,41	1,11	1,57
б	Синусоидальное после двухполупериодного выпрямления	1,41	1,11	1,57
в	Синусоидальное после однополупериодного выпрямления	2	1,57	3,14
г	Последовательность импульсов скважности $Q$	$\sqrt{Q}$	$\sqrt{Q}$	$Q$
д	Последовательность импульсов «Меандр» ( $Q = 2$ )	1,41	1,41	2
е	Пилообразные импульсы	1,73	1,15	2
ж	Треугольные импульсы	1,73	1,15	2

Напомним, что скважностью  $Q$  импульсов называют отношение периода следования импульсов к длительности одного импульса.

Особый интерес представляет измерение выходного напряжения регулятора с фазоимпульсным управлением (рис. 6.1, з). Его форма характеризуется углом  $\alpha$  включения коммутирующего элемента (обычно это триодный или симметричный тиристор). Значение угла  $\alpha$  может находиться в пределах от 0 до  $180^\circ$ . Коэффициенты формы и амплитуды являются функциями этого угла:

$$K_{\phi} = (\pi/\sqrt{2})\sqrt{(1 - \alpha/\pi + \sin 2\alpha/2\pi)/(1 + \cos \alpha)}$$

$$K_a = \sqrt{2}/\sqrt{(1 - \alpha/\pi + \sin 2\alpha/2\pi)}$$

при  $0 < \alpha < 90^\circ$  и

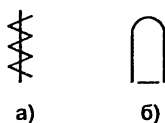
$$K_a = \sqrt{2} \cdot \sin \alpha / \sqrt{(1 - \alpha/\pi + \sin 2\alpha/2\pi)}$$

при  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ .

В данных формулах значение угла  $\alpha$  измеряется в радианах (напомним, что один радиан равен примерно  $57,3^\circ$ ). Для удобства расчетов в приведенной ниже табл. 6.2 даны значения  $K_{\phi}$ ,  $K_a$  и  $K_y$  для различных значений угла  $\alpha$ , измеренного в градусах.

**Таблица 6.2**

$\alpha$	$K_{\phi}$	$K_a$	$K_y = K_{\phi} \cdot K_a$	$\alpha$	$K_{\phi}$	$K_a$	$K_y = K_{\phi} \cdot K_a$
0	1,11	1,41	1,57	105	1,74	2,35	4,1
5	1,11	1,41	1,57	120	1,96	2,77	5,43
10	1,12	1,41	1,58	135	2,29	3,32	7,60
15	1,13	1,42	1,60	150	2,82	4,16	11,7
30	1,17	1,44	1,68	165	4,0	5,97	23,9
45	1,24	1,48	1,84	170	4,9	7,32	35,9
60	1,33	1,58	2,10	175	6,97	10,3	71,8
75	1,44	1,74	2,51	178	12,2	14,6	178
90	1,57	2,0	3,14	180	$\infty$	0	неопр-сть



**Рис. 6.2.** Условные обозначения на шкалах приборов:

*а* — электромагнитной системы; *б* — магнитоэлектрической системы

Из таблицы хорошо видно, что с увеличением угла значения  $K_{\phi}$  и  $K_a$  все более и более отклоняются от значений, приведенных в табл. 6.1 для синусоидального напряжения (1,11 и 1,41 соответственно).

Теперь несколько слов о методике измерения переменных напряжений. В радиолюбительской практике возникает необходимость измерить действующее или среднее (средневыпрямленное), реже — амплитудное (пиковое) значения напряжений.

Приборы для измерения переменных напряжений отличаются принципом действия. Так, в приборах *электромагнитной системы* отклонение стрелки пропорционально действующему значению переменного напряжения или тока. При этом форма напряжения значения не имеет. Следовательно, для измерения действующих значений переменного напряжения произвольной формы желательно применять приборы электромагнитной системы. На шкалы таких приборов наносится соответствующий знак (рис. 6.2, *а*). Приборы *магнитоэлектрической системы* реагируют на средневыпрямленное значение измеряемой величины и имеют на шкалах знак, показанный на рис. 6.2, *б*. Такие приборы весьма широко распространены и на их основе изготавливается подавляющее большинство авометров (тестеров). Практически все цифровые авометры широкого применения также реагируют на средневыпрямленное значение измеряемой величины. Отсюда следует, что для измерения средневыпрямленных значений переменных величин желательно применять именно такие приборы, поскольку форма сигнала на показания прибора не влияет.

Шкалы всех вольтметров, независимо от принципа действия прибора, градуируются в действующих значениях синусоидального напряжения. Это объясняется тем, что эти вольтметры чаще всего применяются для измерения синусоидальных напряжений как наиболее часто встречающихся в практике. Поэтому, если измеряется синусоидальное напряжение, прибор показывает значение  $U_d$ . Если же форма

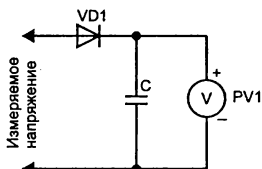


Рис. 6.3. Пиковый вольтметр

напряжения отличается от синусоидальной, потребуется пересчет показаний с учетом коэффициентов формы и амплитуды. Исключение составляют пиковые вольтметры, шкалы которых градуируются в амплитудных значениях  $U_a$ . При отсутствии такого вольтметра его несложно сделать самостоятельно, добавив к вольтметру постоянного тока диодный выпрямитель и конденсатор (рис. 6.3).

С учетом вышеизложенного последовательность измерений переменной величины может быть следующей.

1. С помощью осциллографа определяется форма измеряемого сигнала и по таблицам 11, 12 определяются коэффициенты формы и амплитуды. Для выходного напряжения фазоимпульсного (рис. 6.1, з) регулятора необходимо определить угол включения  $\alpha$ , который приблизительно можно оценить осциллографом.

2. Выясняют принцип действия измерительного прибора и в каких значениях проградуирована его шкала.

3. Считывают показания со шкалы прибора и корректируют их с учетом  $K_a$  и  $K_\phi$ .

Рассмотрим примеры.

*Пример 1.* Измеряется синусоидальное напряжение вольтметром переменного тока магнитоэлектрической системы. Шкала отградуирована в действующих значениях. Показание вольтметра равно 100 В. Из табл. 6.1 определяем  $K_a = 1,41$  и  $K_\phi = 1,11$ . По формулам  $K_a = U_a / U_d$ ,  $K_\phi = U_d / U_{срв}$  вычисляем: амплитудное значение напряжения  $U_a = K_a \cdot U_d = 1,41 \cdot 100 = 141$  (В) и средневывпрямленное значение  $U_{срв} = U_d / K_\phi = 100 / 1,11 = 90$  (В).

*Пример 2.* Цифровым вольтметром постоянного тока, у которого измерительный узел реагирует на средневывпрямленное значение напряжения, измеряется напряжение на выходе двухполупериодного выпрямителя (рис. 6.1, б). Прибор показывает 50 В. Из табл. 6.1 определяем коэффициенты формы и амплитуды для измеряемого двухполупериодного напряжения:  $K_a = 1,41$  и  $K_\phi = 1,11$ . Находим действующее значение измеряемого напряжения  $U_d = K_\phi \cdot U_{срв} = 1,11 \cdot 50 = 55,5$  (В), а затем амплитудное значение  $U_a = K_a \cdot U_d = 1,41 \cdot 55,5 = 78,3$  (В). Чтобы убе-

даться в правильности расчетов, понадобятся квадратичный вольтметр и осциллограф (или пиковый вольтметр). Подключенный ко входу двухполупериодного выпрямителя квадратичный вольтметр должен показать 55,5 В. Определенная по изображению на экране осциллографа амплитуда напряжения должна составить примерно 78,3 В. При отсутствии осциллографа можно измерить амплитудное значение напряжения пиковым вольтметром, воспользовавшись приведенной на рис. 6.3 схемой. Показание вольтметра в этом случае также должно составить 78,3 В.

Если переменное напряжение той же величины (55,5 В действующего значения) будет подано на однополупериодный выпрямитель, то подключенный к нагрузке вольтметр постоянного тока покажет вдвое меньшее, по сравнению с предыдущим случаем, значение — 25 В.

*Пример 3.* Используется тот же вольтметр, что и в примере 2. Измеряемое напряжение имеет форму, показанную на рис. 6.1, з. Угол  $\alpha = 90^\circ$  (определен с помощью осциллографа). Показание вольтметра равно 40 В, то есть  $U_{срв} = 40$  В. Из табл. 6.2 определяем коэффициенты формы и амплитуды для измеряемого напряжения для указанного угла  $\alpha$ :  $K_a = 2,0$  и  $K_\phi = 1,57$ . Находим действующее значение измеряемого напряжения  $U_d = K_\phi \cdot U_{срв} = 1,57 \cdot 40 = 62,8$  (В), а затем амплитудное значение  $U_a = K_a \cdot U_d = 2 \cdot 62,8 = 125,6$  (В).

*Пример 4.* Измеряемое напряжение имеет форму, аналогичную показанной на рис. 6.1, з, но вторая полуволна имеет отрицательную полярность (то есть речь идет о переменном напряжении). Фазовый угол  $\alpha = 90^\circ$  (определен с помощью осциллографа). Для измерения переменного напряжения используется квадратичный вольтметр, шкала которого проградуирована в действующих значениях напряжения. Вольтметр показывает 62,8 В. Следовательно, действующее значение напряжения и составляет эти самые 62,8 В. Из табл. 6.2 определяем коэффициенты формы и амплитуды измеряемого напряжения для указанного угла  $\alpha$ :  $K_a = 2,0$ ,  $K_\phi = 1,57$ . Находим среднев्यпрямленное значение измеряемого напряжения  $U_{срв} = U_d / K_\phi = 62,8 : 1,57 = 40$  (В), а затем амплитудное значение  $U_a = K_a \cdot U_d = 2,0 \cdot 62,8 = 125,6$  (В).

Как видим, в двух последних примерах напряжение было измерено вольтметрами разного принципа действия, но результаты оказались одинаковыми. Это подтверждает правильность измерений и

расчетов, а также свидетельствует о том, что средневыпрямленное и действующее значения переменного напряжения не зависят от знака этого напряжения.

Исходя из рассмотренных выше примеров, можно сформулировать последовательность действий по измерению переменных напряжений:

1) Зная принцип действия прибора и способ градуировки шкалы прибора, вычисляется значение той величины, на которую непосредственно реагирует измерительный узел прибора (для квадратичного вольтметра — действующее значение напряжения, для вольтметра на базе прибора магнитоэлектрической системы — средневыпрямленное значение и т. п.).

2) Зная форму сигнала, по таблице определяются коэффициенты формы и напряжения.

3) Вычисляются искомые значения напряжения.

Все, что было сказано выше относительно измерения напряжений, в полной мере может быть применено и к измерению переменных токов. Однако далеко не все ампервольтметры (тестеры) широкого применения имеют предел измерения переменного тока, а если таковой предел имеется, то максимальное значение тока не превышает обычно 10 А. Казалось бы, можно использовать режим измерения постоянного тока (имеется в каждом ампервольтметре) и, добавив мостовой выпрямитель, измерять переменный ток. Однако при этом на диодах выпрямителя будет выделяться значительная мощность, а падение напряжения на измерительной цепи значительно возрастет (до 2...3 В), что может привести к снижению точности измерений за счет влияния измерительной цепи на работу устройства.

На рис. 6.4 представлена схема узла для измерения переменного тока, точнее — для преобразования значения переменного тока в значение средневыпрямленного напряжения.

Обмотка I трансформатора тока Т1 включается в цепь нагрузки последовательно с ней. Сигнал с обмотки II трансформатора тока подается на инвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) DA1.1. Поскольку усилитель охвачен отрицательной обратной связью через резистор R1, а неинвертирующий вход операционного усилителя соединен с общим проводом, напряжение на инверти-

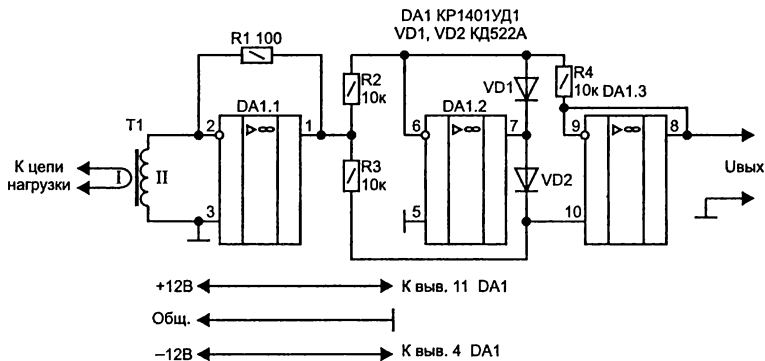


Рис. 6.4. Схема измерительного преобразователя переменного тока

рующем входе ОУ равно нулю. Следовательно, напряжение на выводах обмотки II трансформатора T1 также равно нулю, что и требуется для работы трансформатора в режиме измерения тока. Напряжение на выходе ОУ DA1.1 может быть вычислено по формуле  $U_{DA1.1} = I_n \cdot R1/K_{тр}$ , где  $K_{тр}$  — коэффициент трансформации, равный отношению числа витков в обмотке II к числу витков в обмотке I.

На операционных усилителях DA1.2 и DA1.3 выполнен выпрямитель среднего значения. Работает он следующим образом. Когда входное напряжение  $U_{вх}$  (приложено к точке соединения резисторов R2 и R3) положительно, оно через резистор R3 поступает на вход повторителя, выполненного на ОУ DA1.3. Таким образом, на выходе выпрямителя (выход ОУ DA1.3)  $U_{вых} = U_{вх}$ . При отрицательном входном напряжении диод VD2 открывается, и повторитель оказывается подключенным к выходу ОУ DA1.2. Отрицательная обратная связь в этом случае замыкается через резистор R4, и выходное напряжение равно  $U_{вых} = -U_{вх} R4/R2$ . Если  $R4 = R2$ , то в целом для рассматриваемого выпрямителя получим  $U_{вых} = |U_{вх}|$ . За счет применения диодов VD1, VD2 в цепи обратной связи величина прямого падения напряжения на диодах не оказывает влияния на точность преобразования, и такой выпрямитель работоспособен при входном напряжении в тысячные доли вольта.

Трансформатор тока T1 намотан на кольцевом магнитопроводе, выполненном из трансформаторной стали, типоразмера К50×32×16. Обмотка II содержит 300...1000 витков провода ПЭВ-2 0,11. Один из

проводов, питающих нагрузку, следует поместить в окно кольцевого магнитопровода — в этом случае этот провод будет выполнять роль обмотки I, состоящей из одного витка. Число витков обмотки II выбирается в указанных пределах исходя из требуемого коэффициента трансформации.

Достоинством вышеописанного измерителя тока является отсутствие гальванической связи измерительной цепи с нагрузкой, а также полное исключение влияния измерительной цепи на работу нагрузки (поскольку измерительная цепь не создает падения напряжения в цепи нагрузки). Таким измерителем можно измерять токи до 50 А. При необходимости измерения больших токов следует увеличить размер магнитопровода — во избежание его насыщения.

## **Приложение 2**

### **Выбор и возможная замена элементов**

Приступая к изготовлению того или иного электронного устройства, радиолюбитель прежде всего оценивает свои возможности с точки зрения наличия у него необходимых элементов и, если надо, приступает к поискам недостающих деталей. Однако, прежде чем заняться приобретением элементов, целесообразно составить перечень всех возможных замен и еще раз оценить свои возможности.

Не следует догматически подходить к использованию обязательно тех типов элементов, о которых говорится в описании конструкции. Обычно автор указывает те типы элементов, которые оказались у него в наличии и которые он применил в устройстве. В подавляющем же большинстве случаев можно предложить ряд аналогов, которые в будущем будут работать не хуже рекомендуемых.

При замене элементов следует руководствоваться соответствием параметров вновь предлагаемых элементов тем требованиям, которые предъявляют к ним. Обычно достаточно обеспечить такое соответствие всего лишь для двух-трех основных параметров элемента. При поиске возможных замен следует пользоваться данными справочной литературы, список которой приведен в конце книги.

Для резисторов определяющими являются два параметра: номинальное сопротивление и рассеиваемая мощность. В устройствах,



описанных в данной книге, во всех случаях (если иное не оговорено особо) допускается отклонение сопротивлений резисторов от их номинальных значений, указанных на принципиальных схемах, в ту или иную сторону на 10...20%.

Номинальную мощность резистора выбирают, исходя из рассеиваемой на нем мощности  $P$ , которую можно подсчитать по формуле  $P = U^2/R$ , где  $U$  — действующее значение напряжения на резисторе;  $R$  — сопротивление резистора. Мощность большей части резисторов, использованных в описанных конструкциях, составляет 0,25 Вт. Вместо них можно также применять резисторы мощностью 0,125 Вт. Однако в ряде случаев, главным образом в цепях питания, необходимо ставить резисторы большей мощности. Вообще же должен быть некоторый запас по этому параметру, чтобы не допускать нагревания корпуса резистора до высокой температуры, что может вызвать деформацию пластмассового корпуса устройства.

При замене конденсаторов следует обращать внимание на их тип, емкость и номинальное напряжение. Практически во всех устройствах оксидные полярные конденсаторы можно заменить обычными неполярными, но они, как правило, имеют большие размеры и массу. При выборе емкости конденсатора следует исходить из тех функций, которые он в данном узле выполняет. Так, емкость конденсаторов, работающих в фильтрах источников питания, всегда может быть больше (по сравнению с указанной на схеме) в несколько раз — вреда от этого не будет. Более внимательно следует подходить к выбору емкости конденсаторов, работающих во времязадающих цепях (генераторы, реле времени). Здесь следует придерживаться правила: произведение емкости конденсатора на сопротивление резистора времязадающей цепи должно сохраняться неизменным.

При выборе номинального напряжения конденсатора необходимо руководствоваться значением максимального напряжения, которое может действовать в данном устройстве. В источниках питания действует пульсирующее напряжение, и рассчитывать напряжение конденсаторов необходимо исходя из амплитудного значения напряжения (для синусоидальной формы оно в 1,4 раза больше действующего).

Для конденсаторов, работающих во времязадающих цепях (генераторы, преобразователи частоты и пр.) следует обращать внимание

на температурный коэффициент емкости --- ТКЕ. Величина этого параметра должна быть по возможности меньшей. Малый ТКЕ имеют конденсаторы типов К73-16, К73-17, К73-24.

Для полупроводниковых диодов определяющими параметрами являются максимальное обратное напряжение и максимальный прямой ток. Именно это следует учитывать при замене диодов, работающих в выпрямителях. При замене диодов, работающих в блоке питания с преобразованием частоты, необходимо помимо двух названных параметров учитывать и предельную рабочую частоту диода. Для диодов, работающих, например, в дешифраторе, определяющим параметром является прямое напряжение — оно не должно превышать напряжение низкого уровня для данной серии микросхем (для К155 — не более 0,4 В).

При замене транзисторов учитывают такие их параметры, как предельно допустимое напряжение между коллектором и эмиттером  $U_{КЭ\text{ max}}$ , максимальный ток коллектора  $I_{К\text{ max}}$ , минимальное значение статического коэффициента передачи тока базы  $h_{21Э}$ , допустимая рассеиваемая мощность  $P_{\text{max}}$ .

Для электромагнитных реле определяющими параметрами являются сопротивление обмотки и ток срабатывания, а также число контактных групп. Произведение первых двух параметров указывает на напряжение срабатывания реле. Значение напряжения срабатывания реле должно быть на 20...30% меньше подводимого к нему для обеспечения надежного срабатывания и удержания якоря реле в условиях возможных вибраций. Ток через обмотку реле не должен превышать предельный коллекторный ток коммутирующего транзистора. Для использования в описанных устройствах можно рекомендовать следующие типы электромагнитных реле:

1) с одной группой переключающих контактов — РЭС10 (паспорта РС4.524.302, РС4.524.314, РС4.524.319), РЭС15 (паспорта РС4.591.004, РС4.591.006, ХП4.591.010, ХП4.591.011, ХП4.591.013, ХП4.591.014), РЭС34 (паспорта РС4.524.372, РС4.524.376), РЭС49 (паспорта РС4.569.000, РС4.569.423, РС4.569.424);

2) с двумя группами переключающих контактов — РЭС6 (паспорта РФО.452.103, РФО.452.104), РЭС9 (паспорта РС4.524.200, РС4.524.201, РС4.524.209, РС4.524.213), РЭС37 (паспорта РФ4.510.064, РФ4.510.072), РЭС47 (паспорта РФ4.500.408,

РФ4.500.417), РЭС48 (паспорта РС4.590.201, РС4.590.207, РС4.590.213, РС4.590.218), РЭС54 (паспорта ХП4.500.010, ХП4.500.011), РЭС60 (паспорта РС4.569.436, РС4.569.437);

3) с четырьмя группами переключающих контактов — РЭС22 (паспорта РФ4.500.131, РФ4.500.163, РФ4.500.225, РФ4.500.231), РЭС32 (паспорта РФ4.500.342, РФ4.500.343, РФ4.500.354, РФ4.500.355).

Данные реле рассчитаны на напряжения срабатывания 12...20 В; возможно применение реле с меньшим напряжением срабатывания — тогда последовательно с обмоткой следует включить ограничивающий резистор.

И наконец, о возможной замене микросхем. В устройствах, о которых рассказывается в книге, использованы ТТЛ-микросхемы и КМОП-микросхемы. Они отличаются всеми основными параметрами: потребляемой мощностью, уровнями напряжения, входными и выходными токами. Поэтому непосредственная замена ТТЛ-микросхем на КМОП-микросхемы и наоборот недопустима. Более просто решается вопрос о замене микросхем ТТЛ их аналогами из микросхем ТТЛ. Наиболее распространены микросхемы ТТЛ серий К130, К133, К155, К158, К530, К531, К555, КР1531. В устройствах, выполненных на КМОП-микросхемах, можно использовать микросхемы серий К164, К176, К561, КР1561, К564. При замене микросхем учитывают их функциональное назначение, характер выходного каскада (открытый или закрытый) и, конечно, нумерацию выводов.

Для принятия обоснованного решения о замене одного элемента другим, а также для правильного выбора элементов следует пользоваться справочной литературой [27—34]. В этих книгах можно также найти полезные советы и нужную информацию.

### Приложение 3

#### **Автоматы для обеспечения безопасности при изготовлении и наладке любительских конструкций**

Радиолюбителям, занимающимся конструированием различных электронных устройств, постоянно приходится иметь дело с электрическим током. Неосторожное обращение с током в процессе изготов-

ления, наладки и эксплуатации устройств может привести к печальным последствиям, поэтому необходимо тщательно выполнять несложные правила техники безопасности.

Безопасным для человека считается напряжение, не превышающее 50 В. Разумеется, речь идет о нормальных условиях — сухое помещение, чистая и сухая кожа. Поскольку при питании устройств от гальванических элементов и батарей значения напряжений ниже, следует соблюдать безопасность при работе с устройствами, имеющими сетевое питание.

Значение тока, протекающего через тело человека, зависит от его сопротивления. У всех людей это сопротивление различно. Сопротивление снижается, если руки влажные, а также если влажная его одежда. Это необходимо учитывать, прежде чем приступить к работе. Не следует также иметь дело с электрическим током в болезненном или утомленном состоянии — реакция человека снижается и вероятность несчастного случая увеличивается.

При попадании человека под напряжение электрический ток обычно протекает от одной руки к другой, а также от руки к ноге. Поэтому не следует одновременно двумя руками прикасаться к элементам устройства, а также держаться рукой за трубу отопления или водопровода; под ноги на рабочем месте желательно подкладывать резиновый коврик, являющийся изолятором.

Жало паяльника следует заземлять — это обеспечит безопасность работы при нарушении изоляции паяльника и появлении на корпусе фазного напряжения (в этом случае сработают предохранители и сеть будет обесточена). Предохранители электросети (плавкие вставки или электромеханические «пробки») должны быть исправными.

Замену элементов налаживаемой конструкции следует производить только в обесточенном состоянии. Если в устройстве имеются высоковольтные конденсаторы, их необходимо разрядить (вообще при проектировании устройства надо схемотехнически предусматривать разрядку таких конденсаторов после отключения напряжения питания). Если необходимо измерить напряжение на элементах, то один щуп вольтметра следует подключить к требуемой точке при обесточенном устройстве (например, с помощью лабораторного зажима типа «крокодил»); после включения устройства в сеть вторым щупом прикасаются к выводу элемента. При этом не следует пользо-

ваться шупом, имеющим неизолированную часть (спицу) значительной длины — в этом случае нужно надеть отрезок изоляционной трубки, оставив неизолированный конец длиной 2...3 мм. Измерение лучше выполнять одной рукой.

Некоторые радиолюбители проверяют наличие напряжения на зажимах с помощью языка. Так делать ни в коем случае нельзя, даже если известно, что напряжение не превышает 5...7 В. Говорят, что незаряженное ружье один раз в год стреляет; так же и на этих зажимах может оказаться значительное напряжение.

В последнее время радиолюбители собирают приборы на транзисторах и микросхемах, питание которых осуществляется безопасным напряжением. Как правило, такие устройства питаются от сети через понижающий трансформатор. В этом случае опасное напряжение имеется на выводах первичной обмотки трансформатора, выключателя питания и патроне предохранителя (применение их обязательно). Монтаж этой части прибора, связанной с сетью, следует выполнять особенно тщательно, все соединения нужно изолировать поливинилхлоридной трубкой, локотканью или изоляционной лентой.

Если устройство не содержит трансформатор, то все элементы имеют гальваническую связь с сетью. При настройке и эксплуатации такого устройства следует соблюдать особую осторожность. В процессе налаживания устройства желательно питать его через разделительный трансформатор, у которого первичная и вторичная обмотки рассчитаны на напряжение сети. Плату и элементы устройства необходимо тщательно изолировать от корпуса, а сам корпус лучше выполнять из непроводящего материала. Изнутри корпус желательно выложить асбестовыми пластинами. Ручки переменных резисторов, колпачки переключателей, другие элементы управления следует выполнять из изоляционного материала.

Прежде чем включать прибор в сеть, подключите омметр к выводам сетевой вилки и убедитесь в отсутствии короткого замыкания.

При работе начинающего радиолюбителя с электронными устройствами желательно, чтобы в этом помещении находился второй человек, который в случае необходимости может отключить напряжение и оказать помощь.

Таковы основные правила техники безопасности при работе с электроустановками, которых необходимо придерживаться каждому радиолюбителю.

И в заключение приведем описание реле защитного отключения (РЗО) — устройства, предотвращающего возможность поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям. Описание данного устройства заимствовано из [35].

Действие устройства основано на известном принципе разбаланса (т. е. неравенства) втекающего и вытекающего токов нагрузки. Срабатывает РЗО, когда ток утечки за «землю» фазного провода превышает 7 мА, а отключение нагрузки происходит в течение 60 мс.

Датчик токов — трансформатор Т1 (рис. 6.5). При неравенстве токов, протекающих по первичным (сетевым) обмоткам (I и II), во вторичной обмотке (III) индуцируется ЭДС, которая в конечном итоге вызывает отключение реле К1, отключающего нагрузку от сети.

Для согласования высокоомной вторичной обмотки дифференциального трансформатора с усилителем DA2 применен повторитель напряжения на операционном усилителе DA1, имеющий большое входное сопротивление. Переменное включение небаланса усиливается операционным усилителем DA2, детектируется цепью C4VD2VD3C5 и поступает на эмиттерный повторитель (транзистор VT1), управляющий тринистором VS1.

Питание элементов устройства осуществляется от бестрансформаторного источника, выполненного на резисторе R13, стабилитронах VD5 и VD6, конденсаторе C7.

Светодиод HL1 индицирует срабатывание реле К1. Для проверки работоспособности РЗО предусмотрена цепь из резистора R11 и кнопки SB1. Возврат в исходное состояние после включения реле производят кратковременным нажатием кнопки SB2.

Трансформатор Т1 выполнен на кольцевом магнитопроводе K40×25×10, выполненном из трансформаторной ленты. Обмотки I и II выполнены двойным проводом для сетевых шнуров сечением 2×0,5 мм<sup>2</sup> и содержат 8 витков. Обмотка III содержит 5000 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,09 мм. Конденсаторы C3—C5 — К73-17 и могут быть заменены на К73-11, К73-16 или на аналогичные пленочные; конденсатор C2 — КМ-6, К10-17 или К10-23; конденсатор C6 — К73-17 или К73-11; конденсатор C7 — любой оксидный, например,

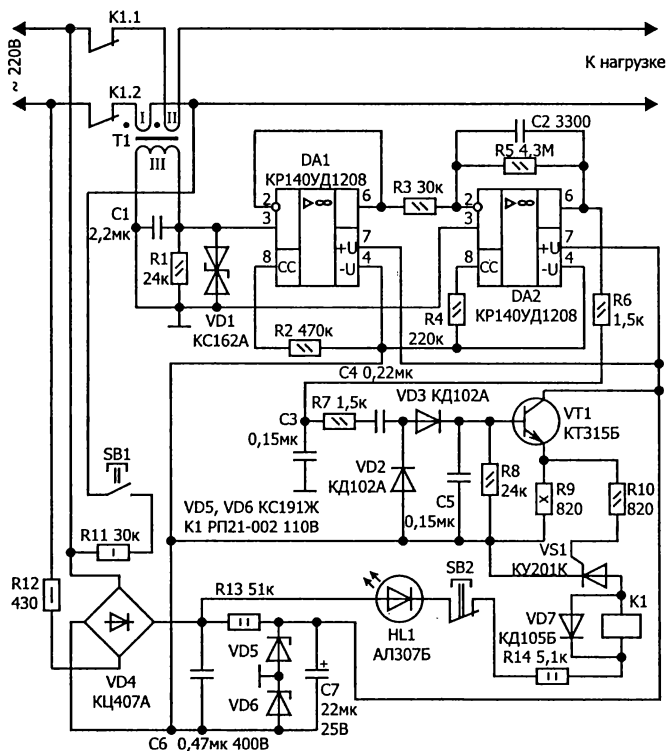


Рис. 6.5. Схема реле защитного отключения

К50-35. Реле К1 — типа РП21-002 110 В; его можно заменить на РПУ-2-ОМ11020 напряжением 110 или 220 В. Если применено реле на 220 В, резистор R14 следует исключить. Все резисторы МЛТ или С2-23. Транзистор VT1 — КТ315 или КТ503 с любым буквенным индексом. Тринистор VS1 — КУ201К или КУ201Л, а также КУ202 с буквами К—Н. Стабилитрон VD1 заменим любым симметричным на напряжение 5,6...8,2 В, а VD5, VD6 — на любые с напряжением стабилизации 9...10 В. Диод VD7 — любой с допустимым обратным напряжением не менее 300 В. Кнопки SB1, SB2 — КМ1-1 или другие на напряжение более 300 В и ток не менее 100 мА.

Ток, протекающий через контакты реле указанных типов, не должен превышать 10 А.

На рис. 6.6 показана схема второго варианта реле защитного отключения, заимствованная из [36]. Действие этого устройства также основано на разбалансе втекающего и вытекающего токов нагрузки. Данное РЗО работает при изменении напряжения питающей сети в диапазоне от 80 В до 270 В, потребляет от сети ток не более 80 мА, коммутирует нагрузку током до 10 А, срабатывает при появлении тока утечки более 5 мА.

Основой устройства является специализированная микросхема K1182CA1. На ее входы  $-IN$  и  $+IN$  через резистивный делитель R2R3 поступает сигнал с обмотки III трансформатора T1, причем величина этого сигнала пропорциональна разности втекающего и вытекающего токов нагрузки и при токе утечки 5 мА должна составлять 50...300 мВ. Подстроечным резистором R3 выбирается порог чувствительности РЗО. Конденсаторы C3, C5 необходимы для подавления импульсных помех, а конденсатор C4 определяет задержку включения управляющего тиристора, входящего в состав микросхемы DA3. Для контроля работоспособности РЗО служит кнопка SB2, нажатием на которую имитируется утечка тока по одному из сетевых проводов

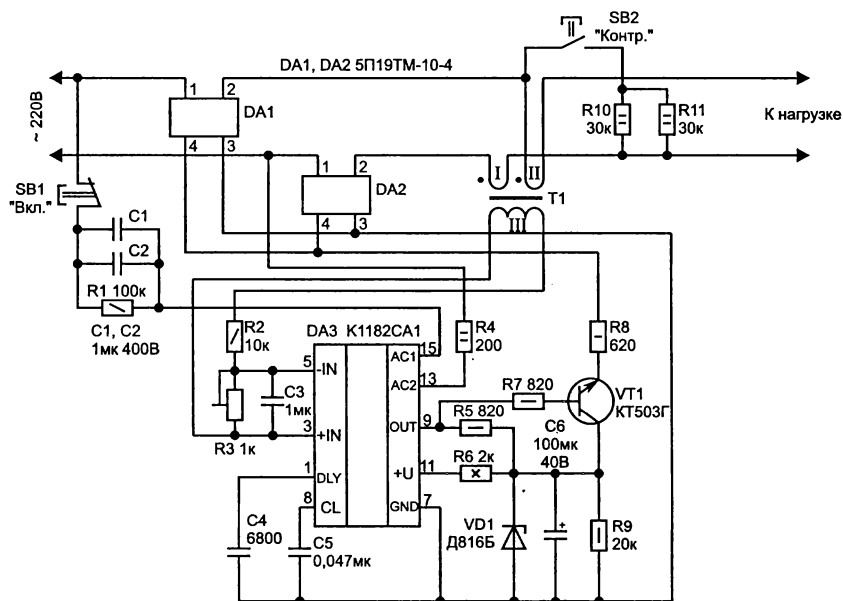


Рис. 6.6. Реле защитного отключения на специализированной микросхеме



(через резисторы R10, R11). При этом должны сработать твердотельные реле DA1, DA2 и отключить нагрузку от сети. Конденсаторы C1, C2 и резистор R4 — балластные, необходимы для уменьшения сетевого напряжения, подаваемого на микросхему DA3. Емкость конденсаторов C1, C2 должна быть такой, чтобы на выводах 13 и 15 микросхемы действовало переменное напряжение 100...120 В. Резистор R1 обеспечивает разрядку конденсаторов C1, C2 после отключения устройства от сети.

Для управления оптопарами DA1, DA2 служит транзистор VT1, на базу которого подается сигнал отключения с выхода OUT микросхемы DA3. Резистор R5 — нагрузка управляющего тиристора.

Напряжение питания для управляющих цепей оптоэлектронных реле DA1, DA2 формируется стабилитроном VD1. Фильтрующий конденсатор C6 заряжается через токоограничительный резистор R6. После срабатывания РЗО необходимо кратковременно нажать кнопку SB1, обесточив микросхему DA3.

В устройстве использованы оптоэлектронные реле типа 5П19ТМ на напряжение не менее 400 В и на ток, равный максимальному току нагрузки. Указанные на принципиальной схеме оптопары рассчитаны на ток 10 А и напряжение 400 В. Конденсаторы C1, C2 — К73-17; C3—C5 — КМ-6, К10-23 или К73-17; C6 — К50-24, К50-35. Транзистор VT1 — КТ315, КТ503, КТ3117, КТ630 с любыми буквами.

Трансформатор Т1 намотан на ферритовом кольце марки 2000НМ типоразмера К40×25×11. Края сердечника следует притупить напильником, а затем проложить несколько слоев изоляции из фторопластовой или полиэтилентерефталатной пленки. Первичные обмотки (I и II) содержат по 4 витка провода ПЭВ-2 1,5, обмотка III — 7000 витков провода ПЭВ-2 0,12. Первичные обмотки намотаны одновременно в два провода и равномерно распределены по сердечнику. Между первичными и вторичной (III) обмотками необходимо проложить несколько слоев изоляции из фторопластовой или полиэтилентерефталатной пленки.

Настройка РЗО состоит в установке подстроечным резистором R3 порога чувствительности РЗО — при токе разбаланса величиной 5 мА должно происходить отключение нагрузки.

Все разрабатываемые устройства следует питать через реле защитного отключения — это повысит безопасность.

## Приложение 4

### Схемотехника стабилизаторов напряжения на микросхемах серии КР142

Выпускаемые отечественной промышленностью интегральные стабилизаторы напряжения серии КР142 позволяют простыми схемными методами получить стабилизированные напряжения в достаточно большом диапазоне — от единиц вольт до нескольких десятков вольт. Рассмотрим некоторые схемные решения, которые могут представить интерес для радиолюбителей.

Микросхема КР142ЕН5А — это интегральный стабилизатор с фиксированным выходным напряжением +5 В. Типовая схема включения этой микросхемы и ее цоколевка представлена на рис. 6.7. Микросхема КР142ЕН5А содержит узел защиты от перегрузки по току. Максимальное значение тока для этой микросхемы составляет около 3 А.

Несколько изменив схему включения, можно на базе этой микросхемы построить стабилизатор с регулируемым выходным напряжением в диапазоне от 5,6 В до 13 В. Схема представлена на рис. 6.8.

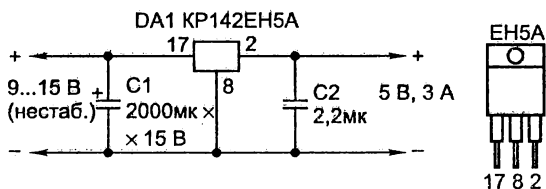


Рис. 6.7. Типовая схема включения и цоколевка микросхемы КР142ЕН5А

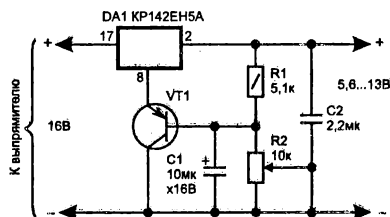


Рис. 6.8. Регулируемый стабилизатор напряжения на базе КР142ЕН5А

На вход интегрального стабилизатора (вывод 17 микросхемы DA1) поступает нестабилизированное напряжение +16 В, а на вывод 8 — сигнал с выхода стабилизатора, регулируемый переменным резистором R2 и усиленный по току транзистором VT1. Минимальное напряжение (5,6 В) складывается из напряжения между коллектором и эмиттером полностью открытого транзистора, которое равно около 0,6 В, и но-

минального выходного напряжения интегрального стабилизатора в его базовом включении (5 В). При этом движок переменного резистора R2 находится в верхнем по схеме положении. Конденсатор C1 сглаживает пульсации напряжения; конденсатор C2 устраняет возможное высокочастотное возбуждение микросхемы. Ток нагрузки стабилизатора — до 3 А (микросхема при этом должна быть размещена на теплоотводящем радиаторе).

На микросхеме К142ЕН3А можно выполнить стабилизированный источник напряжения, регулируемого в пределах от 3 до 30 В при токе нагрузки до 1 А. Схема представлена на рис. 6.9. Выходное напряжение регулируется резистором R4 и может быть вычислено по формуле

$$U_{\text{вых}} = 2,6(R4+R5)/R5.$$

Суммарное сопротивление резисторов R4 и R5 не должно превышать 20 кОм. Ток ограничения  $I_{\text{огр}}$  устанавливают резистором R3, сопротивление которого может быть вычислено по приближенной формуле  $R3 = 0,6/I_{\text{огр}}$ , где сопротивление берут в омах, а ток — в амперах. В стабилизаторе предусмотрена возможность отключения внешним сигналом. Для этого на резистор R1 подают положительное напряжение, которое должно обеспечивать ток через резистор R1 не более 3 мА. В стабилизаторе предусмотрена также тепловая защита (при нагревании корпуса микросхемы до определенной температуры выходное напряжение уменьшается до нуля). Температура отключения определяется сопротивлением резистора R2.

Микросхема DA1 должна быть установлена на радиаторе, обеспечивающем требуемую рассеиваемую мощность. Она не должна превышать 6 Вт. Для обеспечения этого условия во всем диапазоне следует применять ступенчатое регулирование выходного напряжения.

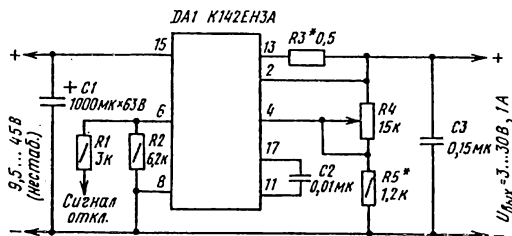


Рис. 6.9. Схема регулируемого источника напряжения на базе интегрального стабилизатора К142ЕН3А

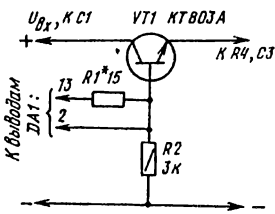


Рис. 6.10. Схема усилителя выходного тока стабилизатора

Если требуется увеличить допустимый выходной ток, можно применить усилитель тока на транзисторе. Схема включения транзистора показана на рис. 6.10. Резистор R1 подбирают исходя из требуемого тока ограничения (он выполняет ту же функцию, что и резистор R3 в предыдущей схеме). Ток нагрузки может достигать 5...10 А. В качестве VT1, кроме указанного на схеме, можно применить транзисторы типов KT817, KT819, KT845A, KT908, KT926, KT945. Этот транзистор должен быть установлен на радиаторе, площадь которого можно приблизительно определить по формуле (для температуры окружающего воздуха 20°C):

$$S = 25 U_{кэ} I_{нагр},$$

где  $S$  — площадь поверхности охлаждения радиатора, см<sup>2</sup>;  $U_{кэ}$  — напряжение между коллектором и эмиттером транзистора, В;  $I_{нагр}$  — ток нагрузки стабилизатора, А. Такой же формулой можно пользоваться для расчета площади радиаторов, на которые устанавливаются интегральные стабилизаторы напряжения, при этом вместо  $U_{кэ}$  следует брать напряжение между входным и выходным выводами микросхемы.

Микросхемы K142ЕН6А (Б, В, Г) представляют собой интегральные двуполярные стабилизаторы напряжения с фиксированным выходным напряжением 15 В. При этом максимальное входное напряжение каждого из плеч 40 В, а максимальный выходной ток — 200 мА. На базе этого стабилизатора можно построить двуполярный источник стабилизированного напряжения — так, как это было сделано при конструировании стабилизатора мощности. Схема такого стабилизатора представлена на рис. 4.15. Следует помнить, что максимальная рассеиваемая мощность стабилизатора с теплоотводом — 5 Вт.

Очень удобны для построения стабилизаторов напряжения микросхемы КР142ЕН18А и КН142ЕН18Б, которые представляют собой регулируемые стабилизаторы напряжения с выходным напряжением 1,2...26,5 В и выходным током 1 А и 1,5 А соответственно. Регулирующий элемент стабилизатора включен в минусовой провод

источников питания. Корпус и цоколевка микросхем этого типа аналогичны микросхеме КР142ЕН5. Микросхемы оснащены системой защиты от перегрузки выходным током и от перегрева. Входное напряжение должно находиться в диапазоне 5...30 В. Мощность, рассеиваемая микросхемой с теплоотводом, не должна превышать 8 Вт. Типовая схема включения микросхем КР142ЕН18А (Б) приведена на рис. 6.11.

При всех условиях эксплуатации емкость входного конденсатора С1 не должна быть менее 2 мкФ. При наличии сглаживающего фильтра выходного напряжения, если длина проводников, соединяющих его со стабилизатором, не превышает 1 м, входным конденсатором стабилизатора может служить выходной конденсатор фильтра.

Выходное напряжение устанавливают выбором номиналов резисторов R1 и R2 исходя из формулы:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вых мин}} (1 + R2/R1),$$

при этом ток, протекающий через эти резисторы, должен быть не менее 5 мА. Емкость конденсатора С2 выбирают обычно большей 2 мкФ.

Если суммарная емкость на выходе стабилизатора превышает 20 мкФ, случайное замыкание входной цепи стабилизатора может привести к выходу из строя микросхемы, поскольку к ее элементам будет приложено напряжение конденсатора в обратной полярности. Для защиты микросхемы от подобных перегрузок необходимо включать защитный диод VD1 (рис. 6.12), шунтирующий ее при аварийном замыкании входной цепи. Диод VD2 защищает микросхему по выводу 17 в тех случаях, когда по условиям эксплуатации емкость конденсатора С2 должна быть более 10 мкФ при выходном напряжении более 25 В.

На базе интегрального стабилизатора напряжения легко построить и стабилизатор тока (рис. 6.13). Стабильный выходной ток ориентировочно равен  $I_{\text{вых}} = 1,5/R1$ , где R1 выбирают в пределах 1...120 Ом. С помощью переменного резистора R3 выходной ток можно регулировать.

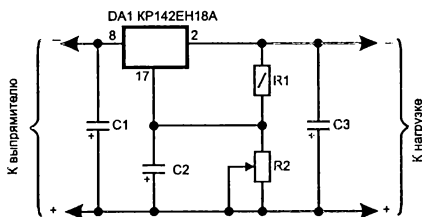


Рис. 6.11. Типовая схема включения интегрального стабилизатора КР142ЕН18А

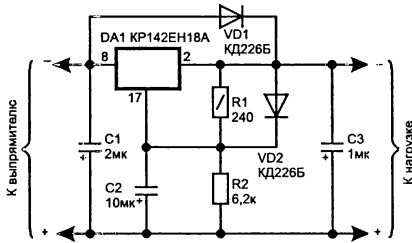


Рис. 6.12. Схема включения защитных диодов в стабилизаторе

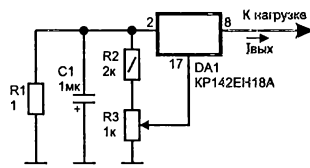


Рис. 6.13. Стабилизатор тока на базе KP142EH18A

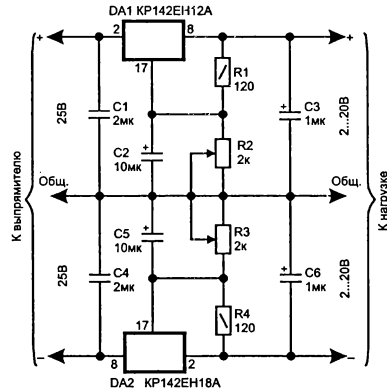
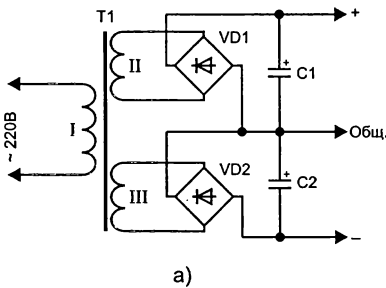
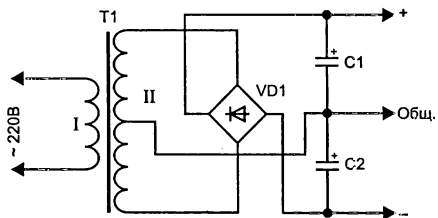


Рис. 6.14. Двуполярный стабилизатор напряжения на базе KP142EH12A и KP142EH18A



а)



б)

Рис. 6.15. Схемы выпрямителей для двуполярного стабилизатора:

а — с двумя обмотками трансформатора;  
б — с обмоткой, имеющей отвод от средней точки

Внимательно изучив справочные характеристики интегральных стабилизаторов напряжения КР142ЕН12А (Б), можно заметить у них много общего с КР142ЕН18А (Б). Действительно, типовая схема включения микросхемы КР142ЕН12А аналогична схеме включения КР142ЕН18А, только регулирующий у КР142ЕН12А элемент включен в плюсовой провод источника питания. На базе этих микросхем несложно собрать двуполярный стабилизатор напряжения. Его схема представлена на рис. 6.14. Каких-либо особых комментариев здесь не требуется. Для одновременного изменения напряжения плеч стабилизатора переменные резисторы R2 и R3 можно заменить одним, двоячным.

Питание такого стабилизатора напряжения может быть организовано как от двух обмоток трансформатора, так и от одной, с отводом от средней точки (рис. 6.15).

## **Приложение 5.**

### **Одиннадцать схем коммутаторов нагрузки на тиристорах**

При конструировании электронных устройств постоянно возникает необходимость управления нагрузкой, питающейся от сети, по сигналам, формируемым цифровыми микросхемами структур ТТЛ, КМОП (напряжение питания от 5 до 15 В). В таких устройствах в качестве коммутирующих элементов наиболее удобно использовать тиристоры, способные управлять высоковольтной нагрузкой значительной мощности.

Управляющие электроды тиристоров, как правило, нельзя непосредственно подключать к выходам логических элементов, поскольку последние, за редким исключением, не обеспечивают требуемый для включения тиристора выходной ток. В таких случаях между выходом логического элемента и управляющим электродом тиристора включают усилительные каскады, которые могут также выполнять и функцию гальванической развязки низковольтной и высоковольтной частей устройства. О таких каскадах и пойдет разговор.

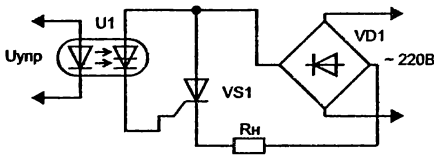


Рис. 6.16. Обобщенная схема коммутатора с гальванической развязкой

Обобщенная схема узла управления нагрузкой с использованием тринистора и диносторного оптрона, наиболее широко используемая, приведена на рис. 6.16 (здесь и далее  $R_n$  — нагрузка). Поскольку между анодом и

управляющим электродом тринистора в закрытом состоянии действует полное напряжение сети, предельное напряжение диностора оптрона в закрытом состоянии также должно быть не ниже сетевого напряжения. ГОСТ допускает превышение сетевого напряжения на 10%, что соответствует амплитудному (максимальному) значению  $220 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{2} = 340$  (В). Несмотря на это, во многих схемах авторы применяют оптопары, рассчитанные на меньшие напряжения коммутации. Надежность таких устройств, естественно, снижается. Необходимо также при выборе оптрона учитывать и допустимое напряжение изоляции оптрона — оно не должно быть меньше 340 В. Из диносторных оптронов, представленных в настоящее время на рынке радиоэлементов, обоим этим условиям отвечают оптопары типов АОУ160 (А, Б, В), МОС3052.

Если же в распоряжении нет оптопары на необходимое предельное напряжение, можно рекомендовать соединить последовательно несколько оптопар на меньшее напряжение, при этом суммарное напряжение должно быть не менее требуемой величины. Схема на рис. 6.17 иллюстрирует такой узел коммутации. Резисторы R1 и R2 необходимы для выравнивания напряжения на диносторах оптронов, когда они

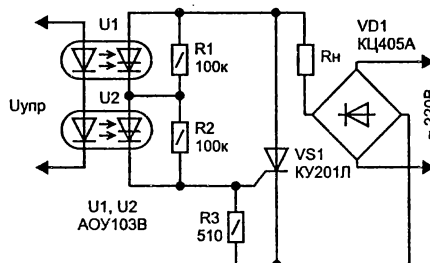


Рис. 6.17. Схема коммутатора с последовательным соединением оптопар



находятся в закрытом состоянии. Резистор R3 обеспечивает гальваническую связь между управляющим электродом и катодом транзистора, что повышает устойчивость работы транзистора в режиме ожидания (особенно при повышенной температуре окружающей среды).

Если диносторы оптронов открыты, включение транзистора происходит практически в самом начале полупериода сетевого напряжения — когда ток через управляющий электрод достигает значения открывающего тока управления. Наибольшее значение этого тока для транзисторов серии КУ201 — 100 мА, а для серии КУ202 — 200 мА (в справочной литературе токи указаны для минимально допустимой температуры — 60°C). Для нормальной окружающей температуры (+20°...+30°C) значение открывающего тока управления существенно меньше и составляет обычно 1...20 мА. Однако при разработке устройств следует исходить из значений тока управления при минимальной температуре, то есть выбирать более 100 мА. В противном случае не будет гарантии надежного открывания транзистора.

Если гальваническая развязка управляющей и силовой частей не требуется, подачу напряжения на управляющий электрод тиристора можно осуществлять с его анода через высоковольтный транзистор. Схема такого варианта узла управления представлена на рис. 6.18 и в комментариях не нуждается.

Достоинством описанного выше способа подачи напряжения на управляющий электрод транзистора с его анода является простота и малая мощность, выделяющаяся на диносторах оптопар (или на высоковольтном транзисторе) и на управляющем переходе транзистора; недостатком является задержка открывания транзистора относительно начала полупериода, которая может составлять 0,05...0,5 мс. Несмотря на весьма небольшую величину задержки, это может приводить к помехам, создаваемых транзистором в питающей сети.

Чтобы этого избежать, напряжение на управляющий электрод транзистора следует подавать непосредственно в начале каждого полупериода. Для этого можно рекомендовать питать цепь управляюще-

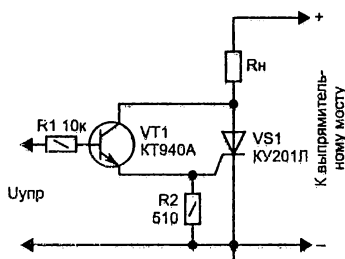


Рис. 6.18. Схема коммутатора с высоковольтным транзистором

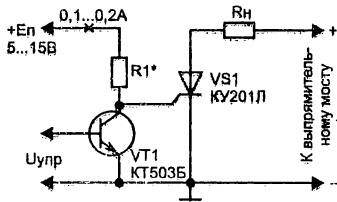


Рис. 6.19. Схема коммутатора с питанием управляющего электрода постоянным током

го электрода постоянным током (рис. 6.19). Если транзистор VT1 закрыт, то через управляющий электрод триггистора VS1 и резистор R1 протекает постоянный ток, поэтому триггистор открывается в начале каждого полупериода сетевого напряжения. Когда транзистор открыт, ток управляющего электрода становится равным нулю, триггистор при этом закрывается (закрывание происходит в начале очередного полупериода). Поскольку управляющий электрод и катод триггистора соединяются через открытый транзистор VT1, необходимость в шунтирующем резисторе (аналогичном R3 на рис. 6.17) отпадает. Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при заданном напряжении питания  $E_n$  был бы обеспечен достаточный открывающий ток управляющего электрода.

Источником питания узла управления триггистором обычно служит источник питания микросхем устройства (от +5 до +15 В). При этом на резисторе R1 может выделяться мощность до 3 Вт. Постоянный нагрев этого резистора, значительный ток, потребляемый цепью управляющего электрода триггистора, а также гальваническая связь источника питания микросхем с сетью — вот основные недостатки такого варианта. Избавиться от них можно, если управляющий электрод триггистора питать импульсным напряжением, снимаемым с мало-

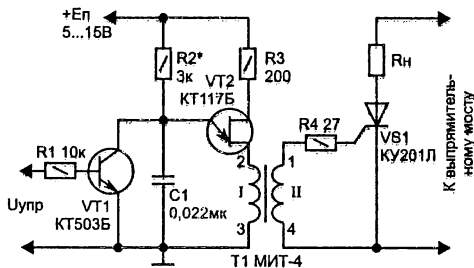


Рис. 6.20. Схема коммутатора с импульсным питанием управляющего электрода

мощного импульсного трансформатора, как показано на рис. 6.20.

На однопереходном транзисторе VT2 выполнен генератор импульсов частотой около 10 кГц, которые через трансформатор T1 поступают в цепь управляющего электрода триггистора VS1. Чтобы затормо-



ляющего электрода импульсный ток вполне достаточен для надежного открывания тринистора. Это преимущество удобно использовать при питании тиристорного коммутатора по бестрансформаторной схеме — с балластным резистором или конденсатором. На рис. 6.21 представлена схема еще одного варианта такого узла управления.

В качестве коммутирующего элемента здесь использован симметричный тиристор (симистор) КУ208Г. Нормальная работа симистора этого типа обеспечивается при подаче следующих полярностей напряжений на анод и управляющий электрод (табл. 6.3). При этом отпирающий ток управляющего электрода при минимальной температуре окружающей среды должен быть равен 250 мА.

Таблица 6.3

№ режима	Знак анодного напряжения	Знак напряжения на управляющем электроде
1	+	+
2	+	–
3	–	–

В приведенной на рис. 6.21 схеме симистор управляется импульсами отрицательной полярности (что соответствует строкам 2 и 3 табл. 6.3). Эти импульсы формирует генератор на логических элементах DD1.1—DD1.3. Благодаря применению диода VD2 во время задающей цепи и выбору соответствующих сопротивлений резисторов R1 и R2 импульсы на выходе генератора имеют скважность (то есть отношение периода следования импульсов к длительности одного импульса) около 70. Транзистор VT1 усиливает импульсы по току до требуемого значения (около 250 мА). Благодаря высокой скважности управляющих импульсов среднее значение тока, протекающего в коллекторной цепи транзистора VT1, составляет всего лишь 3...4 мА. Это позволяет питать управляющий узел симисторного коммутатора по бестрансформаторной схеме, используя балластный резистор или конденсатор. В рассматриваемой схеме его функцию выполняет резистор R7. Стабилитрон VD4 выполняет две функции: он стабилизирует напряжение и одновременно его выпрямляет (поскольку для отрицательных полуволн сетевого напряжения прямое

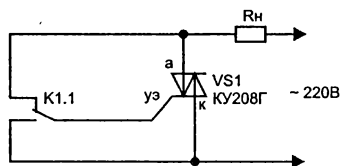


Рис. 6.22. Схема узла управления симистором на базе электромагнитного реле

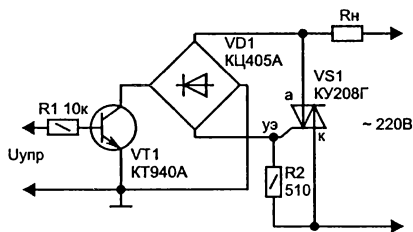


Рис. 6.23. Симисторный коммутатор с управлением высоковольтным транзистором

сопротивление стабилитрона близко к нулю). Диод VD3 не позволяет разрядиться конденсатору C2 в течение действия отрицательных полуволн напряжения, тем самым увеличивается постоянная времени цепи разрядки этого конденсатора.

Если для управления симистором использовать переключающие контакты реле, то узел коммутации можно значительно упростить (рис. 6.22). Контакты реле должны быть рассчитаны на коммутацию переменного напряжения сети. Через управляющий электрод симистора протекает переменный ток, при этом полярности напряжения анода и управляющего электрода одинаковые (строки 1 и 3 табл. 6.3). Такое схемотехническое решение можно использовать только для включения нагрузки на полную мощность, поскольку быстродействие электромагнитного реле не сможет обеспечить фазоимпульсное управление симистором в течение полупериода сетевого напряжения.

Контакты реле можно заменить высоковольтным транзистором, выполнив узел коммутации по схеме рис. 6.23. Поскольку через управляющий электрод симистора, как уже было показано выше, протекает переменный ток, в коллекторную цепь транзистора VT1 включен мостовой выпрямитель VD1. Недостатком такого решения является тот факт, что сигнал управления должен быть гальванически развязан от сети; следовательно, бестрансформаторное питание здесь неосуществимо.

На рис. 6.24 представлена схема узла управления нагрузкой с использованием тиристора и выпрямительного моста. Управляющая часть схемы аналогична рис. 6.21, но вместо симистора использован триодный тиристор. Максимальный ток нагрузки — 10 А

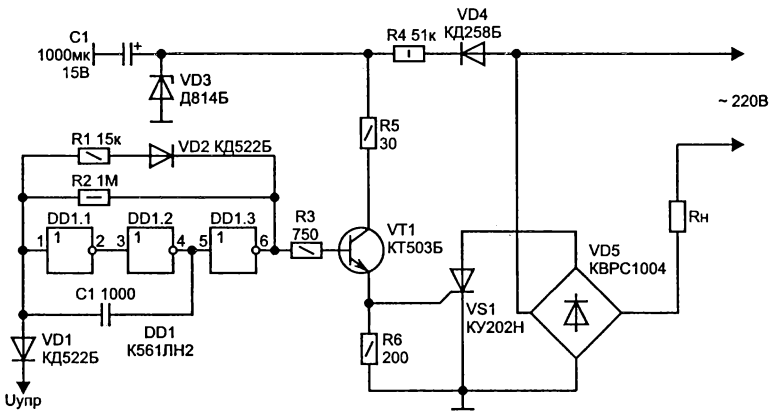


Рис. 6.24. Схема тиристорного коммутатора с импульсным питанием управляющего электрода

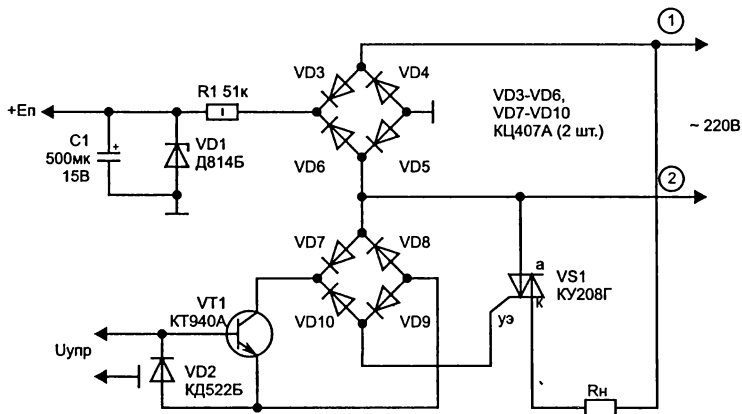


Рис. 6.25. Схема симисторного коммутатора с бестрансформаторным питанием управляющей части

На рис. 6.25 представлена схема еще одного узла управления симистром, в которой питание управляющей части осуществляется бестрансформаторным образом.

Бестрансформаторный выпрямитель выполнен на мостовом выпрямителе (диоды VD3—VD6), балластном резисторе R1, стабилизаторе VD1 и фильтрующем конденсаторе C1. Второй выпрямитель

(диоды VD7—VD10) используется для согласования транзистора VT1 с цепью управляющего электрода. Диоды выпрямительных мостов обозначены поэлементно и пронумерованы (VD3—VD10). Это сделано для удобства анализа работы устройства.

Рассмотрим вначале случай, когда на сетевом проводе 1 действует положительное напряжение относительно провода 2. Будем считать, что ток течет от положительного полюса к отрицательному. В этом случае путь прохождения тока через верхний (по схеме) мостовой выпрямитель таков: сетевой провод 1 — диод VD3 — резистор R1 — стабилитрон VD1 — общий провод — диод VD5 — сетевой провод 2. Через нижний (по схеме) мостовой выпрямитель ток течет по следующему контуру (предполагается, что транзистор VT1 открыт поданным на его базу положительным напряжением): сетевой провод 1 — нагрузка  $R_n$  — переход «катод—управляющий электрод» симистора VS1 — диод VD10 — открытый транзистор VT1 — диод VD8 — сетевой провод 2. Поскольку диоды VD5 и VD8 в рассматриваемом случае оба открыты, эмиттер транзистора VT1 имеет потенциал общего провода, и управление транзистором подачей положительного (относительно общего провода) на базу осуществляется корректно. Следует отметить, что после открывания симистора VS1 в открытом состоянии оказываются все четыре диода выпрямительного моста — VD7—VD10.

В следующем полупериоде сетевого напряжения на сетевом проводе 1 действует отрицательное относительно провода 2 напряжение. Путь прохождения тока через верхний (по схеме) мостовой выпрямитель таков: провод 2 — диод VD6 — резистор R1 — стабилитрон VD1 — общий провод — диод VD4 — провод 1. Через нижний (по схеме) мостовой выпрямитель ток течет по следующему контуру (предполагается, что транзистор VT1 открыт): провод 2 — диод VD7 — открытый транзистор VT1 — диод VD9 — переход «катод — управляющий электрод» симистора VS1 — нагрузка  $R_n$  — провод 1. В начале полупериода, когда ток через нагрузку равен нулю, потенциал эмиттера транзистора VT1 равен потенциалу сетевого провода 1 и (через открытый диод VD4) — потенциалу общего провода (при этом следует принять во внимание, что равны потенциалы эмиттера транзистора, управляющего электрода и катода симистора, причем катод имеет потенциал сетевого провода 1). Следовательно, и в этом

случае подача положительного управляющего напряжения на базу транзистора VT1 осуществляется относительно общего провода, то есть корректно. В остальную часть полупериода (точнее, в течение всего полупериода, кроме его начала) транзистор VT1 закрыт, и между коллектором и эмиттером действует полное напряжение сети. Симистор VS1, открывшийся в начале полупериода, продолжает удерживаться открытым в течение всего полупериода, но транзистор VT1, в отличие от случая, когда сетевое напряжение имеет другую полярность, после открывания симистора закрывается.

Диод VD2 предохраняет переход «эмиттер—база» транзистора VT1 от пробоя обратным напряжением, которое воздействует на транзистор в течение отрицательной полуволны сетевого напряжения.

Анализ работы устройства в течение обоих полупериодов сетевого напряжения показывает, что транзистор VT1 работает в допустимых режимах, а управление этим транзистором осуществляется подачей на базу положительного напряжения относительно эмиттера, то есть надлежащим образом (корректно).

В этой и прочих рассмотренных схемах диодные мосты могут быть также типов КЦ405 или КЦ409 (с буквами А—Г). Симистор КУ208Г можно заменить на ТС106-10, ТС112-10, ТС122-20. Тиристоры могут быть серий КУ201 (К, Л, М) или КУ202 (Л—Н), а также Т112, Т122, Т132, Т142. Высоковольтные транзисторы могут быть типов КТ506, КТ940, КТ604, КТ605, КТ8108—КТ8110, КТ8120, КТ8121 с любыми буквами.

Очень удобно использовать для коммутации переменных напряжений специально разработанные оптоэлектронные реле переменного тока большой мощности серии 5П19ТМ. Схема коммутатора на

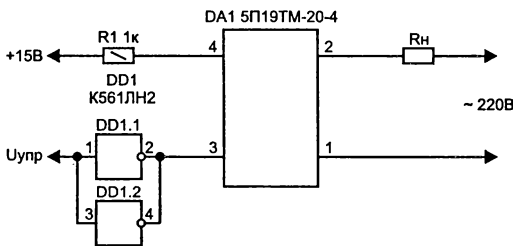


Рис. 6.26. Схема коммутатора на базе оптоэлектронного реле переменного тока

базе такого оптоэлектронного реле показана на рис. 6.26. Управляющие сигналы подаются на входы логического элемента НЕ (инвертора) микросхемы DD1. Два инвертора включены параллельно для увеличения нагрузоч-



ной способности (предельный выходной ток одного инвертора для данной микросхемы составляет 8 мА, а для надежного срабатывания оптоэлектронного реле DA1 (выводы 3 и 4) требуется обеспечить ток 10 мА). Очевидно, что ток через нагрузку будет протекать в том случае, когда на управляющем входе — напряжения логической 1.

Для оптоэлектронных реле серии 5П19ТМ номинальный входной ток включения составляет 10 мА (максимальное значение — 25 мА), наибольший выходной коммутируемый ток (действующее значение) — 20 А, наименьший выходной коммутируемый ток — 60 мА, наибольшее выходное коммутируемое напряжение (действующее значение) — 280 В для 5П19ТМ-20-4, 420 В для 5П19ТМ-20-6, 560 В для 5П19ТМ-20-8, напряжение изоляции — 1500 В. Подробные сведения о таких оптоэлектронных реле содержатся в [16].

## Приложение 6. Справочные данные основных параметров некоторых радиоэлементов

### Основные параметры выпрямительных и импульсных диодов, мостовых выпрямителей

**Таблица 6.4**

Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц	Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц
КД102А	250	0,1	1,0	0,1	10	КД258В	600	1,5	1,6	2	50
КД102Б	300	0,1	1,2	1	10	КД258Г	800	1,5	1,6	2	50
КД103А	50	0,1	1,0	0,5	20	КД258Д	1000	1,5	1,6	2	50
КД103Б	50	0,1	1,2	0,5	20	КД2997А	200	30	1,0	20 мА	100
КД105Б	400	0,3	1,0	100	1	КД2997Б	100	30	1,0	20 мА	100
КД105В	600	0,3	1,0	100	1	КД2997В	50	30	1,0	20 мА	100
КД105Г	800	0,3	1,0	100	1	2Д2998А	15	30	0,6	20 мА	200
КД105Д	100	0,3	1,0	100	1	2Д2998Б	25	30	0,68	20 мА	200
КД202А	50	5,0	0,9	1 мА	5	2Д2998В	25	30	0,68	20 мА	200
КД202В	100	5,0	0,9	1 мА	5	2Д2998Г	35	30	0,68	20 мА	200

продолжение табл. 6.4

Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц	Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц
КД202Д	200	5,0	0,9	1мА	5	КД2998Д	30	30	1,0	20 мА	200
КД202Ж	300	5,0	0,9	1мА	5	КД2999А	200	20	1,0	20 мА	100
КД202К	400	5,0	0,9	1мА	5	КД2999Б	100	20	1,0	20 мА	100
КД202М	500	5,0	0,9	1мА	5	КД2999В	50	20	1,0	20 мА	100
КД202Р	600	5,0	0,9	1мА	5	КД503А	30	0,02	1,0	4	350 МГц
2Д202Т	800	5,0	0,9	1мА	5	КД503Б	30	0,02	1,2	4	350 МГц
КД208А	100	1,0	1,0	100	1	КД509А	50	0,1	1,1	5	200 МГц
КД209А	400	0,7	1,0	30	1	КД510А	50	0,2	1,1	5	200 МГц
КД209Б	600	0,7	1,0	30	1	КД518А	50	0,1	0,6	5	50 МГц
КД209В	800	0,5	1,0	30	1	КД521А	75	0,05	1,0	1	100 МГц
КД209Г	1000	0,2	1,0	50	1	КД521В	50	0,05	1,0	1	100 МГц
КД221А	100	0,7	1,4	50	1	КД521Г	30	0,05	1,0	1	100 МГц
КД221Б	200	0,5	1,4	50	1	КД521Д	12	0,05	1,0	1	100 МГц
КД221В	400	0,3	1,4	100	1	КД522А	30	0,1	1,1	5	100 МГц
КД221Г	600	0,3	1,4	150	1	КД522Б	50	0,1	1,1	5	100 МГц
КД221Д	100	0,7	1,4	50	1	Однофазные мосты					
КД226А	100	2,0	1,4	10	50	КЦ906А	75	0,1	5,0	2	100
КД226Б	200	2,0	1,4	10	50	КЦ906Б	50	0,1	5,0	2	100
КД226В	400	2,0	1,4	10	50	КЦ906В	30	0,1	5,0	2	100
КД226Г	600	2,0	1,4	10	50	КЦ405А	600	1,0	4,0	125	5
КД226Д	800	2,0	1,4	10	50	КЦ405Б	500	1,0	4,0	125	5
КД226Е	600	2,0	1,4	10	50	КЦ405В	400	1,0	4,0	125	5
КД243А	50	1,0	1,1	10	1	КЦ405Г	300	1,0	4,0	125	5
КД243Б	100	1,0	1,1	10	1	КЦ405Д	200	1,0	4,0	125	5
КД243В	200	1,0	1,1	10	1	КЦ405Е	100	1,0	4,0	125	5
КД243Г	400	1,0	1,1	10	1	КЦ405Ж	600	0,6	4,0	125	5
КД243Д	600	1,0	1,1	10	1	КЦ405И	500	0,6	4,0	125	5
КД243Е	800	1,0	1,1	10	1	КЦ407А	300	0,3	2,5	5	20
КД243Ж	1000	1,0	1,1	10	1	КЦ410А	50	3,0	1,2	50	1
КД247А	100	1,0	1,3	5	150	КЦ410Б	100	3,0	1,2	50	1
КД247Б	200	1,0	1,3	5	150	КЦ410В	200	3,0	1,2	50	1
КД247В	400	1,0	1,3	5	150	КЦ412А	50	1,0	1,2	50	—

окончание табл. 6.4

Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц	Тип диода	U <sub>обр. макс.</sub> , В	I <sub>пр. макс.</sub> , А	U <sub>пр.</sub> , В	I <sub>обр. макс.</sub> , мА	F <sub>макс.</sub> , кГц
КД247Г	600	1,0	1,3	5	50	Однофазные мосты					
КД247Д	800	1,0	1,3	5	50	КЦ412Б	100	1,0	1,2	50	—
КД257А	200	3	1,5	2	50	КЦ412В	200	1,0	1,2	50	—
КД257Б	400	3	1,5	2	50	КЦ417А	600	1,0	3	15	5
КД257В	600	3	1,5	2	50	КЦ417Б	400	1,0	3	15	5
КД257Г	800	3	1,5	2	50	КЦ417В	200	1,0	3	15	5
КД257Д	1000	3	1,5	2	50	КЦ422А	50	0,5		50	1
КД258А	200	1,5	1,6	2	50	КЦ422Б	100	0,5		50	1
КД258Б	400	1,5	1,6	2	50	КЦ422В	200	0,5		50	1
						КЦ422Г	400	0,5		50	1

## Основные параметры биполярных транзисторов

Таблица 6.5.1

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и. макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и. макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и. макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21Э</sub>	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бз.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П4АЭ	р-п-р	50	5	20	0,15	> 5	—	0,5	-60...+70
П4БЭ	р-п-р	60	5	25	0,15	15...40	—	0,4	-60...+70
П4ВЭ	р-п-р	35	5	25	0,15	> 10	—	0,4	-60...+70
П4ГЭ	р-п-р	50	5	25	0,15	15...30	—	0,4	-60...+70
П4ДЭ	р-п-р	50	5	25	0,15	> 30	—	0,4	-60...+70
П210А	р-п-р	65	12 (9,0)	60	0,1	> 15	—	8,0 (3,0)	-60...+70
П210Ш	р-п-р	65	12 (9,0)	60	0,1	15...60	—	8,0 (3,0)	-60...+70
П213	р-п-р	40	5	11,5	0,15	20...50	0,5 (0,75)	0,15 (0,3)	-60...+70
П213А	р-п-р	30	5	10	0,15	> 20	—	1,0 (0,4)	-60...+70
П213Б	р-п-р	30	5	10	0,15	> 40	2,5	1,0 (0,4)	-60...+70
П214	р-п-р	55	5	10	0,15	20...60	0,9 (1,2)	0,3 (0,3)	-60...+70
П214А	р-п-р	55	5	10	0,15	50...150	0,9 (1,2)	0,3 (0,3)	-60...+70

окончание табл. 6.5.1

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к. макс.</sub> , °C
		U <sub>кз. макс.</sub> (U <sub>кз. и. макс.</sub> ), В	I <sub>к. макс.</sub> (I <sub>к. и. макс.</sub> ), А	P <sub>к. макс.</sub> (P <sub>к. и. макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21Э</sub>	U <sub>кз. нас.</sub> (U <sub>бэ. нас.</sub> ), В	I <sub>к. обр.</sub> (I <sub>э. обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П214Б	р-п-р	55	5	11,5	0,15	20...150	0,9 (0,9)	1,5 (0,3)	-60...+70
П214В	р-п-р	55	5	10	0,15	> 20	2,5	1,5 (0,4)	-60...+70
П214Г	р-п-р	55	5	10	0,15	—	2,5	1,5 (0,4)	-60...+70
П215	р-п-р	80	5	10	0,15	20...150	0,9 (1,2)	0,3 (0,3)	-60...+70
П216	р-п-р	40	7,5	30	0,1	>18	0,75 (1,5)	0,5 (0,4)	-60...+70
П216А	р-п-р	40	7,5	30	0,1	>18	0,75 (1,5)	0,5 (0,4)	-60...+70
П216Б	р-п-р	30	7,5	24	0,1	>18	0,5 (1,5)	1,5 (0,75)	-60...+70
П216В	р-п-р	30	7,5	24	0,1	>18	0,5 (1,5)	2,0 (0,75)	-60...+70
П216Г	р-п-р	50	7,5	24	0,1	>18	0,5 (1,5)	2,5 (0,75)	-60...+70
П216Д	р-п-р	50	7,5	24	0,1	>18	0,5 (1,5)	2,0 (0,75)	-60...+70
П217	р-п-р	60	7,5	30	0,1	>15	1,0 (1,5)	0,5 (0,4)	-60...+70
П217А	р-п-р	60	7,5	30	0,1	>15	1,0 (1,5)	0,5 (0,4)	-60...+70
П217Б	р-п-р	60	7,5	30	0,1	>15	1,0 (0,75)	0,5 (0,4)	-60...+70
П217В	р-п-р	60	7,5	24	0,1	>15	0,5 (1,5)	3,0 (0,75)	-60...+70
П217Г	р-п-р	60	7,5	24	0,1	>15	1,0 (0,8)	3,0 (0,75)	-60...+70
ГТ806А	р-п-р	75	15 (25)	30	10	10...100	0,6 (1,0)	15 (5,0)	-55...+55
ГТ806Б	р-п-р	100	15 (25)	30	10	10...100	0,6 (1,0)	15 (5,0)	-55...+55
ГТ806В	р-п-р	120	15 (25)	30	10	10...100	0,6 (1,0)	15 (5,0)	-55...+55
ГТ806Г	р-п-р	50	15 (25)	30	10	10...100	0,6 (1,0)	15 (5,0)	-55...+55
ГТ806Д	р-п-р	140	15 (25)	30	10	10...100	0,6 (1,0)	15 (5,0)	-55...+55
1Т806А	р-п-р	75	20 (25)	30	10	10...100	0,6 (0,8)	12 (5,0)	-60...+70
1Т806Б	р-п-р	100	20 (25)	30	10	10...100	0,6 (0,8)	12 (5,0)	-60...+70
1Т806В	р-п-р	120	20 (25)	30	10	10...100	0,6 (0,8)	12 (5,0)	-60...+70
ГТ810А	р-п-р	200 (250)	10 (10)	15	5	>15	0,7 (0,8)	20 (15)	-50...+55
1Т813А	р-п-р	100	30 (40)	50	—	10...60	0,8 (0,8)	16 (40)	-60...+70
1Т813Б	р-п-р	125	30 (40)	50	—	10...60	0,8 (0,8)	16 (40)	-60...+70
1Т813В	р-п-р	150	30 (40)	50	—	10...60	0,8 (0,8)	16 (40)	-60...+70

Таблица 6.5.2

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T=25°C			Значения параметров при T=25°C			T <sub>к.макс.</sub> °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ) В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ) А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.т.макс.</sub> ) Вт	f <sub>гр.</sub> МГц	h <sub>213</sub>	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ) мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КТ501А	р-п-р	15	0,3 (0,5)	0,35	5	20...60	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Б	р-п-р	15	0,3 (0,5)	0,35	5	40...120	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501В	р-п-р	15	0,3 (0,5)	0,35	5	80...240	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Г	р-п-р	30	0,3 (0,5)	0,35	5	20...60	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Д	р-п-р	30	0,3 (0,5)	0,35	5	40...120	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Е	р-п-р	30	0,3 (0,5)	0,35	5	80...240	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Ж	р-п-р	45	0,3 (0,5)	0,35	5	20...60	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501И	р-п-р	45	0,3 (0,5)	0,35	5	40...120	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501К	р-п-р	45	0,3 (0,5)	0,35	5	80...240	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501Л	р-п-р	60	0,3 (0,5)	0,35	5	20...60	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ501М	р-п-р	60	0,3 (0,5)	0,35	5	40...120	1,0 (1,0)	-60...+125
КТ502А	р-п-р	40	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ502Б	р-п-р	40	0,15 (0,35)	0,35	5	80...240	1	-40...+85
КТ502В	р-п-р	60	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ502Г	р-п-р	60	0,15 (0,35)	0,35	5	80...240	1	-40...+85
КТ502Д	р-п-р	80	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ502Е	р-п-р	90	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ503А	п-р-п	40	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ503Б	п-р-п	40	0,15 (0,35)	0,35	5	80...240	1	-40...+85
КТ503В	п-р-п	60	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ503Г	п-р-п	60	0,15 (0,35)	0,35	5	80...240	1	-40...+85
КТ503Д	п-р-п	80	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
КТ503Е	п-р-п	100	0,15 (0,35)	0,35	5	40...120	1	-40...+85
2Т504А	п-р-п	400	1,0 (2,0)	1,0 (10)	20	>15	100 (100)	-60...+125
2Т504Б	п-р-п	250	1,0 (2,0)	1,0 (10)	20	>15	100 (100)	-60...+125
2Т505А	р-п-р	300	1,0 (2,0)	5	20	> 25	100 (100)	-60...+125
2Т505Б	р-п-р	250	1,0 (2,0)	5	20	> 25	100 (100)	-60...+125
КТ506А	п-р-п	800	2,0 (5,0)	0,8 (10)	10	30...150	1000(1000)	-60...+125

окончание табл. 6.5.2

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T=25°C			Значения параметров при T=25°C			T <sub>к.макс.</sub> °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ) В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ) А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.т.макс.</sub> ) Вт	f <sub>гр.</sub> МГц	h <sub>21э</sub>	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ) мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КТ506Б	п-р-п	600	2,0 (5,0)	0,8 (10)	10	30...150	200 (1000)	-60...+125
2Т506А	п-р-п	800	2,0 (5,0)	0,8 (10)	10	30...150	1000(1000)	-60...+125
2Т506Б	п-р-п	600	2,0 (5,0)	0,8 (10)	10	30...150	200 (1000)	-60...+125

Таблица 6.5.3

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	K <sub>ш</sub> , дБ	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ601А	п-р-п	100	0,03	0,25	40	>16	—	(100)	-40...+85
КТ601АМ	п-р-п	100	0,03	0,25	40	>16	—	(100)	-40...+85
КТ602А	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	20...80	—	70	-40...+85
КТ602Б	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	> 50	—	70	-40...+85
2Т602А	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	20...80	—	10	-60...+125
2Т602Б	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	50...200	—	10	-60...+125
2Т602АМ	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	20...80	—	10	-60...+125
2Т602БМ	п-р-п	100	0,075 (0,5)	0,85	150	50...200	—	10	-60...+125
КТ603А	п-р-п	30	0,3 (0,6)	0,5	200	10...80	—	10 (3,0)	-40...+85
КТ603Б	п-р-п	30	0,3 (0,6)	0,5	200	> 60	—	10 (3,0)	-40...+85
КТ603В	п-р-п	15	0,3 (0,6)	0,5	200	10...80	—	5,0 (3,0)	-40...+85
КТ603Г	п-р-п	15	0,3 (0,6)	0,5	200	> 60	—	5,0 (3,0)	-40...+85
КТ603Д	п-р-п	10	0,3 (0,6)	0,5	200	20...80	—	1,0 (3,0)	-40...+85
КТ603Е	п-р-п	10	0,3 (0,6)	0,5	200	60...200	—	1,0 (3,0)	-40...+85
2Т603А	п-р-п	30	0,3 (0,6)	0,5	200	20...80	—	3,0 (3,0)	-60...+125
2Т603Б	п-р-п	30	0,3 (0,6)	0,5	200	60...180	—	3,0 (3,0)	-60...+125
2Т603В	п-р-п	15	0,3 (0,6)	0,5	200	20...80	—	3,0 (3,0)	-60...+125
2Т603Г	п-р-п	15	0,3 (0,6)	0,5	200	60...180	—	3,0 (3,0)	-60...+125

продолжение табл. 6.5.3

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>213</sub>	K <sub>ш</sub> , дБ	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2Т603И	п-р-п	30	0,3 (0,6)	0,5	200	> 20	—	3,0 (3,0)	—60...+125
КТ604А	п-р-п	250	0,2	0,8	40	10...40	—	20 (50)	—60...+100
КТ604Б	п-р-п	250	0,2	0,8	40	30...120	—	20 (50)	—60...+100
КТ604АМ	п-р-п	250	0,2	0,8	40	10...40	—	20 (50)	—60...+100
КТ604БМ	п-р-п	250	0,2	0,8	40	30...120	—	20 (50)	—60...+100
2Т604А	п-р-п	250	0,2	0,8	40	10...40	—	20 (50)	—60...+100
2Т604Б	п-р-п	250	0,2	0,8	40	30...120	—	20 (50)	—60...+100
КТ605А	п-р-п	250	0,1 (0,2)	0,4	40	10...40	—	20 (50)	—40...+150
КТ605Б	п-р-п	250	0,1 (0,2)	0,4	40	30...120	—	20 (50)	—40...+150
КТ605АМ	п-р-п	250	0,1 (0,2)	0,4	40	10...40	—	20 (50)	—40...+150
КТ605БМ	п-р-п	250	0,1 (0,2)	0,4	40	30...120	—	20 (50)	—40...+150
КТ608А	п-р-п	60 (80)	0,4 (0,8)	0,5	100	20...80	—	10 (10)	—45...+85
КТ608Б	п-р-п	60 (80)	0,4 (0,8)	0,5	100	40...160	—	10 (10)	—45...+85
2Т608А	п-р-п	60 (80)	0,4 (0,8)	0,5	100	25...80	—	10 (10)	—60...+125
2Т608Б	п-р-п	60 (80)	0,4 (0,8)	0,5	100	50...160	—	10 (10)	—60...+125
КТ611А	п-р-п	180	0,1	0,8	—	10...40	—	100	—40...+100
КТ611Б	п-р-п	182	0,1	0,8	—	30...120	—	100	—40...+100
КТ611В	п-р-п	150	0,1	0,8	—	10...40	—	100	—40...+100
КТ611Г	п-р-п	150	0,1	0,8	—	30...120	—	100	—40...+100
КТ611АМ	п-р-п	180	0,1	0,8	60	10...40	—	100	—40...+100
КТ611БМ	п-р-п	180	0,1	0,8	60	30...120	—	100	—40...+100
КТ616А	п-р-п	20	0,4 (0,6)	0,3	—	> 40	—	15 (15)	—40...+85
КТ616Б	п-р-п	20	0,4 (0,6)	0,3	—	> 25	—	15 (15)	—40...+85
КТ617А	п-р-п	20	0,4 (0,6)	0,5	100	> 30	—	15 (15)	—40...+85
КТ617В	п-р-п	45	0,4 (0,6)	0,5	100	> 30	—	15 (15)	—40...+85
КТ618А	п-р-п	250	0,1	0,5	20	> 30	—	50 (100)	—40...+85
КТ620А	р-п-р	20 (50)	—	0,225	—	> 100	—	5	—45...+70
КТ620Б	р-п-р	20 (40)	—	0,5	—	30...100	—	5	—45...+70

продолжение табл. 6.5.3

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	K <sub>ш</sub> , дБ	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ625А	п-р-п	40	1,0 (1,3)	1	—	20...200	—	30 (100)	-50...+85
КТ625АМ	п-р-п	40	1,0 (1,3)	1	—	20...200	—	30 (100)	-50...+85
КТ626А	р-п-р	45	0,5 (1,5)	6,5	75	40...250	—	10 (10)	-40...+85
КТ626Б	р-п-р	60	0,5 (1,5)	6,5	75	30...100	—	150 (300)	-40...+85
КТ626В	р-п-р	80	0,5 (1,5)	6,5	45	15...45	—	150 (300)	-40...+85
КТ626Г	р-п-р	20	0,5 (1,5)	6,5	45	15...60	—	150 (300)	-40...+85
КТ626Д	р-п-р	20	0,5 (1,5)	6,5	45	40...250	—	150 (300)	-40...+85
КТ629А	р-п-р	50	1	1	—	25...150	—	5,0 (5,0)	-60...+125
КТ630А	п-р-п	120	1,0 (2,0)	0,8	50	40...120	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ630Б	п-р-п	120	1,0 (2,0)	0,8	50	80...240	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ630В	п-р-п	150	1,0 (2,0)	0,8	50	40...120	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ630Г	п-р-п	100	1,0 (2,0)	0,8	50	40...120	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ630Д	п-р-п	60	1,0 (2,0)	0,8	50	80...240	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ630Е	п-р-п	60	1,0 (2,0)	0,8	50	160...480	—	1,0 (0,1)	-60...+125
2Т630А	п-р-п	120	1,0 (2,0)	0,8	50	40...120	—	1,0 (0,1)	-60...+125
2Т630Б	п-р-п	120	1,0 (2,0)	0,8	50	80...240	—	1,0 (0,1)	-60...+125
КТ632Б	п-р-п	120	0,1 (0,35)	0,5	—	> 50	—	1,0 (100)	-40...+85
2Т632А	п-р-п	120	0,1 (0,35)	0,5	—	> 50	—	1,0 (100)	-60...+125
КТ635Б	п-р-п	60	1,0 (1,2)	0,5	200	20...150	—	30 (30)	-40...+85
2Т635А	п-р-п	60	1,0 (1,2)	0,5	250	25...150	—	10 (10)	-60...+125
КТ638А	п-р-п	110	0,1	0,5	200	50...350	—	—	-40...+100
КТ638Б	п-р-п	110	0,1	0,5	200	150...450	—	—	-40...+100
2Т638А	п-р-п	120	0,1 (0,35)	0,5	—	> 15	—	0,1 (10)	-60...+125
КТ639А	р-п-р	45	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	40...100	—	0,1	-60...+125
КТ639Б	р-п-р	45	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	60...100	—	0,1	-60...+125
КТ639В	р-п-р	45	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	100...250	—	0,1	-60...+125
КТ639Г	р-п-р	60	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	40...100	—	0,1	-60...+125
КТ639Д	р-п-р	60	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	60...100	—	0,1	-60...+125



окончание табл. 6.5.3

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	K <sub>ш</sub> , дБ	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мкА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ639Е	р-п-р	100	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	40...100	—	0,1	—60...+125
КТ639Ж	р-п-р	100	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	60...100	—	0,1	—60...+125
КТ639И	р-п-р	30	1,5 (2,0)	1,0 (6,0)	80	180...400	—	0,1	—60...+125
КТ644А	р-п-р	60	0,6 (1,0)	1,0 (20)	—	40...120	—	0,1 (0,1)	—60...+125
КТ644Б	р-п-р	60	0,6 (1,0)	1,0 (20)	—	100...300	—	0,1 (0,1)	—60...+125
КТ644В	р-п-р	60	0,6 (1,0)	1,0 (20)	—	40...120	—	0,1 (0,1)	—60...+125
КТ644Г	р-п-р	60	0,6 (1,0)	1,0 (20)	—	100...300	—	0,1 (0,1)	—60...+125
КТ645А	п-р-п	50	0,3 (0,6)	0,5 (1,0)	200	20...200	—	10 (10)	—40...+85
КТ645Б	п-р-п	40	0,3	0,5	200	> 50	—	—	—40...+85

Таблица 6.5.4

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бэ.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ801А	п-р-п	80	2	5	10	13...50	2	10 (2,0)	—60...+85
КТ801Б	п-р-п	60	2	5	10	30...150	2	10 (2,0)	—60...+85
КТ802А	п-р-п	(130)	5	50	10	> 15	5	60	—25...+100
КТ803А	п-р-п	60 (80)	10	60	—	10...70	2,5	30 (50)	—40...+100
2Т803А	п-р-п	60 (80)	10	60	—	10...50	2,5	30 (20)	—60...+125
КТ805А	п-р-п	(160)	5,0 (8,0)	30	—	>15	2,5 (1,5)	60 (100)	—60...+100
КТ805Б	п-р-п	(135)	5,0 (8,0)	30	—	>15	5,0 (5,0)	70 (100)	—60...+100
КТ805АМ	п-р-п	(160)	5,0 (8,0)	30	20	>15	2,5 (1,5)	60 (100)	—60...+100
КТ805БМ	п-р-п	(135)	5,0 (8,0)	30	20	>15	5,0 (5,0)	70 (100)	—60...+100
КТ805ВМ	п-р-п	(135)	5,0 (8,0)	30	20	>15	2,5 (5,0)	70 (100)	—60...+100
КТ807А	п-р-п	100 (120)	0,5 (1,5)	10	5	15...45	1	5,0 (15)	—40...+85
КТ807Б	п-р-п	100 (120)	0,5 (1,5)	10	5	30...100	1	5,0 (15)	—40...+85

продолжение табл. 6.5.4

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>213</sub>	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бз.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ807АМ	п-р-п	100 (120)	0,5 (1,5)	10	5	15...45	1	5,0 (15)	-40...+85
КТ807БМ	п-р-п	100 (120)	0,5 (1,5)	10	5	30...100	1	5,0 (15)	-40...+85
КТ808А	п-р-п	120 (250)	10	50	—	10...50	2,0 (2,5)	3,0 (50)	-60...+100
КТ808АМ	п-р-п	130 (250)	10	60	10	20...150	2,0 (2,5)	2,0 (50)	-60...+125
КТ808БМ	п-р-п	100 (250)	10	60	10	20...150	2,0 (2,5)	2,0 (50)	-60...+125
КТ808ВМ	п-р-п	80 (250)	10	60	10	20...150	2,0 (2,5)	2,0 (50)	-60...+125
КТ808ГМ	п-р-п	70 (250)	10	60	10	20...150	2,0 (2,5)	2,0 (50)	-60...+125
2Т808А	п-р-п	120 (250)	10	50	—	10...50	2,0 (2,5)	3,0 (50)	-60...+125
КТ809А	п-р-п	400	3,0 (5,0)	40	—	15...100	1,5 (2,3)	3,0 (50)	-60...+125
2Т809А	п-р-п	400	3,0 (5,0)	40	—	15...100	1,5 (2,3)	3,0 (50)	-60...+125
КТ812А	п-р-п	(700)	8 (12)	50	—	> 4	2,5 (2,5)	5,0 (150)	-45...+85
КТ812Б	п-р-п	(500)	8 (12)	50	—	> 4	2,5 (2,5)	5,0 (150)	-45...+85
КТ812В	п-р-п	(300)	8 (12)	50	—	10...125	2,5 (2,5)	5,0 (150)	-45...+85
2Т812А	п-р-п	(700)	10 (17)	50	—	5...30	2,5 (2,5)	5,0 (50)	-60...+125
2Т812Б	п-р-п	(500)	10 (17)	50	—	5...30	2,5 (2,5)	5,0 (50)	-60...+125
КТ814А	р-н-р	25	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ814Б	р-н-р	40	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ814В	р-н-р	60	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ814Г	р-н-р	80	1,5 (3,0)	10	3	> 30	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ815А	п-р-п	25	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ815Б	п-р-п	40	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ815В	п-р-п	60	1,5 (3,0)	10	3	> 40	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ815Г	п-р-п	80	1,5 (3,0)	10	3	> 30	0,6 (1,2)	0,05	-40...+100
КТ816А	р-н-р	25	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ816Б	р-н-р	45	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ816В	р-н-р	60	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ816Г	р-н-р	80	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ817А	п-р-п	25	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100

окончание табл. 6.5.4

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	η <sub>213</sub>	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бз.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>з.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ817Б	п-р-п	45	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ817В	п-р-п	60	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ817Г	п-р-п	80	3,0 (6,0)	25	3	> 25	0,6 (1,5)	0,1	-40...+100
КТ818А	р-п-р	40	10 (15)	60	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818Б	р-п-р	50	10 (15)	60	3	> 20	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818В	р-п-р	70	10 (15)	60	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818Г	р-п-р	90	10 (15)	60	3	> 12	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818АМ	р-п-р	40	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818БМ	р-п-р	50	15 (20)	100	3	> 20	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818ВМ	р-п-р	70	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818ГМ	р-п-р	90	15 (20)	100	3	> 12	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818А1	р-п-р	40	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818Б1	р-п-р	50	15 (20)	100	3	> 20	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818В1	р-п-р	60	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ818Г1	р-п-р	80	15 (20)	100	3	> 12	2,0 (3,0)	1	-40...+100
2Т818А	р-п-р	100	15 (20)	100	3	> 20	1,0 (1,5)	—	-60...+125
2Т818Б	р-п-р	80	15 (20)	100	3	> 20	1,0 (1,5)	—	-60...+125
2Т818В	р-п-р	60	15 (20)	100	3	> 20	1,0 (1,5)	—	-60...+125
КТ819А	п-р-п	40	10 (15)	60	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819Б	п-р-п	50	10 (15)	60	3	> 20	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819В	п-р-п	70	10 (15)	60	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819Г	п-р-п	100	10 (15)	60	3	> 12	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819АМ	п-р-п	40	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819БМ	п-р-п	50	15 (20)	100	3	> 20	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819ВМ	п-р-п	70	15 (20)	100	3	> 15	2,0 (3,0)	1	-40...+100
КТ819ГМ	п-р-п	100	15 (20)	100	3	> 12	2,0 (3,0)	1	-40...+100

Таблица 6.5.5

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к. макс.</sub> , °C
		U <sub>кз. макс.</sub> (U <sub>кз. и. макс.</sub> ), В	I <sub>к. макс.</sub> (I <sub>к. и. макс.</sub> ), А	P <sub>к. макс.</sub> (P <sub>к. и. макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	η <sub>213</sub>	U <sub>кз. нас.</sub> (U <sub>бз. нас.</sub> ), В	I <sub>к. обр.</sub> (I <sub>з. обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ825Г	р-п-р	90	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (3,0)	—	—40...+100
КТ825Д	р-п-р	60	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (3,0)	—	—40...+100
КТ825Е	р-п-р	30	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (3,0)	—	—40...+100
2Т825А	р-п-р	100	20 (40)	125	—	500...18000	2,0 (3,0)	—	—60...+125
2Т825Б	р-п-р	80	20 (40)	125	—	750...18000	2,0 (3,0)	—	—60...+125
2Т825В	р-п-р	60	20 (40)	125	—	750...18000	2,0 (3,0)	—	—60...+125
КТ827А	п-р-п	100 (100)	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+100
КТ827Б	п-р-п	80 (80)	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+100
КТ827В	п-р-п	60 (60)	20 (40)	125	4	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+100
2Т827А	п-р-п	100 (100)	20 (40)	125	—	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+125
2Т827Б	п-р-п	80 (80)	20 (40)	125	—	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+125
2Т827В	п-р-п	60 (60)	20 (40)	125	—	750...18000	2,0 (4,0)	3,0 (2,0)	—60...+125
КТ837Б	р-п-р	70	7,5	30	1	20...80	2,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837В	р-п-р	70	7,5	30	1	50...150	2,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Г	р-п-р	55	7,5	30	1	10...40	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Д	р-п-р	55	7,5	30	1	20...80	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Е	р-п-р	55	7,5	30	1	50...150	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Ж	р-п-р	40	7,5	30	1	10...40	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837И	р-п-р	40	7,5	30	1	20...80	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837К	р-п-р	40	7,5	30	1	50...150	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Л	р-п-р	70	7,5	30	1	10...40	2,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837М	р-п-р	70	7,5	30	1	20...80	2,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Н	р-п-р	70	7,5	30	1	50...150	2,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837П	р-п-р	55	7,5	30	1	10...40	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Р	р-п-р	55	7,5	30	1	20...80	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837С	р-п-р	55	7,5	30	1	50...150	0,9 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100
КТ837Т	р-п-р	40	7,5	30	1	10...40	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	—60...+100

окончание табл. 6.5.5

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C				T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бэ.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>э.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КТ837У	р-п-р	40	7,5	30	1	20...80	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	-60...+100
КТ837Ф	р-п-р	40	7,5	30	1	50...150	0,5 (1,5)	0,15 (0,3)	-60...+100
КТ838А	п-р-п	700 (1500)	5,0 (7,5)	52	3	> 35	5,0 (1,5)	—	-45...+100
2Т839А	п-р-п	(1500)	10 (10)	50	-	> 20	1,5 (1,5)	1,0 (10)	-60...+100
КТ840А	п-р-п	400 (900)	6,0 (8,0)	60	8	10...100	3,0 (1,6)	—	-45...+100
КТ840Б	п-р-п	350 (750)	6,0 (8,0)	60	8	10...100	3,0 (1,6)	—	-45...+100
2Т841А	п-р-п	600 (500)	10 (15)	50	10	12...45	1,5 (1,6)	3,0 (10)	-60...+125
2Т841Б	п-р-п	400 (350)	10 (15)	50	10	12...45	1,5 (1,6)	3,0 (10)	-60...+125
2Т842А	р-п-р	300	5,0 (8,0)	50	20	> 15	1,8 (1,8)	1,0 (5,0)	-60...+125
2Т842Б	р-п-р	200	5,0 (8,0)	50	20	> 15	1,8 (1,8)	1,0 (5,0)	-60...+125
КТ844А	п-р-п	(250)	10 (20)	50	—	10...50	2,5 (2,5)	3,0 (20)	-45...+100
2Т844А	п-р-п	(250)	10 (20)	50	—	10...50	2,5 (2,5)	3,0 (20)	-60...+125
КТ845А	п-р-п	400 (400)	5,0 (7,5)	40	—	15...100	1,5 (1,8)	3,0 (15)	-45...+100
2Т845А	п-р-п	400 (400)	5,0 (7,5)	40	—	15...100	1,5 (1,8)	3,0 (15)	-60...+125
КТ846А	п-р-п	1500 (1500)	5,0 (7,5)	12,5 (250)	7	—	1,0 (1,5)	—	-25...+100
КТ847А	п-р-п	650 (650)	15 (25)	125	15	8...25	1,5	5,0 (100)	-45...+100
КТ847Б	п-р-п		15	125	15	> 8			
КТ848А	п-р-п	400	15	35	-	> 20	2,0 (2,7)	3	-45...+100

Таблица 6.5.6

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C					T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	S <sub>к.</sub> (C <sub>э.</sub> ), пФ	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бэ.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>э.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КТ902А	п-р-п	(110)	5	30	35	> 15	—	2	10 (100)	-60...+125
КТ902АМ	п-р-п	(110)	5	30	—	> 15	—	2	60 (100)	-60...+125
КТ903А	п-р-п	60 (80)	3,0 (10)	30 (60)	—	15...70	180	2,5 (2,0)	10 (50)	-40...+85

продолжение табл. 6.5.6

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C					T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	P <sub>к.макс.</sub> (P <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>21э</sub>	C <sub>к.</sub> (C <sub>э.</sub> ), пФ	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бэ.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>э.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КТ903Б	п-р-п	60 (80)	3,0 (10)	30 (60)	—	40...180	180	2,5 (2,0)	10 (50)	-40...+85
2Т903А	п-р-п	60 (80)	3,0 (10)	30 (60)	—	15...70	180	2,0 (2,0)	2,0 (30)	-60...+125
2Т903Б	п-р-п	60 (80)	3,0 (10)	30 (60)	—	40...180	180	2,0 (2,0)	2,0 (30)	-60...+125
КТ908А	п-р-п	100	10	50	—	8...60	700	1,5 (2,3)	(300)	-60...+125
КТ908Б	п-р-п	60	10	50	—	> 20	700	1,0 (2,3)	(300)	-60...+125
2Т908А	п-р-п	100	10	50	—	8...60	700	0,8 (1,6)	(300)	-60...+125
КТ912А	п-р-п	70 (80)	20	35	30	10...50	200	—	(250)	-40...+85
КТ912Б	п-р-п	70 (80)	20	35	30	20...100	200	—	(250)	-40...+85
2Т912А	п-р-п	70 (80)	20	35	30	10...50	200	—	(250)	-60...+125
2Т912Б	п-р-п	70 (80)	20	35	30	20...100	200	—	(250)	-60...+125
2Т917А	п-р-п	150 (200)	10 (15)	50	30	10...60	—	—	(200)	-60...+125
КТ920А	п-р-п	36	0,25 (1,0)	5	175	—	—	—	—	-40...+85
КТ920Б	п-р-п	36	1,0 (2,0)	10	175	—	—	—	—	-40...+85
КТ920В	п-р-п	36	3,0 (7,0)	25	175	—	—	—	—	-40...+85
КТ920Г	п-р-п	36	3,0 (7,0)	25	175	—	—	—	—	-40...+85
КТ926А	п-р-п	150 (200)	15 (25)	50 (450)	30	10...60	—	1,0 (2,5)	25 (300)	-40...+100
КТ926Б	п-р-п	150 (200)	15 (25)	50 (450)	30	10...60	—	2,5 (2,5)	25 (300)	-40...+100
2Т926А	п-р-п	150 (200)	15 (25)	50 (450)	30	12...60	—	2,5 (2,5)	25 (300)	-60...+125
КТ927А	п-р-п	70	10 (30)	83,3	30	>15	195 (2850)	0,7	40 (40)	-60...+150
КТ927Б	п-р-п	70	10 (30)	83,3	30	> 25	195 (2850)	0,7	40 (40)	-60...+150
КТ927В	п-р-п	70	10 (30)	83,3	30	> 40	195 (2850)	0,7	40 (40)	-60...+150
КТ935А	п-р-п	80 (100)	20 (30)	60	30	20...100	800 (3500)	1,0 (1,7)	30 (300)	-45...+100
2Т935А	п-р-п	80 (100)	20 (30)	60	30	20...100	800 (3500)	1,0 (1,7)	30 (300)	-60...+125
КТ936А	п-р-п	60	3,3	28	-	> 6	—	—	10 (15)	-60...+100
КТ936Б	п-р-п	60	10	83,3	-	> 6	—	—	30 (40)	-60...+100

окончание табл. 6.5.6

Тип прибора	Проводимость	Предельные значения параметров при T = 25°C			Значения параметров при T = 25°C					T <sub>к.макс.</sub> , °C
		U <sub>кз.макс.</sub> (U <sub>кз.и.макс.</sub> ), В	I <sub>к.макс.</sub> (I <sub>к.и.макс.</sub> ), А	R <sub>к.макс.</sub> (R <sub>к.и.макс.</sub> ), Вт	f <sub>гр.</sub> , МГц	h <sub>213</sub>	C <sub>к.</sub> (C <sub>э.</sub> ), пФ	U <sub>кз.нас.</sub> (U <sub>бэ.нас.</sub> ), В	I <sub>к.обр.</sub> (I <sub>э.обр.</sub> ), мА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КТ940А	п-р-п	300	0,1 (0,3)	10	90	> 25	5,5	1	50 (50)нА	-40...+85
КТ940Б	п-р-п	250	0,1 (0,3)	10	90	> 25	5,5	1	50 (50)нА	-40...+85
КТ940В	п-р-п	160	0,1 (0,3)	10	90	> 25	5,5	1	50 (50)нА	-40...+85
КТ944А	п-р-п	100 (100)	12,5 (20)	55	30	10...80	350 (1500)	2,5	80 (150)	-45...+100
2Т944А	п-р-п	100 (100)	12,5 (20)	55	30	10...80	350 (1500)	2,5	80 (150)	-60...+125
КТ945Б	п-р-п	150	15 (25)	50	30	10...60	200	2,5 (3,0)	25 (300)	-45...+100
2Т945А	п-р-п	200	15 (25)	50	30	10...60	200	2,5 (3,0)	25 (300)	-60...+125
2Т945Б	п-р-п	150	15 (25)	50	30	10...60	200	2,5 (3,0)	25 (300)	-60...+125
2Т945В	п-р-п	150	10 (20)	50	30	10...60	200	2,5 (3,0)	25 (300)	-60...+125
КТ947А	п-р-п	100	20 (50)	200	30	10...80	850	—	100 (150)	-60...+100
2Т947А	п-р-п	100	20 (50)	200	30	10...80	850	—	100 (150)	-60...+125

## Основные параметры интегральных стабилизаторов напряжения

Таблица 6.6

Наименование микросхемы	U <sub>стаб.</sub> , В	I <sub>ст.макс.</sub> , А	P <sub>макс.</sub> , Вт	I <sub>потр.макс.</sub> , мА
(К)142ЕН1А	3...12 ±0,3	0,15	0,8	4
(К)142ЕН1Б	3...12 ±0,1			
К142ЕН1В	3...12 ±0,5			
К142ЕН1Г	3...12 ±0,5			
К142ЕН2А	3...12 ±0,3			
К142ЕН2Б	3...12 ±0,1			
142ЕН3	3...30 ±0,05	1,0	6	10
К142ЕН3А	3...30 ±0,05	1,0		
К142ЕН3Б	5...30 ±0,05	0,75		

продолжение табл. 6.6

Наименование микросхемы	U <sub>стаб.</sub> , В	I <sub>ст. макс.</sub> , А	P <sub>мах.</sub> , Вт	I <sub>потр-макс.</sub> , мА
142ЕН4	1.2...15 ±0,1	0,3	6	10
K142ЕН4А	1.2...15 ±0,2	0,3		
K142ЕН4Б	3...15 ±0,4	0,3		
(K)142ЕН5А	5 ±0,1	3,0	5	10
(K)142ЕН5Б	6 ±0,12	3,0		
(K)142ЕН5В	5 ±0,18	2,0		
(K)142ЕН5Г	6 ±0,21	2,0		
142ЕН6А	±15 ±0,015	0,2	5	7,5
K142ЕН6А	±15 ±0,3			
142ЕН6Б	±15 ±0,05			
K142ЕН6Б	±15 ±0,3			
142ЕН6В	±15 ±0,025			
K142ЕН6В	±15 ±0,5			
142ЕН6Г	±15 ±0,075	0,15	5	7,5
K142ЕН6Г	±15 ±0,5			
K142ЕН6Д	±15 ±1,0			
K142ЕН6Е	±15 ±1,0			
(K)142ЕН8А	9 ±0,15	1,5	6	10
(K)142ЕН8Б	12 ±0,27			
(K)142ЕН8В	15 ±0,36			
K142ЕН8Г	9 ±0,36	1,0	6	10
K142ЕН8Д	12 ±0,48			
K142ЕН8Е	15 ±0,6			
142ЕН9А	20 ±0,2	1,5	6	10
142ЕН9Б	24 ±0,25			
142ЕН9В	27 ±0,35			
K142ЕН9А	20 ±0,4	1,5	6	10
K142ЕН9Б	24 ±0,48	1,5		
K142ЕН9В	27 ±0,54	1,5		
K142ЕН9Г	20 ±0,6	1,0		
K142ЕН9Д	24 ±0,72	1,0		
K142ЕН9Е	27 ±0,81	1,0		



продолжение табл. 6.6

Наименование микросхемы	U <sub>стаб.</sub> , В	I <sub>ст. макс.</sub> , А	P <sub>мах.</sub> , Вт	I <sub>потр. макс.</sub> , мА	
(К)142ЕН10	3...30	1,0	2	7	
(К)142ЕН11	1,2...37	1,5	4	7	
(К)142ЕН12	1,2...37	1,5	1	5	
КР142ЕН5А	5,0	2,0	10	10	
КР142ЕН5Б	6,0				
КР142ЕН5В	5,0	1,5			
КР142ЕН5Г	6,0				
КР142ЕН8А	9,0	1,5			
КР142ЕН8Б	12				
КР142ЕН8В	15				
КР142ЕН8Г	9,0	1,0			
КР142ЕН8Д	12				
КР142ЕН8Е	15				
КР142ЕН9А	20	1,5			
КР142ЕН9Б	24				
КР142ЕН9В	27				
КР142ЕН9Г	20	1,0			
КР142ЕН9Д	24				
КР142ЕН9Е	27				
КР142ЕН12А	1,2...37	1,0			0,8
КР142ЕН12Б		1,5			
КР142ЕН15А	±15 ±0,5	0,1	10		
КР142ЕН15Б	±15 ±0,5	0,2			
КР142ЕН18А	-1,2...26,5	1,0	10		
КР142ЕН18Б		1,5			
КР1157ЕН1	1,5...37	0,1	0,5	5	
КР1168ЕН1	-1,5...37				
КР1157ЕН501	5				
КР1157ЕН601	6				
КР1157ЕН801	8				

продолжение табл. 6.6

Наименование микросхемы	U <sub>стаб.</sub> , В	I <sub>ст. макс.</sub> , А	P <sub>макс.</sub> , Вт	I <sub>потр. макс.</sub> , мА
KP1157EH901	9	0,1	0,5	5
KP1157EH1201	12			
KP1157EH1501	15			
KP1157EH1801	18			
KP1157EH2401	24			
KP1157EH2701	27			
KP1157EH502	5			
KP1157EH602	6			
KP1157EH802	8			
KP1157EH902	9			
KP1157EH1202	12			
KP1157EH1502	15			
KP1157EH1802	18			
KP1157EH2402	24			
KP1157EH2702	27			
KP1157EH5A KP1157EH5Б	5			
KP1157EH5B KP1157EH5Г				
KP1157EH9A KP1157EH9Б	9	0,1	0,5	
KP1157EH9B KP1157EH9Г		0,25	1,3	
KP1157EH12A KP1157EH12Б	12	0,1	0,5	
KP1157EH12B KP1157EH12Г		0,25	1,3	
KP1157EH15A KP1157EH15Б	15	0,1	0,5	
KP1157EH15B KP1157EH15Г		0,25	1,3	
KP1157EH18A KP1157EH18Б	18	0,1	0,5	
KP1157EH18B KP1157EH18Г	18	0,25	1,3	

продолжение табл. 6.6

Наименование микросхемы	U <sub>стаб.</sub> , В	I <sub>ст. макс.</sub> , А	P <sub>макс.</sub> , Вт	I <sub>потр. макс.</sub> , мА
KP1157EH24A KP1157EH24Б	24	0,1	0,5	5
KP1157EH24B KP1157EH24Г		0,25	1,3	
KP1162EH5	–5	1,5	10	
KP1162EH6	–6			
KP1162EH8	–8			
KP1162EH9	–9			
KP1162EH12	–12			
KP1162EH15	–15			
KP1162EH18	–18			
KP1162EH24	–24			
KP1168EH5	–5	0,1	0,5	
KP1168EH6	–6			
KP1168EH8	–8			
KP1168EH9	–9			
KP1168EH12	–12			
KP1168EH15	–15			
KP1168EH18	–18			
KP1168EH24	–24			
KP1170EH3	3		1,5	
KP1170EH4	4			
KP1170EH5	5			
KP1170EH6	6			
KP1170EH8	8			
KP1170EH9	9			
KP1170EH12	12			
KP1170EH15	15			
KP1179EH05	–5	1,5	10	5
KP1179EH06	–6			
KP1179EH08	–8			
KP1179EH09	–9			

окончание табл. 6.6

Наименование микросхемы	$U_{\text{стаб.}}$ В	$I_{\text{ст. макс.}}$ А	$P_{\text{мах.}}$ Вт	$I_{\text{потр-мах.}}$ мА
KP1179EH12	-12	1,5	10	5
KP1179EH15	-15			
KP1179EH24	-24			
KP1180EH5	5			
KP1180EH6	6			
KP1180EH8	8			
KP1180EH9	9			
KP1180EH12	12			
KP1180EH15	15			
KP1180EH18	18			
KP1180EH24	24			

## Основные параметры нейтральных электромагнитных реле

Таблица 6.7

Тип реле	Номер паспорта	$R_{\text{ном.}}$ Ом	Ток		$U_{\text{раб.}}$ В	$I_{\text{раб.}}$ мА	Время		Контакты <sup>1</sup>
			$I_{\text{ср.}}$ мА	$I_{\text{от.}}$ мА			$t_{\text{ср.}}$ мс	$t_{\text{от.}}$ мс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РЭС-9	PC4.524.200 <sup>2</sup>	500	30	5	23...32	—	11	7	2п
	PC4.524.201	500	30	5	23...32	—			
	PC4.524.202	72	80	13	10...12	—			
	PC4.524.203 <sup>2</sup>	30	108	18	5...7	—			
	PC4.524.204 <sup>2</sup>	9 600	7	1	—	8...9			
	PC4.524.205 <sup>2</sup>	3 400	11	2	—	13...15			
	PC4.524.208	9 600	7	1	—	8...9			
	PC4.524.209	500	30	5	23...32	—			
	PC4.524.211	980	23	3	—	27...30			
	PC4.524.213	500	30	5	23...32	—			
	PC4.524.214	36	95	15	5...7	—			
	PC4.524.215	72	80	13	10...12	—			
	PC4.524.216	30	108	18	5...7	—			

продолжение табл. 6.7

Тип реле	Номер паспорта	R <sub>ном.</sub> , Ом	Ток		U <sub>раб.</sub> , В	I <sub>раб.</sub> , мА	Время		Контакты <sup>1</sup>
			I <sub>ср.</sub> , мА	I <sub>от.</sub> , мА			t <sub>ср.</sub> , мс	t <sub>от.</sub> , мс	
РЭС-9	PC4.524.217	9 600	7	1	—	8...9	11	7	2n
	PC4.524.218	3 400	11	2	—	13...15			
	PC4.524.219	36	95	18	5...7	—			
	PC4.524.229	30	108	18	5...7	—			
	PC4.524.230	3 400	11	2	—	13...15			
	PC4.524.231	980	23	3	—	27...30			
	PC4.524.232	36	95	15	5...7	—			
РЭС-10	PC4.524.300	4 500	6	1	—	7...8	6...8	2...4	1з
	PC4.524.301	4 500	8	1	—	9...10			1n
	PC4.524.302	630	22	3	24...30	—			
	PC4.524.303	120	50	7	9...12	—			
	PC4.524.304	45	80	11	4...8	—			1з
	PC4.524.305	1 600	10	1	—	12...13			
	PC4.524.308	120	35	5	7...12	—			1n
	PC4.524.311	120	35	5	7...12	—			
	PC4.524.312	120	50	7	9...12	—			
	PC4.524.313	4 500	8	1	—	9...10			
	PC4.524.314	630	22	3	24...30	—			
	PC4.524.315	45	80	11	4...8	—			
	PC4.524.316	1 600	10	1	—	12...13			
	PC4.524.317		125	15	4...5	—			
	PC4.524.319	630	23	3	24...32	—			
	PC4.524.320	630	23	3	24...32	—			
РЭС-15	PC4.591.001	2 200	9	2	—	14...16	8	—	
	PC4.591.002	160	30	7	—	53...58		—	
	PC4.591.003	330	21	5	—	38...43		—	
	PC4.591.004	720	15	4	—	25...28		—	
РЭС-22	РФ4.500.120	650	19	6	21...26	—	15	6	4n
	РФ4.500.121	175	36	11	11...13	—			
	РФ4.500.122	2 500	11	4	43...52	—			

продолжение табл. 6.7

Тип реле	Номер паспорта	R <sub>ном.</sub> , Ом	Ток		U <sub>раб.</sub> , В	I <sub>раб.</sub> , мА	Время		Контакты <sup>1</sup>		
			I <sub>ср.</sub> , мА	I <sub>от.</sub> , мА			t <sub>ср.</sub> , мс	t <sub>от.</sub> , мс			
РЭС-22	РФ4.500.124	2 800	11	4	54...66	—	15	6	4п		
	РФ4.500.125	2 800	11	2	54...66	—					
	РФ4.500.129	175	36	8	11...13	—					
	РФ4.500.130	2 500	11	3	43...52	—					
	РФ4.500.131	650	20	4	21...26	—					
	РФ4.500.163	700	21	3	27...33	—					
	РФ4.500.225	650	19	6	21...26	—					
РЭС-22	РФ4.500.231	700	21	3	27...33	—		8			
	РФ4.500.233	175	36	8	11...13	—					
РЭС-32	РФ4.500.341	175	36	8	11...13	—				8	
	РФ4.500.342	650	20	4	21...26	—					
	РФ4.500.343	700	21	3	27...33	—					
	РФ4.500.344	2 500	11	3	43...52	—					
	РФ4.500.345	2 800	11	2	54...66	—					
РЭС-34	РС4.524.371	4 200	8	1	—	9...10	8		2		1п
	РС4.524.372	630	21	3	24...30	—					
	РС4.524.373	120	47	7	7...13	—					
	РС4.524.374	45	75	12	5...7	—					
	РС4.524.375	4 200	8	1	—	9...10					
	РС4.524.376	630	21	3	24...30	—					
	РС4.524.377	45	75	12	5...7	—					
	РС4.524.378	120	47	7	9...12	—					
	РС4.524.379	1 600	14	2	—	16...17					
	РС4.524.380	1 600	14	2	—	16...17					
РС4.524.381	630	23	5	24...30	—						
РЭС-37	РФ4.510.064	650	18	3	21...26	—	10	8	2п		
	РФ4.510.066	2 500	10	3	43...52	—					
	РФ4.510.067	175	13	8	11...13	—					
	РФ4.510.069	175	13	8	11...13	—					
	РФ4.510.07	2 500	10	3	43...52	—					

продолжение табл. 6.7

Тип реле	Номер паспорта	R <sub>ном.</sub> , Ом	Ток		U <sub>раб.</sub> , В	I <sub>раб.</sub> , мА	Время		Контакты <sup>1</sup>
			I <sub>ср.</sub> , мА	I <sub>от.</sub> , мА			t <sub>ср.</sub> , мс	t <sub>от.</sub> , мс	
РЭС-37	РФ4.510.072	650	18	3	21...26	—	10	8	2п
РЭС-47	РФ4.500.408	650	23	3	24...30	—	9	4	
	РФ4.500.409	169	42	4	11...13	—			
	РФ4.500.417	650	22	3	21...34	—			
	РФ4.500.419	169	42	4	10...16	—			
	РФ4.500.421	40	86	12	5...8	—			
	РФ4.500.431	165	42	4	11...13	—			
	РФ4.500.432	165	42	4	11...13	—			
РЭС-47	РФ4.500.433	650	23	3	24...30	—	9	4	
	РФ4.500.434	650	22	3	22...34	—			
	РФ4.500.435	40	86	12	5...8	—			
РЭС-48	РС4.590.201	600	23	3	20...36	—	10	5	
	РС4.590.202	100	52	7	10...18	—			
	РС4.590.203	350	30	4	16...20	—			
	РС4.590.204	42	80	10	5...9	—			
	РС4.590.205	8 000	7	1	90...110	—			
	РС4.590.206	1 250	15	2	38...55	—			
	РС4.590.207	600	25	2	24...30	—			
	РС4.590.213	600	23	3	20...36	—			
	РС4.590.214	100	52	7	10...18	—			
	РС4.590.215	350	30	4	16...20	—			
	РС4.590.216	42	80	10	5...9	—			
	РС4.590.217	8 000	7	1	90...110	—			
	РС4.590.218	600	25	2	24...30	—			
РЭС-49	РС4.569.000	1 900	8	1	24...30	—	3	2	1п
	РС4.569.001	1 900	8	1	24...30	—			
	РС4.569.023	1 900	8	2	22...36	—			
	РС4.569.024	800	12	2	16...20	—			
	РС4.569.025	270	22	4	10...16	—			
	РС4.569.026	65	50	10	5...8	—			

окончание табл. 6.7

Тип реле	Номер паспорта	$R_{\text{ном.}}$ , Ом	Ток		$U_{\text{раб.}}$ , В	$I_{\text{раб.}}$ , мА	Время		Контакты <sup>1</sup>
			$I_{\text{ср.}}$ , мА	$I_{\text{от.}}$ , мА			$t_{\text{ср.}}$ , мс	$t_{\text{от.}}$ , мс	
РЭС-49	РС4.569.027	1 900	8	1	22...36	—	3	2	1п
	РС4.569.028	1 900	8	2	22...36	—			
	РС4.569.029	800	12	2	16...20	—			
	РС4.569.030	1 900	8	1	22...36	—			
	РС4.569.031	270	22	4	10...16	—			
	РС4.569.032	65	50	10	5...8	—			
РЭС-543	ХП4.500.010	4 000	3	0	22...32	—	14	8	1п
	ХП4.500.011	4 000	4	0	24...33	—			2п
РЭС-593	ХП4.500.020	2 000	3	0	9...11	—	20	12	1з
РЭС-593	ХП4.500.021	130	11	1	2.1...2.7	—			2п
	ХП4.500.024	80	20	3	2.1...2.7	—			
	ХП4.500.025	7 500	2	0	22...32	—			
РЭС-60	РС4.569.436	1 700	8	2	22...34	—	4	2	2п
	РС4.569.437	800	12	3	16...20	—			
	РС4.569.438	270	23	5	10...16	—			
	РС4.569.439	58	51	11	5...8	—			
	РС4.569.440	36	60	13	3.5...4.5	—			

Примечание к таблице 6.7

<sup>1</sup> — Цифры обозначают число контактных групп, буквы: з — замыкание; р — размыкание; п — переключение.

<sup>2</sup> — Реле с серебряными контактами; контакты остальных реле из платино-иридиевого сплава.

<sup>3</sup> — Реле этих типов с буквенным индексом А выпускают без крепежных уголков, а с буквенным индексом Б — с уголками.

В таблице 6.7 применены следующие условные обозначения:

$R_{\text{ном.}}$  — номинальное сопротивление обмотки;

$I_{\text{ср.}}$  — ток срабатывания, не более;

$I_{\text{отп.}}$  — ток отпускания, не менее;

$U_{\text{раб.}}$  — рабочее напряжение;

$I_{\text{раб.}}$  — рабочий ток;

$t_{\text{ср.}}$  — время срабатывания, не более;

$t_{\text{отп.}}$  — время отпускания, не более.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С. Применение микросхем структуры КМОП // Радио, 1993, №1, С.31.
2. Алексеев С. Применениис микросхем ТТЛ // Радио, 1991, №12, с. 66 — 68; 1993, №12, С. 15 — 17.
3. Бирюков С. А. Устройства на микросхемах. — М.: Солон-Р, 1999.
4. Зельдин Е. А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986.
5. Зельдин Е. А. Импульсные устройства на микросхемах. — М.: Радио и связь, 1991.
6. Шило В. Л. Популярные микросхемы ТТЛ. — М.: Аргус, 1993.
7. Шило В. Л. Популярные микросхемы КМОП. Справочник. — М.: Ягуар, 1993.
8. Мальцева Л. А., Фромберг Э. М., Ямпольский В.С. Основы цифровой техники. — М.: Радио и связь, 1986.
9. Корякин-Черняк С. Л., Котенко Л.Я. Телефонные сети и аппараты. — НИЦ Наука и техника, 1998.
10. Корякин-Черняк С. Л. Телефонные аппараты от А до Я. — НИЦ «Наука и техника», 1999.
11. Кизлюк А. И. Справочник по устройству и ремонту телефонных аппаратов зарубежного и отечественного производства. — М.: Антелком, 2001.
12. Суков В. Прибор для проверки телефонов // Радио, 2001, №12, с. 36—37.
13. Сидоров И. Н., Скорняков С. В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. — М.: Радио и связь, 1994.
14. Д. Ганженко, И. Коршун. Против телефонных пиратов // Радио, 1996, №10, с. 45, 52.
15. Юшин А. Новые оптоэлектронные приборы // Радио, 1997, №10, с. 62.
16. Юшин А. Оптоэлектронные реле // Радио, 1999, №8, С. 57—59; №9, с. 45—48, №10, с. 43.
17. Евсеев А. Н. Радиолобительские устройства телефонной связи. — М.: Радио и связь, 1999.
18. Балахничев И. Н., Дрик А. В. Практическая телефония. 2-е изд., стер. — М.: ДМК, 2000.
19. Борисов Ю., Ломтев Е. Измеритель заряженности аккумуляторной батареи // Радиомир, 2002, №1, с.34—36.
20. Куприянов К. Автоматическое зарядное устройство // Радио, 2000, №12, с. 33—37.
21. Здрок А. Г. Выпрямительные устройства стабилизации напряжения и заряда аккумуляторов. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
22. Болотовский В. И., Вайсгант З.И. Эксплуатация, обслуживание и ремонт свинцовых аккумуляторов. — Л.: Энергоатомиздат, 1988.
23. Гутников В. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1988.
24. Труб И. Обслуживание индукционных счетчиков и цепей учета в электроустановках. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1983.
25. Минин Г. Измерение электроэнергии. — М.: Энергия, 1974.
26. Нефедов С. Влияние формы напряжения на показания вольтметра // Радиолобитель, 1997, №10, с. 10—12.
27. Аксенов А. И. и др. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Диоды. Транзисторы: Справочник / А.И.Аксенов, А.В.Нефедов, А.М.Юшин. — М.: Радио и связь, 1993.

- 
28. Борисов В.Г. Энциклопедия юного радиолюбителя-конструктора. — М.: Солон-Р, 2001.
29. Верховцев А. Г., Лютов К. П. Практические советы мастеру-любителю: Электроника. Электротехника. Материалы и их применение. — 4-е изд., стереотипное. — СПб.: Энергоатомиздат. С.-Петербург. отд-ние, 1994.
30. Галкин В. И. и др. Полупроводниковые приборы: Справ. В.И.Галкин, А. Л. Булычев и др. — Мн.: Беларусь, 1994.
31. Галле К. Полезные советы по разработке и отладке электронных схем. Пер. с фр. — М.: ДМК Пресс, 2001.
32. Евсеев А. Н. Полезные схемы для радиолюбителей. — М.: Солон-Р, 2000.
33. Транзисторы: Справочник / О.П.Григорьев, В.Я. Замятин, Л.А.Норкина, Б. В. Кондратьев. — М.: Радио и связь, 1989.
34. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский, Л.И.Ниссельсон, В.И.Кулешова и др.; Под ред. С. В. Якубовского. — М.: Радио и связь, 1990.
35. Дубинин Ф. Реле защитного отключения // Радио, 1999, №1, с. 40.
36. Шинкаренко В. Контролер тока утечки в сети // Радиомир, 2000, №7, с. 12—13.

# Содержание

От автора . . . . .	3
<b>Глава 1. Работа с цифровыми и аналоговыми интегральными микросхемами . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Глава 2. Любительская телефония . . . . .</b>	<b>35</b>
2.1. Современный телефон и прибор для проверки телефонных аппаратов . . . . .	35
Советы по ремонту телефонных аппаратов . . . . .	42
Прибор для проверки телефонных аппаратов . . . . .	45
2.2. Самодельная АТС на 10 номеров . . . . .	50
2.3. Переговорные устройства на базе «устаревших» телефонов . . . . .	66
2.4. Устройства для расширения функциональных возможностей домашних телефонов . . . . .	81
Устройство переадресации вызова . . . . .	82
Блокираторы «пиратских» звонков . . . . .	86
Функция «Hold» в любом телефоне . . . . .	99
Вместо звука звонка — световой сигнал . . . . .	102
Создание «антиподслушивателей» . . . . .	105
Громкоговорящий телефонный аппарат . . . . .	106
2.5. Телефон на службе охраны . . . . .	109
Охранная сигнализация через клавишный телефон . . . . .	109
Приставка-сторож к телефонному аппарату . . . . .	117
Имитатор поднятия трубки . . . . .	123
<b>Глава 3. Схемы и монтажные платы зарядных устройств для автомобильных аккумуляторов . . . . .</b>	<b>126</b>
3.1. Об аккумуляторе и режиме его зарядки . . . . .	126
3.2. Простейшие зарядные устройства . . . . .	128
3.3. Стабилизация тока при зарядке и электролизе . . . . .	136
3.4. Автоматическая приставка к зарядному устройству . . . . .	141
3.5. Цифровой измеритель заряда . . . . .	149
<b>Глава 4. Электроника в электротехнике: регуляторы мощности в нагрузке и стабилизаторы напряжения. . . . .</b>	<b>160</b>
4.1. Фазовый регулятор мощности на КР1182ПМ1 . . . . .	160
4.2. Схемы и конструкции тиристорных регуляторов с малым уровнем помех . . . . .	161
4.3. Схемы и конструкции стабилизаторов сетевого напряжения . . . . .	167
4.4. Схемы и конструкции стабилизированных регуляторов мощности . . . . .	186
4.5. Схема и конструкция двуполярного лабораторного блока питания . . . . .	206
4.6. Схема и конструкция лабораторного трансформатора и регулируемого источника переменного напряжения . . . . .	213
4.7. Стабилизированный регулятор напряжения для радиолюбительского эксперимента . . . . .	221

---

<b>Глава 5. Знакомые схемы и поиск новых решений. . . . .</b>	<b>224</b>
5.1. Автоматы управления световой иллюминацией . . . . .	224
Простой переключатель двух гирлянд для настольной елки . . . . .	224
Переключатель трех гирлянд из 300 светодиодов . . . . .	226
Плавное управление яркостью гирлянды . . . . .	228
Цветомузыкальный синтезатор . . . . .	231
Цифровой регулятор освещенности . . . . .	235
5.2. Схемы и конструкции регуляторов температуры . . . . .	240
5.3. Источник бесперебойного питания . . . . .	253
<b>Приложения . . . . .</b>	<b>258</b>
Приложение 1	
Особенности измерения переменных напряжений и токов . . . . .	258
Приложение 2	
Выбор и возможная замена элементов . . . . .	267
Приложение 3	
Автоматы для обеспечения безопасности	
при изготовлении и наладке любительских конструкций . . . . .	270
Приложение 4	
Схемотехника стабилизаторов	
напряжения на микросхемах серии КР142 . . . . .	277
Приложение 5	
Одиннадцать схем	
коммутаторов нагрузки на тиристорах . . . . .	282
Приложение 6	
Справочные данные основных	
параметров некоторых радиоэлементов . . . . .	292
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>316</b>

**Андрей Николаевич Евсеев**

## **Радиолюбительские устройства для дома**

Редактор  
**А. Гриф**

Ответственный за выпуск  
**В. Митин**

Верстка  
**Н. Бармина**

Обложка  
**Е. Холмский**

**Издательство «СОЛОН-Р»**  
123242, Москва, а/я 20  
Телефоны:  
(095) 254-44-10, 252-36-96, 252-25-21  
E-mail: Solon-R@coba.ru

**ООО Издательство «СОЛОН-Р»**  
ЛР № 066584 от 14.05.99  
Москва, ул. Тверская, д. 10, стр. 1, комн. 522  
Формат 60×88/16. Объем 20 п. л. Тираж 3000

**ООО «Пандора-1»**  
Москва, Открытое ш., д. 28  
Заказ № **122**