



**В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ**

**Виноградов Ю. А. и др.**

# **Практическая радиоэлектроника**

**Собрание схем, конструкций и идей**



**Аппаратура  
для караоке**

**Электронная  
охрана и сигнализация**

**Любительская  
радиосвязь**

**Любительская  
телефония**

**Электронные  
автоматы, устройства**

**В помощь радиолюбителю**

**Виноградов Ю. А. и др.**

---

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА**



**Москва, 2007**

**ББК 32.844я92**

**П70**

**Виноградов Ю. А. и др.**

**П70** Практическая радиоэлектроника.—М.: ДМК Пресс. — 288 с.: ил. (В помощь радиолюбителю).

**ISBN 5-89818-055-9**

Данная книга продолжает и развивает традиции сборников «В помощь радиолюбителю» прежних лет. Большинство электронных устройств, представленных в настоящем издании, охватывают широкий диапазон современной бытовой электроники и разработаны на основе новейшей элементной базы. Это позволило авторам зачастую нетрадиционным способом решать радиотехнические задачи — в частности, сказанное касается описаний аппаратуры для караоке, охранных систем, Си-Би связи, домашней телефонии.

Материалы, вошедшие в сборник, не только позволяют повторить предложенные устройства, но и стимулируют творческий эксперимент и радиолюбительский поиск.

**ББК 32.844я92**

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

© Бирюков С. А., Васильев В. А.,  
Виноградов Ю. А., Дьяков А. В.,  
Евсеев А. Н., Жомов Ю. В., Ни-  
китин В. А.

© ДМК

**ISBN 5-89818-055-9**

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Введение</b> .....  | 6   |
| <b>1 Аппаратура для караоке</b> .....                          | 7   |
| Что мы знаем о караоке .....                                   | 8   |
| Караоке из подручных материалов .....                          | 12  |
| Акустические микрофоны для караоке .....                       | 16  |
| Микрофонные усилители .....                                    | 21  |
| Вторая жизнь «бабушкиной» аппаратуры .....                     | 29  |
| <i>Электрофоны</i> .....                                       | 29  |
| <i>Магнитофоны</i> .....                                       | 33  |
| <i>Магнитолы</i> .....   | 34  |
| Фабричные громкоговорители .....                               | 36  |
| Самодельные усилители мощности звуковой частоты .....          | 38  |
| <i>Усилитель мощностью 1 Вт</i> .....                          | 38  |
| <i>Стереоусилитель 2×1 Вт</i> .....                            | 39  |
| <i>Усилитель на выходную мощность до 5 Вт</i> .....            | 42  |
| <i>Стереофонический усилитель 2×4 Вт</i> .....                 | 45  |
| <i>Двухканальный усилитель 2×10 Вт</i> .....                   | 47  |
| <i>Усилитель звуковой частоты на 20 Вт</i> .....               | 50  |
| Источники питания .....  | 52  |
| Самодельные громкоговорители .....                             | 55  |
| <b>2 Электронная охрана и сигнализация</b> .....               | 63  |
| Датчик для охраны автомобиля .....                             | 64  |
| Сигнальный радиоплейф .....                                    | 68  |
| «Хитрый» замок .....   | 78  |
| Радиопакет в охранной сигнализации .....                       | 81  |
| <i>Радиопередатчик с шифратором</i> .....                      | 81  |
| <i>Радиоприемник с дешифратором</i> .....                      | 86  |
| Приставка-сторож к телефонному аппарату .....                  | 95  |
| Устройство охранной сигнализации                               |     |
| для телефона с кнопочным номеронабирателем .....               | 99  |
| Имитатор поднятия трубки телефонного аппарата .....            | 104 |
| <b>3 Любительская радиосвязь</b> .....                         | 107 |
| Диапазон Си-Би .....   | 108 |
| <i>Транзисторный усилитель для диапазона Си-Би</i> .....       | 108 |
| <i>Конструкции Си-Би антенн вертикальной поляризации</i> ..... | 110 |



|   |            |
|---|------------|
| Промышленные антенны для Си-Би диапазона .....                            | 113        |
| Антенна горизонтальной поляризации<br>для диапазона Си-Би .....           | 114        |
| Диапазоны КВ и УКВ .....  | 116        |
| Симметричный вибратор .....   | 116        |
| Антенна для 160-метрового диапазона .....                                 | 119        |
| Антенны для 80- и 40-метрового диапазонов .....                           | 122        |
| Антенна «бегущей волны» .....   | 122        |
| Рамочные антенны .....  | 123        |
| Многодиапазонные антенны .....  | 125        |
| Промышленные многодиапазонные антенны .....                               | 127        |
| Антенны «волновой канал» .....  | 127        |
| Трехэлементная трехдиапазонная антенна .....                              | 128        |
| Статичная многоэлементная антенна .....                                   | 132        |
| Трехэлементная многодиапазонная антенна .....                             | 133        |
| Малогабаритные коротковолновые антенны .....                              | 136        |
| Двухэлементная трехдиапазонная антенна .....                              | 139        |
| Антенна «волновой канал»<br>с двумя активными элементами .....            | 140        |
| Антенны высокочастотных диапазонов .....                                  | 144        |
| Трехдиапазонная антенна «двойной квадрат» .....                           | 145        |
| УКВ антенны направленного излучения<br>для диапазонов 144 и 430 МГц ..... | 148        |
| Антенны вертикальной поляризации<br>для КВ и УКВ диапазонов .....         | 149        |
| Петлевая антенна .....  | 150        |
| Коаксиальная антенна .....  | 150        |
| Антенна «верхнего света» .....  | 151        |
| Антенна G3LNP .....   | 151        |
| Антенна UA1DZ .....   | 152        |
| Трансформирующие и симметрирующие элементы .....                          | 154        |
| Настройка антенн и измерения .....  | 155        |
| Несколько общих положений об антеннах и фидерах .....                     | 157        |
| Ионосфера .....   | 158        |
| Вертикальный угол излучения .....   | 159        |
| Фидерные линии .....  | 160        |
| <b>4 Любительская телефония .....</b>                                     | <b>165</b> |
| Переговорные устройства .....   | 166        |
| Устройства телефонной связи<br>для двух и более абонентов .....           | 166        |

|  |         |
|--|---------|
| Телефонные коммутаторы на десять абонентов .....                           | 180     |
| Телефонный коммутатор<br>с расширенными возможностями .....                | 187     |
| Приставки к телефонным аппаратам .....                                     | 193     |
| Световой сигнализатор вызова .....   | 193     |
| Сигнализатор с мелодичным звучанием .....                                  | 195     |
| Сигнализатор с селекцией числа звонков .....                               | 196     |
| Сигнализатор числа поступивших вызовов .....                               | 202     |
| Сигнализаторы занятости линии .....  | 205     |
| Устройство против подслушивания .....                                      | 206     |
| Громкоговорящая приставка к телефонному аппарату ....                      | 207     |
| Электронная телефонная трубка .....  | 208     |
| Индикатор набираемого номера .....   | 210     |
| <br><b>5 Электронные автоматы, устройства</b> .....                        | <br>219 |
| ПДУ телевизора, управляющий освещением .....                               | 220     |
| Кибернетическая игрушка-вездеход .....                                     | 230     |
| Обзор электронных автоматических переключателей<br>световых эффектов ..... | 250     |
| Транзисторный переключатель лампочек накаливания ....                      | 250     |
| Переключатель светодиодов .....  | 251     |
| Переключатель гирлянд с мерцающими вспышками .....                         | 252     |
| Получение эффекта «бегущая волна» .....                                    | 253     |
| Переключатель<br>с запоминающим устройством K155PY2 .....                  | 257     |
| <br><b>6 Справочная информация для начинающих</b> .....                    | <br>265 |
| Расчет силового трансформатора .....                                       | 266     |
| Принцип действия трансформатора .....                                      | 267     |
| Параметры и характеристики трансформатора .....                            | 268     |
| Электрический расчет трансформатора .....                                  | 269     |
| Пример электрического расчета .....  | 273     |
| Конструктивный расчет трансформатора .....                                 | 275     |
| Пример конструктивного расчета .....                                       | 277     |
| Изготовление трансформатора .....  | 279     |
| Изготовление каркаса катушки .....   | 279     |
| Намотка катушки .....  | 281     |
| Сборка трансформатора .....  | 282     |
| Проверка готового трансформатора .....                                     | 282     |
| <br><b>Литература</b> .....  | <br>284 |

---

# ВВЕДЕНИЕ

Радиолюбители прежних лет, конечно, помнят серию сборников «В помощь радиолюбителю», каждое издание которых достигало нескольких сотен тысяч экземпляров. Они выходили регулярно и расходились по стране очень быстро. Такая популярность объяснялась тем, что каждая книжка была своеобразным полирадиотехническим собранием различных полезных конструкций и поэтому отвечала творческим интересам широкого круга энтузиастов электроники.

Предлагаемая книга, написанная известными авторами – С. Бирюковым (глава 5), В. Васильевым (глава 1), Ю. Виноградовым (глава 2), Ю. Жомовым (глава 3), А. Евсеевым (главы 2, 4), А. Дьяковым (глава 5) и В. Никитиным (глава 6), – продолжает и развивает традиции прежних сборников. В новом издании публикуются, как и раньше, описания различных самодельных электронных устройств. Схемы и конструкции разработаны авторами специально для радиолюбителей и ждут творческого воплощения. Они охватывают широкий диапазон современной бытовой электроники. Понятие «современный» здесь введено не случайно. Большинство предложенных в сборнике устройств создано на базе новейших элементов, включая транзисторы, микросхемы большого уровня интеграции. Это позволило авторам нетрадиционным путем решать оригинальные радиотехнические задачи, вдохнуть новую жизнь в старые бытовые аппараты, расширить потребительские свойства бытовой и связной техники. В большей степени это относится к приведенным описаниям аппаратуры для караоке, охранных систем, Си-Би связи, домашней телефонии.

«Практическая радиоэлектроника» не только позволит повторить предложенные устройства, но и поможет радиолюбителям в техническом поиске.

# 1 АППАРАТУРА ДЛЯ КАРАОКЕ

|  |    |
|--|----|
| Что мы знаем о караоке                             | 8  |
| Караоке из подручных материалов                    | 12 |
| Акустические микрофоны для караоке                 | 16 |
| Микрофонные усилители                              | 21 |
| Вторая жизнь «бабушкиной» аппаратуры               | 29 |
| Фабричные громкоговорители                         | 36 |
| Самодельные усилители мощности<br>звуковой частоты | 38 |
| Источники питания                                  | 52 |
| Самодельные громкоговорители                       | 55 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 2 | Электронная охрана и сигнализация       | 63  |
| 3 | Любительская радиосвязь                 | 107 |
| 4 | Любительская телефония                  | 165 |
| 5 | Электронные автоматы, устройства        | 219 |
| 6 | Справочная информация<br>для начинающих | 265 |

Кажется, совсем недавно радиолюбители были поголовно увлечены изготовлением простейших карманных приемников на трех-четырех транзисторах, способных принимать две-три станции, да и те тихо. А сейчас внимание специалистов обращено на компьютеры, электромузыкальные инструменты, проигрыватели лазерных дисков и другую аппаратуру зарубежного производства. Среди новинок выделяется звуковоспроизводящая аппаратура караоке, с помощью которой в домашних условиях можно организовать музыкальный концерт с исполнением любимых песен соло, дуэтом, квартетом и даже хором. При этом в качестве музыкального оформления используются разного рода электроакустические устройства: электрофоны, магнитофоны, а также проигрыватели, воспроизводящие записанные ранее мелодии. Пение же передается при помощи специальных микрофонов и усилителей.

## **ЧТО МЫ ЗНАЕМ О КАРАОКЕ**

Караоке пришло к нам из-за рубежа, с подмостков баров, кафе и ресторанов Южной Америки и Юго-Восточной Азии. Там для этой цели используется специальная аппаратура – цифровые синтезаторы звука, в которых несколько десятков мелодий записаны в цифровой форме на пластину специализированной микросхемы, называемой музыкальным цифровым чипом или цифровым музыкальным картриджем. Картридж по своим размерам не больше микрокассеты для портативных диктофонов и может быть легко заменен другим, с иным набором мелодий.

Несколько лет назад аппаратура караоке была доступна только уважаемым ресторанам и кафе, но теперь в нашей стране появились в продаже самые совершенные и удобные в обращении установки, уместяющиеся в одной руке. Речь идет о специальной аппаратуре под названием *Singleader* (в переводе с англ. – ведущий солист). Ее основой является радиомикрофон, имеющий внешние размеры 45×45×260 мм при массе 600 г с питанием от 6 элементов АА316 общим напряжением 6 В. Энергии батареи хватает на 2–3 ч непрерывной работы. Возможно также питание от стабилизированного источника – адаптера сетевого напряжения. Радиомикрофон содержит миниатюрный передатчик, работающий на фиксированной частоте в радиовещательном диапазоне 87,5–108 МГц в стереофоническом режиме с частотной модуляцией и тон-сигналом на частоте 19 кГц. Другими словами, передатчик радиомикрофона функционирует в стандарте западного УКВ ЧМ вещания, поэтому для приема его

радиосигналов можно использовать любой стереофонический приемник или стереофоническую магнитолу с указанным диапазоном частот. При длине гибкой проволочной антенны 47 см дальность приема достигает 50 м. Продаваемые в Москве радиомикрофоны Singleader предварительно настроены на частоту 87,9 МГц, на которой в городе не работает ни одна радиостанция, а поэтому гарантируется прием сигналов без помех.

Структурная схема караоке Singleader проста (см. рис. 1.1). В ней используется радиомикрофон, снабженный акустическим микрофоном, услителем звуковой частоты, синтезатором мелодий, сменным музыкальным картриджем и клавиатурой для выбора номера желаемой мелодии, суммирующий каскад голоса и мелодии, а также радиопередатчик и источник питания. Каждый картридж содержит или 30 мелодий для песен с русским текстом, или 40 – для песен на английском языке. Тексты написаны крупным шрифтом на страницах буклетов, прилагаемых к каждому картриджу. В 1999 году в продаже имелось более 30 картриджей с самыми популярными песнями известных зарубежных исполнителей.

Пользоваться караоке Singleader просто. Включается питание радиомикрофона, выбирается желаемый номер мелодии и настраивается сетевой радиоприемник или кассетная магнитола на волну с частотой 87,9 МГц. Теперь в громкоговорителях звуковоспроизводящей аппаратуры будут слышны мелодия и ваше пение. Громкость звучания

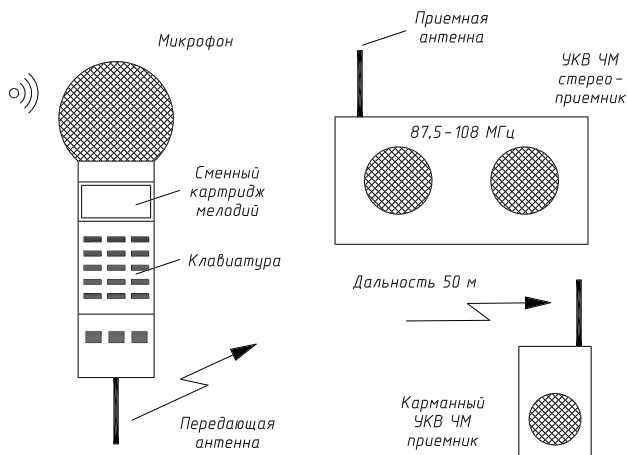


Рис. 1.1. Структурная схема караоке

регулируется в приемнике. Соотношение громкости звучания мелодии и голоса меняется в зависимости от приближения исполнителя к микрофону или удаления от него. Нередко владельцы Singleader разыгрывают своих друзей на вечеринках, располагаясь с радиомикрофоном в одной комнате, а радиоприемник помещая в другой. При этом создается иллюзия, что голос хозяина транслирует местная радиостанция.

Конечно, многим хочется иметь караоке Singleader, но не всем это по карману. К сожалению, радиомикрофон караоке содержит весьма сложные и дорогостоящие интегральные микросхемы, так что радиолюбителю практически невозможно самостоятельно воспроизвести эту конструкцию.

Более доступны радиомикрофоны беспроводной связи фирмы SHURE, которые часто используются при проведении научных конференций, музыкальных концертов, шоу. Своими размерами они мало отличаются от обычных акустических эстрадных микрофонов с проводной связью, но широкому их применению в радиолюбительской практике мешает диапазон используемых частот – от 169,5 до 216,0 МГц. Для приема сигналов на этих частотах подойдут специальные радиоприемные устройства, входящие в комплект системы беспроводной связи. При наличии такого приемника вполне можно применить беспроводной микрофон (рис. 1.2). В этом случае голос передается в эфир по УКВ ЧМ радиоканалу; далее сигнал улавливается радиоприемником и детектируется. Выделенный сигнал звуковой частоты в монофоническом режиме подается на один из двух входов стереофонического усилителя мощности. На вход второго канала подается напряжение сигнала музыкального сопровождения. Это более сложный вариант по сравнению со специальным радиомикрофоном караоке, но все же приемлемый в быту. Для воспроизведения можно использовать специальные грампластинки и магнитные записи караоке. Они отличаются от обычных тем, что на одной стороне пластинки или пленки сделаны записи в полном оформлении (музыкальное сопровождение и пение), а на другой присутствует только музыкальное сопровождение. Кроме того, к носителю записи прилагается буклет с текстом песен. Стоят такие носители недорого, но вот приобретение беспроводной системы связи может оказаться сложным и потребовать серьезных затрат.

Значительно доступнее по цене специальные радиоманитолы караоке. Они отличаются от обычных тем, что имеют дополнительный



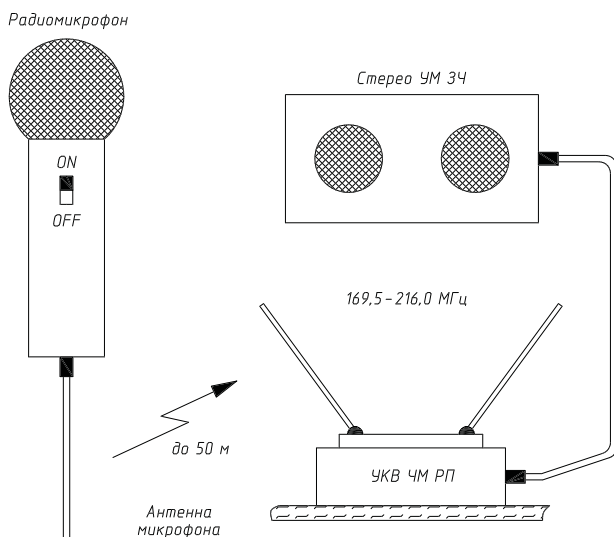


Рис. 1.2. Структура речевого канала

вход для микрофона и суммирующий каскад (микшер) для наложения голоса певца на воспроизводимые мелодии. Несмотря на кажущуюся простоту устройства, такие радиоманитолы пока не получили широкого распространения, главным образом из-за высокой стоимости в сравнении с обычными. Ведущие фирмы Востока и Запада повышают цену за малейшие изменения в конструкции и принципиальной схеме радиоманитолы с обычным микрофоном и суммирующим каскадом. Тем не менее радиоманитолы караоке очень удобны в быту, поскольку технология их применения крайне проста. На рис. 1.3 приведена схема соединения обычного акустического микрофона с такой радиоманитолой. Для работы необходимо только запустить желаемую мелодию, подсоединить к входу суммирующего каскада разъем микрофона, включить его и приступить к исполнению песни. Регулировки громкости и тембра осуществляются системой управления радиоманитолой.

К сожалению, подавляющее большинство магнитол, радиоманитол и кассетных магнитофонов не имеет микрофонного входа с микшером, что исключает их использование в режиме караоке. И если отечественная аппаратура путем нехитрой переделки все же может

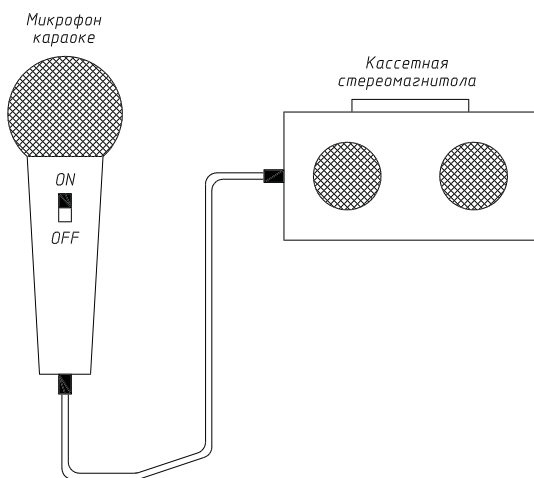


Рис. 1.3. Схема подключения микрофона к стереомагнитоле

быть применена, то подобные попытки с зарубежной аппаратурой из-за очень плотного монтажа, практического отсутствия принципиальных и монтажных схем обычно заканчиваются неудачей.

Вместе с тем радиолюбители могут самостоятельно собрать подобную установку из того, что имеется под руками, или смонтировать оригинальную конструкцию, не уступающую специальной аппаратуре своими возможностями и характеристиками. В частности, хорошо подходит для таких экспериментов электроакустическая аппаратура, выпущенная десять и даже двадцать лет назад, — после небольшой модернизации она вполне может соответствовать караоке.

## КАРАОКЕ ИЗ ПОДРУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Установку караоке, способную создать достаточную громкость звука в помещении площадью 100–150 м<sup>2</sup>, можно сделать из нескольких электроакустических аппаратов, не приспособленных для этого. На рис. 1.4 приведена структурная схема простейшей установки караоке, состоящей из акустического микрофона ВМ1, монофонического (одноканального) усилителя звуковой частоты, нагруженного на громкоговоритель ВА1, а также стереофонического (двухканального) усилителя звуковой частоты левого и правого каналов, имеющих в качестве оконечной нагрузки громкоговорители ВА2 и ВА3 соответственно.

Высокое качество звучания установки достигается в том случае, когда номинальная выходная мощность каждого канала составляет не менее 4 Вт, номинальная мощность громкоговорителей – не менее 6–8 Вт, а полоса воспроизводимых частот по каждому каналу колеблется от 50–100 Гц до 12–14 кГц. При этом в качестве источника музыкальных программ могут быть использованы катушечные или кассетные магнитофоны, электрофоны и даже карманные аудиоплееры. Сами каналы усиления музыкальных сигналов могут быть индивидуальными или совмещенными в одном блоке, а также интегрированы в составе радиомагнитолы, радиолы или электрофона. Для усиления речевых и музыкальных сигналов проще всего воспользоваться уже имеющимися аппаратами, которые, например, морально или физически устарели за время эксплуатации. Также подойдут и современные аппараты, если их снабдить специальными приставками. И наконец, при отсутствии такой аппаратуры под руками ее можно собрать из доступных для радиолюбителя деталей, руководствуясь описаниями данной статьи.

Обратимся к нескольким конкретным примерам построения системы караоке из «подручных материалов». При наличии стереофонического усилителя подходящей мощности, совмещенного с источником стереофонических сигналов музыкального содержания, установка караоке возможна по структурной схеме, приведенной на рис. 1.5. В этом случае один канал (например, левый) используется для усиления речевого сигнала, а другой (правый) – музыкальных сигналов. Акустический микрофон ВМ1 подключен к сигнальному входу левого канала, а музыкальный сигнал подается на вход правого канала. В результате громкоговоритель ВА1 будет воспроизводить голос солиста, а ВА2 – музыкальное сопровождение. Эффект присутствия

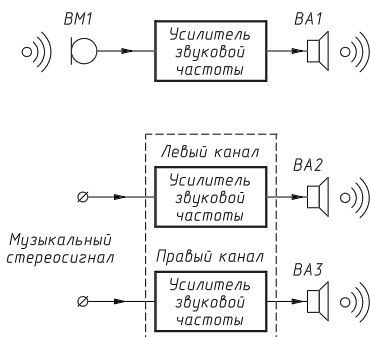


Рис. 1.4. Структурная схема речевого и музыкального каналов

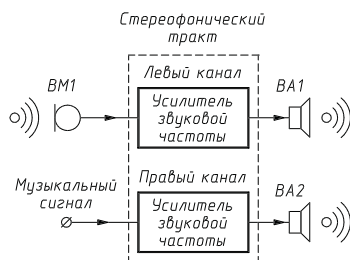


Рис. 1.5. Структурная схема караоке на базе стереотракта

солиста и оркестра обеспечивается изменением расстояния между громкоговорителями.

Для пения дуэтом можно использовать отдельно стереофонический усилитель, подключив один микрофон к входу, например, левого канала, а второй – к входу правого. При этом акустическая близость певцов регулируется путем изменения взаимного положения громкоговорителей ВА1 и ВА2.

Может оказаться, что в наличии есть только один одноканальный (монофонический) усилитель звуковой частоты, а требуется «обслужить» двух солистов. Тогда речевой канал установки караоке собирается по структурной схеме, приведенной на рис. 1.6. Здесь выходы акустических микрофонов ВМ1 и ВМ2 подключены к входам специального суммирующего каскада (микшера), выход которого подключается к входу усилителя звуковой частоты. В этом случае громкоговоритель ВА1 будет воспроизводить голоса обоих певцов как по отдельности, так и вместе. Регулировка громкости звучания голоса каждого исполнителя осуществляется изменением расстояния между микрофоном и певцом, а общий уровень – регулятором громкости усилителя звуковой частоты.

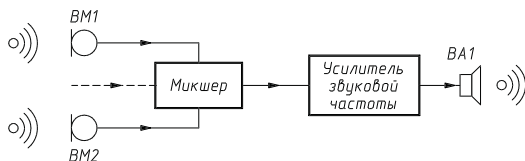


Рис. 1.6. Структурная схема караоке с микшером

Наконец, в самом критическом случае, когда требуется передать по одному усилительному каналу сигналы от одного или двух микрофонов, а также музыкальное сопровождение, можно применить структурную схему той же установки (рис. 1.6), подавая музыкальный монофонический сигнал на третий вход микшера, показанный пунктиром. При сольном исполнении допустимо использовать суммирующий каскад на два входа, подключив к одному из них выход микрофона солиста, а ко второму – источник музыкального сигнала.

К сожалению, подключать микрофон к входу подавляющего большинства бытовых электроакустических устройств в режиме караоке нельзя. Главная причина – несогласованность чувствительности этих усилителей и уровня выходного напряжения существующих типов акустических микрофонов. Так, согласно стандартам, линейный вход

большинства усилителей звуковой частоты рассчитан на напряжение сигнала 200–300 мВ, а вход для подключения электромузыкальных инструментов – на 50–100 мВ. Этого явно недостаточно для нормальной работы микрофона, выходное напряжение которого не превышает 0,8 мВ при разговоре и достигает 2–3 мВ лишь при громком пении или речи. Для согласования выхода микрофона с линейным входом усилителя необходим так называемый микрофонный усилитель (схема включения показана на рис. 1.7).

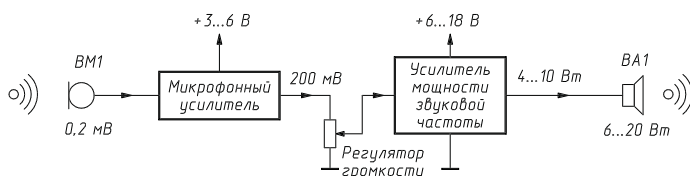


Рис. 1.7. Структурная схема с микрофонным усилителем и УМЗЧ

К микрофонным усилителям предъявляются весьма жесткие требования: большой коэффициент усиления сигнала – до 1000 по напряжению, а также малые искажения сигнала и отсутствие помех от сетевого питания. Именно поэтому здесь применяются специальные мал шумные транзисторы и интегральные микросхемы, а питание производится либо от гальванических батарей напряжением 3–6 В (а порой и 1,5 В), либо от стабилизатора напряжения. Усилитель звуковой частоты речевого канала должен развивать выходную мощность в пределах 4–10 Вт, а громкоговоритель должен быть рассчитан на несколько большую номинальную мощность – от 6 до 20 Вт и более.

Когда-то изготовление радиолюбителями усилителей звуковой частоты с выходной мощностью 5–10 Вт и более вызывало удивление и восхищение. Теперь же интегральные микросхемы усилителей звуковой частоты большой мощности с минимальным числом навесных деталей (резисторов и конденсаторов) в широком ассортименте представлены отечественными и импортными производителями. Это облегчает самостоятельное изготовление усилителей любой мощности. Главным же препятствием являются ограниченные возможности энергетики автономных и сетевых источников питания. Для относительно простых установок караоке применяются автономные (батарей из гальванических или аккумуляторных элементов) или сетевые (выпрямители) источники питания постоянным током напряжения 6–18 В.

Конечно, проще иметь готовый усилитель звуковой частоты с уже вмонтированным микрофонным усилителем, но это бывает крайне редко – либо в весьма дорогих установках, либо в специализированных средствах усиления речи. Но в последних узкая полоса пропускания (300 Гц – 4 кГц) не позволяет обеспечить требуемое качество звучания. Поэтому в большинстве случаев приходится прибегать к изготовлению отдельного микрофонного усилителя с автономным батарейным питанием, который включается между выходом микрофона и линейным входом усилителя звуковой частоты. Такая конструкция удобна в случае применения бытовых электродинамических микрофонов, имеющих сигнальный провод длиной 1,5–3 м. За счет собственного выходного сигнального провода той же длины удается обеспечить удаленность солиста от усилителя на расстояние до 3–4,5 м. При наличии малогабаритного электрретного микрофона, для работы которого требуется отдельный батарейный источник питания напряжением 1,5–4,5 В, усилитель и микрофон могут быть размещены в едином малогабаритном корпусе из пластмассы, металла или фольгированного текстолита. В этом случае длина соединительного кабеля может быть доведена до 5–6 м.

В ряде случаев конструкция основного усилителя позволяет установить внутри его корпуса небольшую печатную плату микрофонного усилителя и питать его от основного источника постоянного тока через дополнительный стабилизатор пониженного напряжения. Поэтому конструкция микрофонного усилителя будет зависеть как от имеющегося в распоряжении радиолюбителя микрофона, так и от конструкции усилителя звуковой частоты. Самостоятельное изготовление микрофонного усилителя и усилителя звуковой частоты позволяет выбрать конструкцию установки караоке. При этом качество ее работы во многом зависит от конкретного типа микрофона и микрофонного усилителя. О том, как этого добиться наилучшим образом, рассказывается ниже.

## **АКУСТИЧЕСКИЕ МИКРОФОНЫ ДЛЯ КАРАОКЕ**

Конечно, в первую очередь желательно приобрести микрофон динамического типа, предназначенный специально для караоке. На российском рынке широко представлены такие микрофоны японского и китайского производства, например RX-M1 CROWN и SL-19C Тоуо. Они имеют корпус из яркой ударопрочной пластмассы, снабжены ветрозащитным сферическим сетчатым экраном и переключателем, а также соединительным кабелем длиной 3 м. Согласно рекламной надписи

на картонной упаковке микрофонов, полоса воспроизводимых частот – от 100 Гц до 12,5 кГц при выходном сопротивлении 600 или 180 Ом. Особенностью конструкции этих и других микрофонов производства стран Азии является наличие цилиндрического штекера стандарта RCA диаметром 3,5 мм и дополнительного переходника диаметром 6,3 мм. Поэтому при использовании таких микрофонов требуются розетки соответствующего диаметра и конструкции. Если они отсутствуют, штекер RCA необходимо заменить отечественной вилкой ОНЦ-ВГ (СП-3 или СП-5), рассчитанной на ответные розетки СГ-3 и СГ-5. При этом общий заземленный провод кабеля микрофона подключается к контакту 2, а сигнальный – к контакту 1, как того требует действующий стандарт на электрические разъемные соединения.

Если импортный микрофон караоке приобрести не удастся, то с тем же успехом можно использовать динамический или электретный микрофон отечественного производства из перечня, приведенного в табл. 1.1.

Как видно из табл. 1.1, все указанные типы отечественных динамических и электретных микрофонов обладают достаточно высокой чувствительностью и широкой полосой воспроизводимых частот.

Таблица 1.1. Микрофоны отечественного производства

| Тип     | Полоса частот,<br>Гц | Чувстви-<br>тельность,<br>мВ/Па | Сопротив-<br>ление, Ом | Ослабление<br>сигнала<br>с тыла, дБ |
|---------|----------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| МД-52А  | 50–16000             | 1,2                             | 250                    | 12                                  |
| МД-52Б  | 50–16000             | 1,2                             | 250                    | 12                                  |
| МД-59   | 50–15000             | 0,63                            | 250                    | 12                                  |
| МД-64А  | 100–12000            | 1,0                             | 250                    | 12                                  |
| МД-66   | 100–10000            | 2,0                             | 250                    | 12                                  |
| МД-78   | 50–15000             | 2,0                             | 250                    | 12                                  |
| МД-282  | 50–16000             | 1,3                             | 100                    | 14                                  |
| МД-380  | 60–14000             | 2,0                             | 250                    | 16                                  |
| МКЭ-2   | 50–15000             | 1,5                             | 200                    | 15                                  |
| МКЭ-3   | 50–16000             | 4,0                             | 3000                   | 15                                  |
| МКЭ-9А  | 50–18000             | 5,0                             | 200                    | 16                                  |
| МКЭ-10  | 50–16000             | 2,0                             | 250                    | 20                                  |
| МКЭ-100 | 40–20000             | 1,0                             | 250                    | 12                                  |

**Примечание.** МД – микрофон динамический; МКЭ – микрофон конденсаторный, электретный; А – несимметричный выход; Б – симметричный выход; число – порядковый номер разработки.



С точки зрения получения более высокого выходного напряжения целесообразно использовать микрофоны МД-66, МД-78, МД-380, а также МКЭ-3, МКЭ-9А и МКЭ-10. Правда, МД-66 имеет узкую полосу воспроизводимых частот, но в большинстве случаев при передаче речи и пения этот недостаток малозаметен.

Все перечисленные микрофоны обладают выраженной направленностью. Максимальная чувствительность наблюдается в направлении вперед, вдоль продольной оси, а минимальная – в сторону тыла. Это очень важно для исключения нежелательного воздействия акустической обратной связи от громкоговорителя к микрофону.

Нужно помнить, что для работы электретных микрофонов требуется дополнительный источник постоянного тока напряжением 1,5–4,5 В, что зависит от конкретного типа капсуля, используемого в микрофоне. Питание также необходимо для встроенного в капсюль полевого транзистора, чтобы согласовать очень высокое выходное сопротивление датчика (несколько мегом) с низким входным сопротивлением микрофонного усилителя. Именно благодаря наличию полевого транзистора чувствительность у электретных микрофонов оказывается выше, чем у динамических.

У последних тоже есть недостаток: их капсюль обладает низким выходным сопротивлением и напряжением. Поэтому все без исключения динамические микрофоны снабжаются согласующим повышающим трансформатором, встроенным в их корпус.

В табл. 1.2 приведены основные характеристики электретных капсюлей отечественного и зарубежного производства, продающихся по невысокой цене в магазине «Чип и Дип». Из таблицы видно, что ток, потребляемый усилительным каскадом на полевом транзисторе, невелик, а это позволяет питать электретные микрофоны от одного, двух или трех малогабаритных элементов, например АА316, как отечественного, так и зарубежного изготовления. В среднем одного комплекта батарей хватает на 300–500 ч работы микрофона. При этом важно, чтобы питание микрофона не оставалось включенным, когда он не используется.

На рис. 1.8 представлена принципиальная схема включения капсюлей электретных микрофонов различных типов. Это наиболее экономичные стандартные

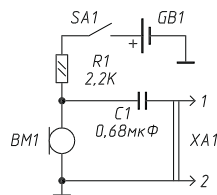


Рис. 1.8. Принципиальная схема включения электретного микрофона

Таблица 1.2. Характеристики электретных капсюлей

| Тип      | Габариты :<br>диаметр; высота,<br>мм | Напряжение<br>питания, В | Потребляемый ток,<br>мА |
|----------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| МКЭ-3    | Ø 13,0; 21,0                         | +4,5 ± 0,5               | 0,6                     |
| МКЭ-10   | Ø 10,0; 10,0                         | +1,5 ± 0,5               | 0,6                     |
| НМО063А  | Ø 6,0; 6,0                           | +3,0 ± 0,5               | 0,5                     |
| НМО063В  | Ø 6,0; 6,0                           | +3,0 ± 0,5               | 0,5                     |
| НМО066В  | Ø 6,0; 6,0                           | +3,0 ± 0,5               | 0,5                     |
| НМО1001А | Ø 9,8; 9,8                           | +1,5 ± 0,5               | 0,3                     |
| НМО1003А | Ø 9,8; 9,8                           | +3,0 ± 0,5               | 0,8                     |

схемы включения. Здесь штепсельный разъем выходного сигнала ХА1 может быть типа СШ-3 или СШ-5. Постоянные резисторы – типа МЛТ-0,25. Переходный конденсатор С1 – неполярный, керамический, типа КМ-6Б. Включатель питания SA1 – любой малогабаритный на одно направление и два положения.

Практика показала, что нужно иметь хорошо заметный индикатор включения питания микрофона, а это проще всего сделать с помощью светодиода красного или зеленого цвета. На рис. 1.9 приведены принципиальные схемы включения сигнального светодиода HL1 через гасящий резистор R2. На рис. 1.9а показана схема включения светодиода совместно с капсюлем, работающим при напряжении 3 В, а на рис. 1.9б – при напряжении 1,5 В. В последнем случае светодиод играет роль дополнительного стабилизатора напряжения питания для капсюля, что благоприятно сказывается на работе микрофона при значительном снижении напряжения в конце срока службы батарей.

Ранее уже говорилось, что благодаря малым размерам капсюля электретного микрофона он может быть размещен в корпусе микрофонного усилителя вместе с источником питания. На рис. 1.10 приведены принципиальные схемы подключения капсюлей различных

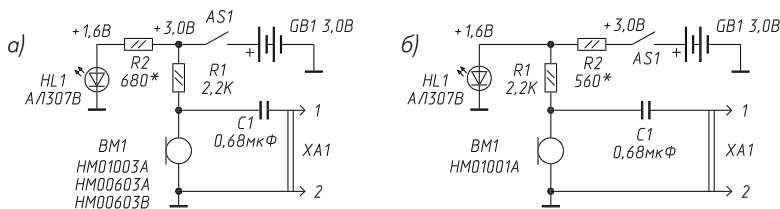


Рис. 1.9. Схемы включения электретных микрофонов разных типов

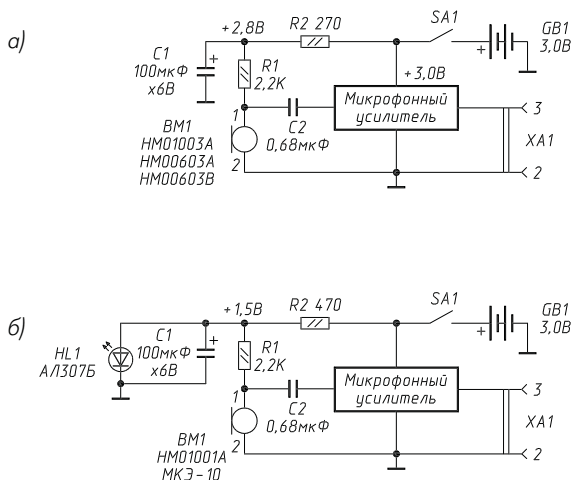


Рис. 1.10. Схемы питания электретных микрофонов и индикации

типов к источнику питания и ко входу микрофонного усилителя. На рис. 1.10б светодиод  $HL1$  и резистор  $R2$  с конденсатором  $C1$  образуют стабилизатор напряжения питания и дополнительный фильтр, способствующие повышению качества работы микрофона при наличии удобной сигнализации включения его питания.

В том случае, когда микрофонный усилитель установлен в корпусе основного усилителя звуковой частоты и питается от общего с ним источника напряжением 12 В, схема включения микрофона и микрофонного усилителя может быть такой, как показано на рис. 1.11. На рис. 1.11а необходимое напряжение 3 В получается с помощью дополнительного стабилизатора напряжения, выполненного на резисторе  $R1$  и двух последовательно соединенных светодиодах  $HL1$  и  $HL2$ . Величина стабилизированного напряжения в этом случае

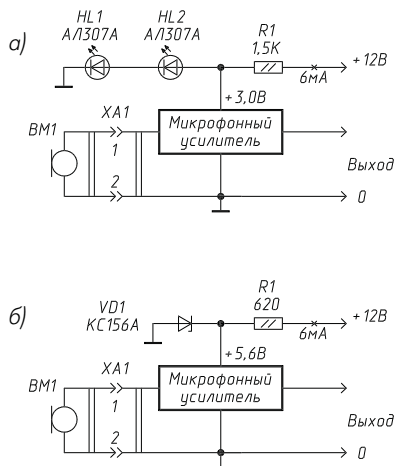


Рис. 1.11. Схемы включения микрофонных усилителей

остается практически неизменной при значительных колебаниях напряжения основного источника.

Принципиальная схема на рис. 1.11б отличается тем, что здесь понижение напряжения питания до 5,6 В осуществляется с помощью стабилизатора, состоящего из резистора R1 и последовательно соединенного с ним стабилитрона VD1 типа КС156А. Для получения иного напряжения на выходе стабилизатора, например 3,3, либо 3,9, либо 4,7 В, необходимо заменить стабилитрон другим, в данном случае КС133, КС139 или КС147.

## МИКРОФОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

В настоящее время микрофонные усилители выполняются на специализированных интегральных микросхемах, практически недоступных для радиолюбителей. Поэтому предлагается собирать микрофонные усилители караоке из более распространенных деталей, в том числе недорогих кремниевых транзисторов высокой частоты и несложных интегральных микросхем, которые можно приобрести в магазине «Чип и Дип». Описываемые ниже микрофонные усилители отличаются друг от друга как используемыми деталями, так и своими характеристиками.

На рис. 1.12 представлен микрофонный усилитель на двух транзисторах разной проводимости, включенных по схеме общий эмиттер – общий эмиттер. За счет сочетания транзисторов различного типа проводимости удалось обойтись без переходного конденсатора между каскадами, а также обеспечить стабильность работы усилителя по постоянному току как при снижении напряжения питания, так и при смене транзисторов. Усилитель не требует подбора элементов схемы

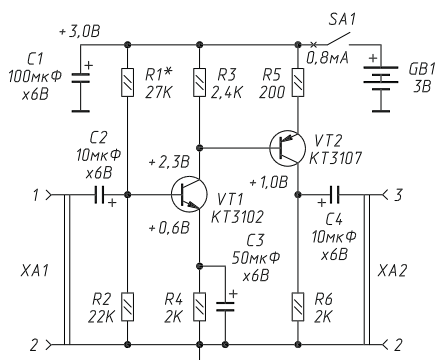


Рис. 1.12. Схема микрофонного усилителя на двух транзисторах

при использовании транзисторов с коэффициентом передачи тока базы более 50. То есть в данной конструкции могут быть применены практически без подбора транзисторы типов КТ3102 и КТ3107 с любыми буквенными индексами. Допустима также замена КТ3102 на КТ315 и КТ3107 на КТ361, хотя качество работы усилителя в ряде случаев может ухудшиться. Неплохие результаты можно получить, если в качестве первого транзистора использовать ВС307А, ВС307Б, ВС308А, ВС308В зарубежного производства. При всех перечисленных выше вариантах коэффициент усиления был не менее 150–200 в полосе частот от 50 Гц до 20 кГц.

При изготовлении усилителя используются постоянные резисторы МЛТ или С1-4 на 0,25 Вт, оксидные конденсаторы типа К50-6, К50-4, К50-35 либо аналогичные зарубежного производства. В качестве источника питания применяются три элемента 316, энергии которых хватает на 300–400 ч работы усилителя. Монтаж деталей производится на печатной монтажной плате размерами 50×30 мм, выпиленной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 0,7–1,0 мм. Расположение деталей показано на рис. 1.13, а плата со стороны фольги – на рис. 1.14.

Получить коэффициент усиления не менее 300–400 можно с помощью микрофонного усилителя, который выполнен по принципиальной схеме, приведенной на рис. 1.15. Здесь используются уже три транзистора, включенные по схеме общий эмиттер – общий эмиттер – общий коллектор. За счет применения транзисторов одного типа проводимости удалось упростить их подбор, а непосредственная связь между каскадами дала возможность стабилизировать режим работы всех транзисторов по постоянному току.

Особенностью этого усилителя является коррекция частотной характеристики во втором каскаде за счет введения частотно-зависимой отрицательной обратной связи. Это достигается включением параллельно резистору R7 цепочки, состоящей из конденсатора C4 и резистора R5. На низких частотах сопротивление конденсатора C4 велико, и резистор R5 практически не влияет на усиление каскада. На высоких же частотах за счет малого сопротивления того же конденсатора параллельно R7 подключается R5. Сопротивление в цепи эмиттера уменьшается, что приводит к увеличению коэффициента усиления каскада.

Другая особенность усилителя состоит в том, что сигнал на его выход передается через эмиттерный повторитель на третьем транзисторе. Это позволяет существенно снизить выходное сопротивление и влияние длины соединительного кабеля на работу усилителя. Например, если к выходу предыдущего усилителя может подключаться

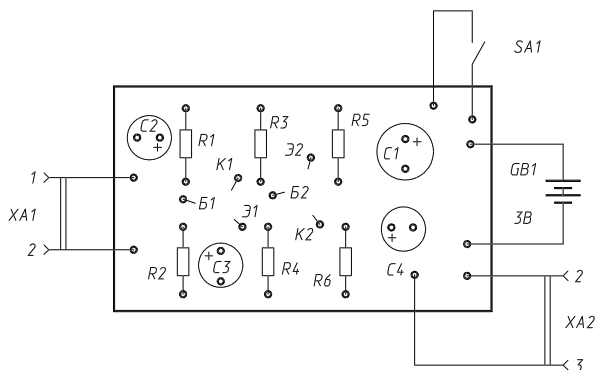


Рис. 1.13. Монтажная схема микрофонного усилителя на двух транзисторах

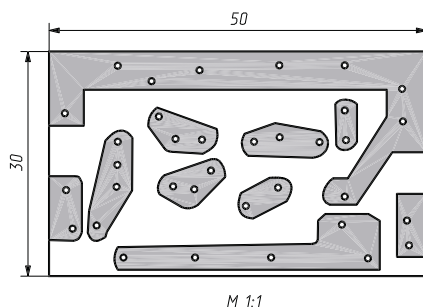


Рис. 1.14. Печатная плата микрофонного усилителя на двух транзисторах

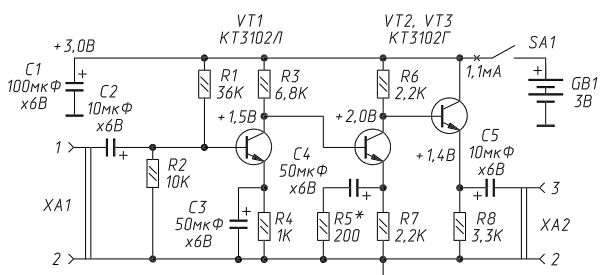


Рис. 1.15. Принципиальная схема микрофонного усилителя на трех транзисторах

кабель длиной до 3 м, то к данному усилителю – до 10 м. Выбор деталей данного усилителя аналогичен предыдущему. Расположение деталей на печатной плате приведено на рис. 1.16, а чертеж печатной платы со стороны фольги – на рис. 1.17.





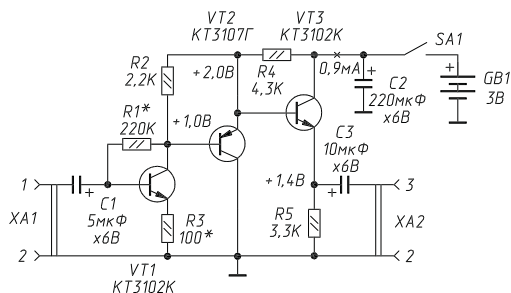


Рис. 1.18. Микрофонный усилитель на транзисторах разной проводимости

эмиттере третьего транзистора составляло примерно 1,4 В. Если это не так, то режим корректируется подбором номинала резистора R1.

При повторении конструкции данного усилителя можно пользоваться рекомендациями, приведенными выше. Расположение деталей

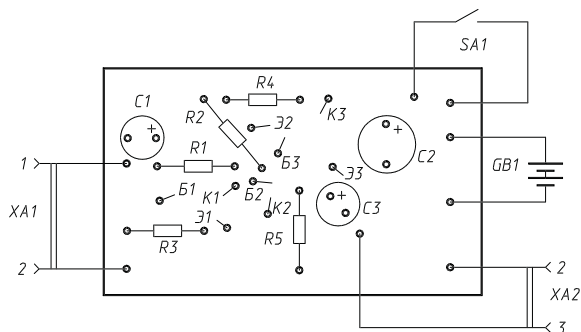
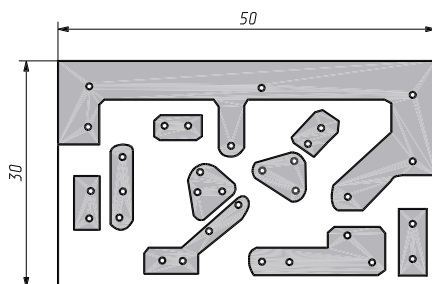


Рис. 1.19. Монтажная схема усилителя на транзисторах разной проводимости



М 1:1

Рис. 1. 20. Печатная плата усилителя на транзисторах разной проводимости

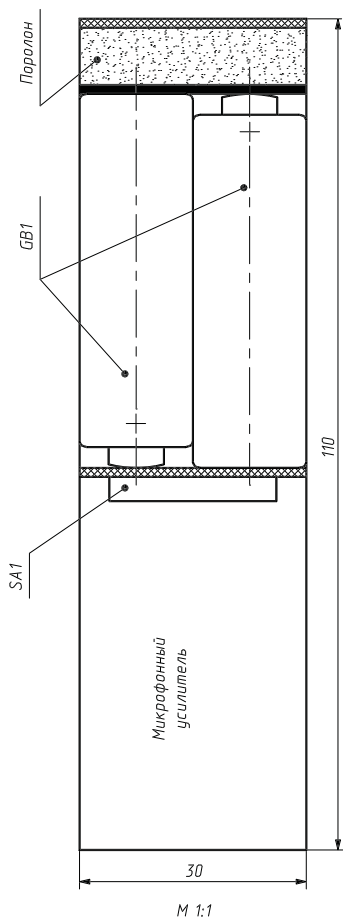


Рис. 1.21. Размещение узлов в корпусе

прозрачной, яркой расцветки, чтобы усилитель легче было найти в случае его потери.

Усиление до 2000–3000 можно получить с помощью усилителя на одной микросхеме типа К538УНЗБ, собрав его по принципиальной схеме, приведенной на рис. 1.22. Она настолько проста, что здесь кроме микросхемы имеются только четыре оксидных конденсатора (и ни одного резистора). Для нормальной работы этого усилителя требуется напряжение питания 6 В. Правда, его можно питать от источника напряжением 3 В, но тогда коэффициент усиления снизится до 500–1000,

на печатной плате представлено на рис. 1.19, а чертеж платы со стороны фольги дан на рис. 1.20.

Конструктивно описанные выше микрофонные усилители на двух и трех транзисторах можно оформить в виде малогабаритного блока, в котором установлены плата усилителя, батарея питания, оба гнезда – входного и выходного сигнала – СГ-3 или СГ-5, а также выключатель питания. На рис. 1.21 показана примерная компоновка деталей и узлов усилителя на дополнительной плате из текстолита размером 30×110 мм и толщиной 1,0–1,5 мм. Гнезда устанавливаются с торцов. Для обеспечения хорошего контакта элементов питания последние поджимаются к проводникам с помощью прокладки из поролона. Соединение элементов между собой производится посредством латунной или жестяной пластины, вставленной между элементами и поролоновой прокладкой.

Корпус микрофонного усилителя можно выполнить из органического стекла толщиной 3–4 мм или иной пластмассы, желательно не-

что вполне приемлемо для большинства случаев любительской практики. Расположение деталей показано на рис. 1.23, а чертеж печатной платы – на рис. 1.24.

Все описанные микрофонные усилители являются одноканальными, то есть рассчитанными на работу только с одним исполнителем – солистом. Для дуэта можно использовать два одинаковых или различных микрофонных усилителя либо собрать отдельный двухканальный, например по принципиальной схеме, приведенной на рис. 1.25. В данном случае используется одна интегральная микросхема типа TDA 7050 производства Голландии, которую можно приобрести в магазине «Чип и Дип». Микросхема имеет два канала с коэффициентом усиления около 1000 в полосе частот 20 Гц – 20 кГц. При этом напряжение питания может находиться в пределах 1,6–6 В.

Особенностью конструкции усилителя является использование на выходах двух неполярных конденсаторов КМ-6Б или аналогичных

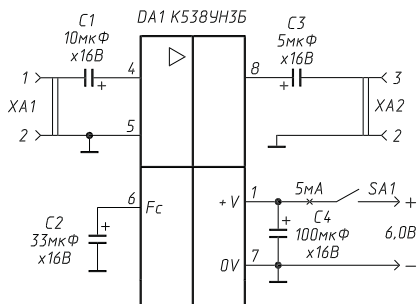


Рис. 1.22. Микрофонный усилитель на ИМС K538YH3B

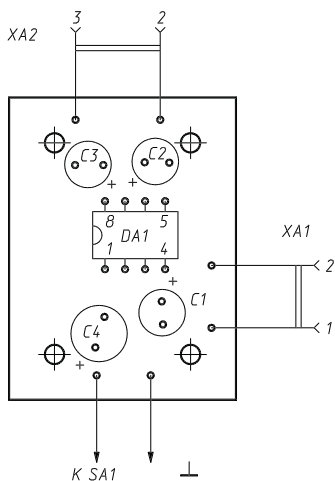


Рис. 1.23. Монтаж микрофонного усилителя на ИМС K538YH3B

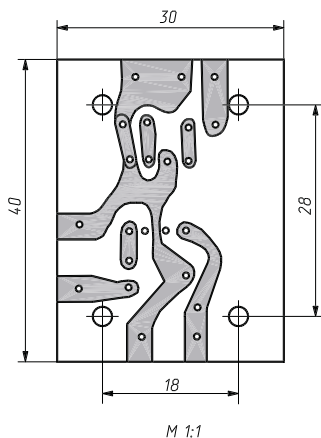


Рис. 1.24. Печатная плата усилителя на ИМС K538YH3B

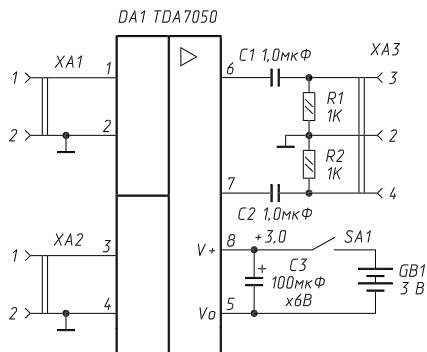


Рис. 1.25. Схема микрофонного усилителя на ИМС TDA7050

им. Расположение деталей усилителя показано на рис. 1.26, а чертеж печатной платы со стороны фольги – на рис. 1.27. Размеры монтажной платы обоих микрофонных усилителей на интегральных микросхемах позволяют разместить их в корпусе конструкции, приведенной на рис. 1.21. (Можно, конечно, найти другой, более приемлемый вариант.)

Можно провести интересный эксперимент – использовать стереофонический усилитель карманного аудиоплеера в качестве двухканального микрофонного усилителя. Это легче всего сделать с простейшим и самым недорогим плеером, который уже вышел из употребления.

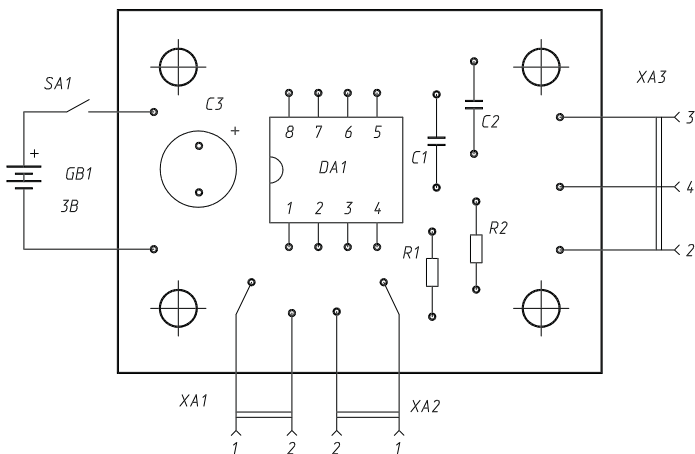


Рис. 1.26. Монтаж микрофонного усилителя на ИМС TDA7050

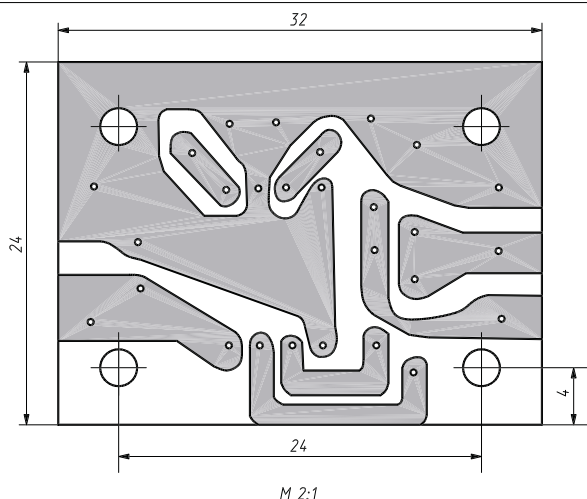


Рис. 1.27. Печатная плата микрофонного усилителя на ИМС TDA7050

Для этого необходимо отключить двигатель лентопротяжного механизма, а входы каналов усилителей отсоединить от магнитной головки, подключив их к гнездам для микрофонов. Плавные регуляторы громкости, тембра, подъема басов очень удобны для применения в караоке.

## ВТОРАЯ ЖИЗНЬ «БАБУШКИНОЙ» АППАРАТУРЫ

Отечественная промышленность за много лет выпустила более 20 млн разного рода электрофонов, магнитофонов и магнитол, считавшихся когда-то достижением науки и техники. Но со временем они морально и физически устарели, износились, некоторые из них пришли в негодность и были разобраны на детали либо просто выброшены. Но многие еще сохранили свою работоспособность. Далее речь пойдет об использовании таких аппаратов для самостоятельного создания установки караоке.

### Электрофоны

Самыми простыми и распространенными электрофонами второго класса сложности были аппараты «Аккорд» различных вариантов, выпускавшиеся миллионными сериями Рижским электромеханическим заводом. Кроме того, такая же конструкция под названием «Россия» производилась на Челябинском радиозаводе. Это были удобные

и надежные электрофоны, снабженные электропроигрывающим устройством сначала на три скорости вращения грампластинки –  $33\frac{1}{3}$ , 45 и 78 оборотов в минуту, затем (в связи с прекращением выпуска грампластинок со скоростью вращения 78 об/мин) только на две.

Как видно из принципиальной схемы электрофона (рис. 1.28), в нем используются девять германиевых транзисторов, из них пять – в каскадах предварительного усиления сигнала, четыре – в оконечном каскаде усилителя мощности по бестрансформаторной схеме. При постоянном напряжении питания 20 В и громкоговорителе в качестве нагрузки на базе динамической головки 4ГД-28 каскад на транзисторах П213Б может развивать номинальную выходную мощность до 10 Вт. Фактически же электрофон эксплуатируется при выходной мощности не более 4 Вт главным образом по причине роста нелинейных искажений сигнала как в самом усилителе, так и в недостаточно мощном громкоговорителе. В следующих моделях этот изъян был частично устранен за счет применения в громкоговорителе улучшенной динамической головки 4ГД-35, допускавшей нормальную работу при подводимой мощности до 8 Вт. Но полностью избежать указанного недостатка не удалось из-за малых размеров корпуса громкоговорителя.

Несомненным достоинством электрофонов «Аккорд» и «Россия» является универсальность их усилительного тракта. Наличие универсального разъема и специального переключателя позволяет работать в различных режимах. К ним относятся: воспроизведение грамзаписей, усиление сигнала от внешнего источника (радиоприемника, магнитофона или радиотрансляционной сети), а также запись воспроизводимых грампластинок магнитофоном. Чувствительность усилителя с линейного входа составляет около 200 мВ. Как видно из принципиальной схемы усилителя, на входе первого каскада находится делитель напряжения сигнала линейного входа 1:6, что означает реальную чувствительность усилителя с базы транзистора КТ315Г около 35 мВ. Такая схема подачи напряжения сигнала приводит к увеличению влияния внутренних шумов усилителя и внешних наводок, а также к ухудшению усиления высших звуковых частот.

Устранить этот недостаток можно путем несложных изменений схемы первого каскада усилителя, как показано на рис. 1.29. Во-первых, следует заменить морально устаревший транзистор КТ315Г современным и малощумящим, например КТ3102К или любым другим из этой серии. Во-вторых, контакт входного разъема подключить

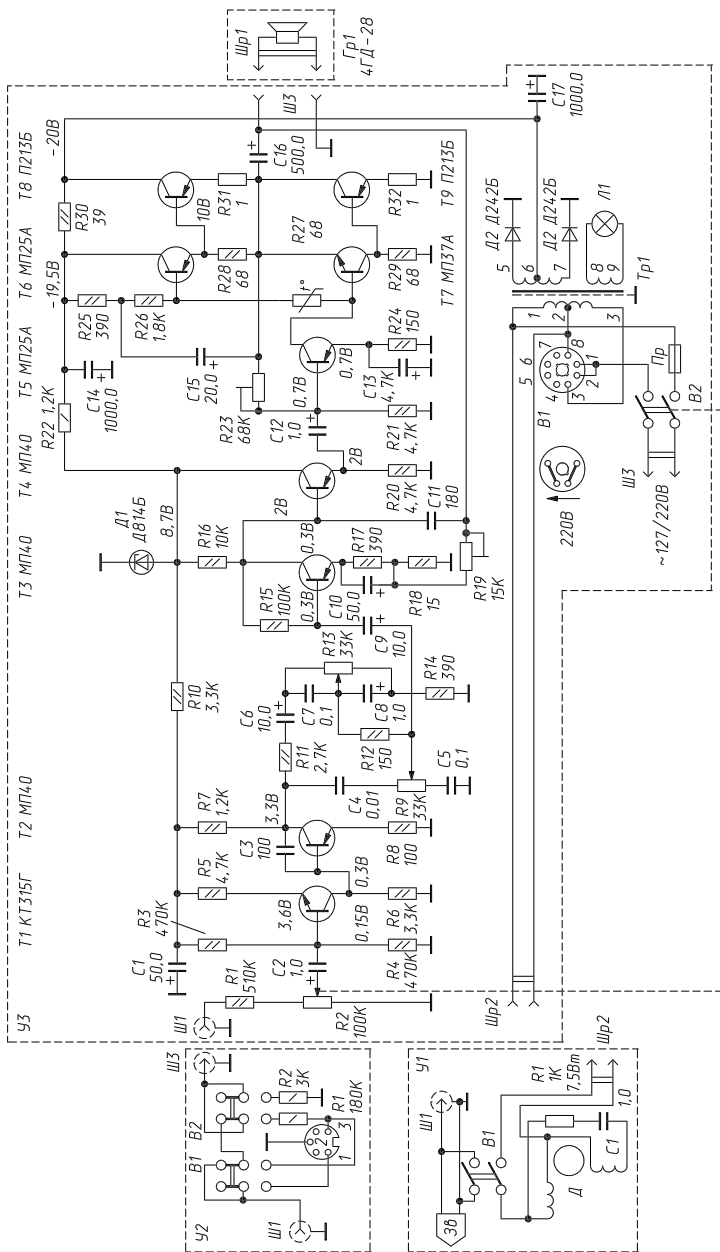


Рис. 1.28. Принципиальная схема электрофона «Аккорд»





При выполнении монтажных работ следует ориентироваться на расположение деталей на монтажной плате усилителя (см. рис. 1.30). Дальнейшего улучшения качества звучания этой простой установки можно добиться применением более совершенного и мощного громкоговорителя либо заводского производства с номинальной мощностью 10–20 Вт при сопротивлении 4 Ом, либо самодельного изготовления (с аналогичными характеристиками), одного из тех, что описываются далее.

## Магнитофоны

В быту находят применение главным образом кассетные магнитофоны, хотя еще кое-где можно встретить доживающие свой долгий век катушечные. Применительно к установкам караоке удобнее использовать кассетные, поскольку они не требуют сложной и кропотливой работы по установке катушек, их заправке, перемотке и съему, что не всегда можно сделать правильно. Кроме того, кассетные магнитофоны меньше по своим габаритам и массе.

В табл. 1.3 приведен перечень наиболее распространенных в быту кассетных стереофонических магнитофонов выпуска прошлых лет, технические характеристики которых позволяют их использовать в установках караоке как для воспроизведения фонограмм, так и для усиления голоса солиста или дуэта певцов. К сожалению, имеющийся в этих магнитофонах микрофонный вход может быть задействован только в режиме записи, но не для воспроизведения усилителем сигнала от внешнего источника.

При применении этих магнитофонов в качестве источника музыкального сопровождения не требуется каких-либо дополнительных изменений в их принципиальной схеме и конструкции. В том случае, когда требуется усилить голос одного или двух певцов, к линейным входам левого и правого каналов подключаются два микрофона

Таблица 1.3. Характеристики кассетных магнитофонов

| Наименование            | Полоса воспроизводимых частот, Гц | Выходная мощность, Вт |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| «Маяк» МП-240 Стерео    | 40–12000                          | 2×10                  |
| «Комета» 225 Стерео     | 63–14000                          | 2×10                  |
| «Комета» 230 Стерео     | 40–12000                          | 2×10                  |
| «Нота» 225 Стерео       | 63–14000                          | 2×10                  |
| «Романтик» 211-1 Стерео | 63–14000                          | 2×5                   |

с двумя микрофонными усилителями, собранными по любой из схем, описанных выше. Имеющиеся в магнитофонах регулировки громкости, тембра и баланса мощности каналов позволяют нужным образом скорректировать звучание голосов исполнителей.

Конечно, не исключается использование подобных магнитофонов зарубежного производства, правда, не всех. Большинство из тех, которые выпущены в странах Азии, не имеют гнезда линейного входа. Такие магнитофоны обеспечивают только музыкальное сопровождение.

## Магнитолы

Сейчас магнитолы – аппараты, имеющие в своем составе кассетный магнитофон и радиоприемник, – получили достаточно широкое распространение и практически вытеснили кассетные магнитофоны из бытового употребления. Наиболее доступными и недорогими являются автомагнитолы, производимые в странах Юго-Восточной Азии и в Китае. Сразу необходимо отметить, что в подавляющем большинстве случаев их можно использовать только как источник музыкального сопровождения. Имеющийся в них микрофонный вход обеспечивает лишь режим записи.

Другая особенность зарубежных магнитол – выходная мощность их усилителей, явно завышенная рекламой. Например, часто рядом с броским названием можно увидеть и величину выходной мощности, поражающую воображение: 50, 100, 200, 500 Вт! Причем речь идет о простых по конструкции аппаратах с автономным и сетевым питанием. Правда, создатели этих «шедевров» где-то сбоку указывают, что это мощность РМРО, то есть пиковая музыкальная выходная мощность, к тому же она относится исключительно к громкоговорителю. Фактически же максимальная выходная мощность усилителя звуковой частоты на современных транзисторах и интегральных микросхемах зависит только от напряжения источника питания и сопротивления громкоговорителя. Для оценки реальных возможностей любых магнитофонов и магнитол можно пользоваться применительно к распространенным громкоговорителям сопротивлением 4 Ом следующими показателями.

Так, если напряжение питания усилителя равно 6 В, то максимальная мощность может составить всего 0,8 Вт. При напряжении питания 9 В выходная мощность достигает 1,0 Вт, 12 В – 4,6 Вт; 15 В – 10 Вт и т.д. Правда, в последние годы получили распространение так называемые мостовые усилители мощности звуковой частоты, у которых

максимальная выходная мощность может быть в 3–4 раза больше, чем у обычных двухтактных усилительных каскадов. Но при этом потребляемый ток возрастает в 4–5 раз, вследствие чего такие схемы применяются только в сетевых магнитолах и автомагнитолах: использовать подобные усилители с питанием от гальванических элементов разорительно. В какой-то степени этот недостаток компенсируется в магнитолах с универсальным питанием.

В табл. 1.4 перечислены магнитолы и автомагнитолы отечественного производства, пригодные для музыкального сопровождения. Усиление голоса певца возможно только через магнитолы с универсальным или сетевым питанием. При этом один или два микрофона подключаются к линейным входам кассетных магнитол через дополнительные микрофонные усилители, описанные выше. Здесь оба канала усиления работают в режиме воспроизведения от внешнего источника сигнала.

Таблица 1.4. Отечественные магнитолы и автомагнитолы

| Наименование          | Полоса воспроизводимых частот, Гц | Выходная мощность, Вт |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| «Сокол» 101 Стерео    | 40–14000                          | 2×4                   |
| «Рига» 203 Стерео     | 63–12000                          | 2×5                   |
| «Вега» 301 Стерео     | 63–12000                          | 2×5                   |
| «Вега» 338 Стерео     | 40–12000                          | 2×5                   |
| «Орбита» 301 Стерео   | 63–12500                          | 2×5                   |
| «Гродно» 208 Стерео   | 63–10000                          | 2×4,5                 |
| «Звезда» 204 Стерео   | 63–10000                          | 2×4                   |
| «Электрон» 202 Стерео | 63–10000                          | 2×3                   |
| «Марс» 202 Стерео     | 63–10000                          | 2×3                   |
| «Алтай» 301 Стерео    | 63–10000                          | 2×2,5                 |

Среди населения огромной популярностью пользуются портативные и карманные аудиоплееры, снабженные регулятором громкости, тембра, подъема басов и т.п. Но они питаются от двух элементов общим напряжением 3 В, работают на головные телефоны и развивают выходную мощность всего до 30 мВт на канал. Так что использование аудиоплееров непосредственно для музыкального сопровождения невозможно. Но зато совместно с дополнительным усилителем мощности звуковой частоты они дают очень хорошие результаты. Причем такие усилители могут иметь исключительно простую конструкцию.

## ФАБРИЧНЫЕ ГРОМКОГОВОРТЕЛИ

Заканчивая разговор об электрофонах, магнитофонах и магнитолах, необходимо сказать несколько слов о громкоговорителях, от мощности и полосы воспроизводимых частот которых зависит в конечном итоге качество работы установки караоке. При выборе конструкции громкоговорителей приходится учитывать не только их электрические характеристики – паспортную или номинальную мощность, полосу воспроизводимых частот, сопротивление, – но и их габариты, массу, а также стоимость. В том случае, когда электроакустическая установка уже имеет собственные громкоговорители, речь может идти лишь о возможной замене их более совершенными. В табл. 1.5 перечислены наиболее распространенные типы громкоговорителей отечественного производства прошлых лет, которые с успехом применяются в установках караоке. Можно использовать и аналогичные громкоговорители иностранного производства, учитывая реальную мощность и полосу воспроизводимых частот, а также сопротивление.

Необходимо пояснить разницу между такими характеристиками, как паспортная, или шумовая, мощность и предельная кратковременная мощность. Первая указывает величину максимальной подводимой мощности шумового сигнала, при которой гарантируется долговременная работа громкоговорителя без признаков его механических повреждений. Вторая характеризует мощность, которую громкоговоритель может выдержать в течение долей секунды. Именно такую предельную кратковременную музыкальную мощность указывают на рекламных маркировках создатели зарубежной аппаратуры. Подобные непродолжительные перегрузки допустимы при усилении музыки больших оркестров, а также при случайных коротких замыканиях.

Перечисленные в табл. 1.5 устройства официально называются акустическими системами, поскольку для достижения равномерного воспроизведения сигнала с малыми искажениями в широкой полосе частот в каждом громкоговорителе применяется несколько динамических головок и специальные разделительные фильтры. При этом одни динамические головки воспроизводят только низкие частоты (20–600 Гц), другие – средние частоты (500 Гц – 5 кГц). И наконец, специальные высокочастотные головки, называемые «пищалками»,

Таблица 1.5. Громкоговорители отечественного производства

| Тип,<br>наименование   | Максимальная мощность,<br>Вт |        | Полоса<br>частот, Гц | Сопротив-<br>ление, Ом | Масса, кг |
|------------------------|------------------------------|--------|----------------------|------------------------|-----------|
|                        | Шумов.                       | Кратк. |                      |                        |           |
| 35АС-12<br>«Эстония»   | 50                           | 250    | 25–31500             | 8                      | 19,5      |
| 35АС-12 S-90           | 100                          | 600    | 25–25000             | 4; 8                   | 23,0      |
| 35АС-029<br>(35АС-015) | 100                          | 240    | 25–35000             | 4                      | 25        |
| 35АС-016<br>«Орбита»   | 90                           | 200    | 25–25000             | 4                      | 23,5      |
| 25АС-016<br>«Амфитон»  | 75                           | 100    | 45–25000             | 4                      | 14,2      |
| 25АС-131<br>«Амфитон»  | 35                           | 60     | 40–18000             | 4                      | 14,0      |
| 15АС-109<br>(15АС-110) | 25                           | 50     | 50–20000             | 4; 8                   | 6,8       |
| 15АС-111<br>«Вега-35»  | 35                           | 75     | 40–25000             | 4                      | 11,0      |
| 15АС-213               | 25                           | 50     | 40–25000             | 4                      | 4,3       |
| 15АС-214               | 25                           | 50     | 63–18000             | 4                      | 7,0       |
| 15АС-216<br>«Орбита»   | 15                           | 30     | 63–25000             | 8                      | 7,0       |
| 10АС-213               | 10                           | 15     | 63–20000             | 4                      | 3,9       |
| 10АС221;<br>10АС-222   | 30                           | 100    | 50–18000             | 4; 8                   | 6,0       |
| 10АС-230               | 20                           | 30     | 63–20000             | 4; 8                   |           |
| 15АС-315               | 20                           | 30     | 63–20000             | 4                      | 3,0       |
| S-20                   | 20                           | 50     | 63–20000             | 8                      | 2,6       |
| 15АС-306               | 15                           | 25     | 100–20000            | 4                      | 2,6       |

**Примечание.** АС – акустическая система; первое число – номинальная мощность, Вт; первая цифра второго числа – класс сложности.

воспроизводят частоты от 4 кГц до 20–35 кГц. Естественно, стоимость подобных систем достаточно высока.

Громкоговорители более простой конструкции содержат одну или несколько однотипных динамических головок, воспроизводящих относительно широкую полосу частот (обычно 63 Гц – 12,5 кГц или выше). Такие же устройства часто изготавливаются радиолюбителями самостоятельно из деталей, которые есть в продаже. Конечно, подобные громкоговорители мало приспособлены для воспроизведения

симфонической музыки, исполняемой большим оркестром, но вполне пригодны для установок караоке.

## САМОДЕЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Современные интегральные микросхемы отечественного и зарубежного производства позволяют радиолюбителям буквально творить чудеса, создавая из небольшого числа навесных деталей усилители звуковой частоты высокого качества. Подтверждением этому могут служить описанные ниже конструкции, рекомендуемые тем, кто не имеет готовых усилителей для караоке и хочет сделать их своими руками.

### Усилитель мощностью 1 Вт

На рис. 1.31 представлена принципиальная схема усилителя с номинальной мощностью 1,0 Вт, в котором имеется всего одна микросхема производства фирмы Philips, переменный резистор типа СПЗ-4в плавного регулятора громкости и два оксидных конденсатора типа К50-6 или К50-35, а также источник питания напряжением 6 В и выключатель питания.

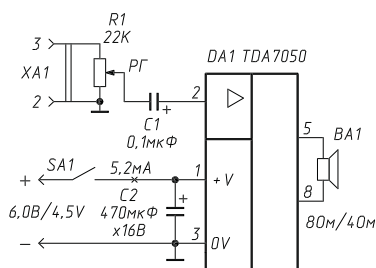


Рис. 1.31. Принципиальная схема монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7052

Источником питания может быть батарея из четырех гальванических элементов 343 или 373 либо малогабаритный стабилизированный выпрямитель на то же напряжение.

Интегральная микросхема TDA7052 рассчитана на работу при напряжении питания 3–18 В, выходную мощность до 1 Вт при сопротивлении нагрузки не менее 4 Ом и обеспечивает равномерное усиление сигнала в

полосе частот 40 Гц – 18 кГц. Ее чувствительность находится в пределах 30–50 мВ. По существу, предельная выходная мощность ограничена максимальной рассеиваемой мощностью микросхемы, имеющей очень малые размеры корпуса DIP-8. Такой усилитель целесообразно применить в простейшей установке с автономным питанием, поскольку ток покоя усилителя составляет не более 6–8 мА.

При необходимости выходная мощность установки может быть увеличена вдвое, но не за счет форсирования режима работы микросхемы, а путем изготовления второго аналогичного усилителя. Тогда их

можно использовать либо как двухканальный стереофонический усилитель 1×1 Вт, либо как два независимых усилителя для двух раздельных микрофонов.

При повторении конструкции усилителя удобно воспользоваться схемой размещения деталей на печатной плате и чертежом самой платы, приведенными на рис. 1.32 и 1.33 соответственно.

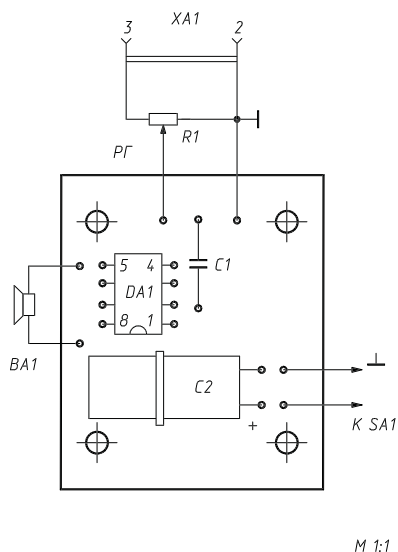


Рис. 1.32. Монтажная схема монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7052

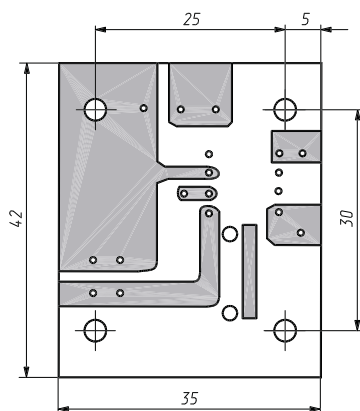


Рис. 1.33. Печатная плата монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7052

## Стереосуилитель 2×1 Вт

На рис. 1.34 приведена принципиальная схема стереофонического усилителя с выходной мощностью до 1 Вт на канал, собранного на одной интегральной микросхеме TDA7053 производства фирмы Philips в корпусе DIP-16, а также двух переменных резисторов, двух керамических и одного оксидного конденсаторов. Особенностью усилителя является наличие в каждом канале не одной, а двух динамических головок сопротивлением по 8 Ом. Здесь возможно использование самых распространенных головок 1ГД-40 старого производства или подобных по конструкции головок с эллиптическим диффузором, например 2ГДШ-2-8. Другой особенностью усилителя является то, что его выходы нигде не соединены с общим проводом питания.



Это характерно для мостовых усилителей мощности с бесконденсаторным выходом.

Интегральная микросхема рассчитана на работу при напряжении питания 3–15 В и токе покоя около 5 мА. Минимальное сопротивление нагрузки – 8 Ом.

Такой усилитель удобно и экономично подключить к карманному плейеру и использовать для музыкального сопровождения. В этом случае целесообразно упростить конструкцию усилителя, убрав регуляторы громкости, поскольку они уже имеются в плейере. Измененная

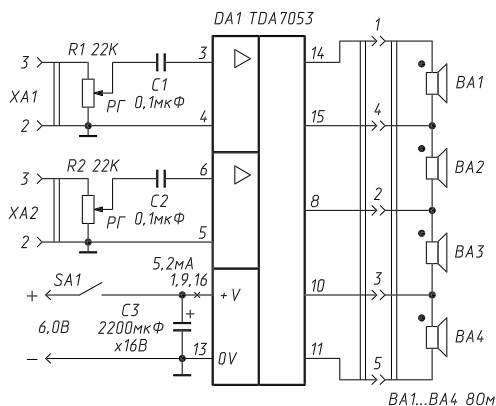


Рис. 1.34. Принципиальная схема стереофонического УМЗЧ на ИМС TDA7053 с регуляторами громкости

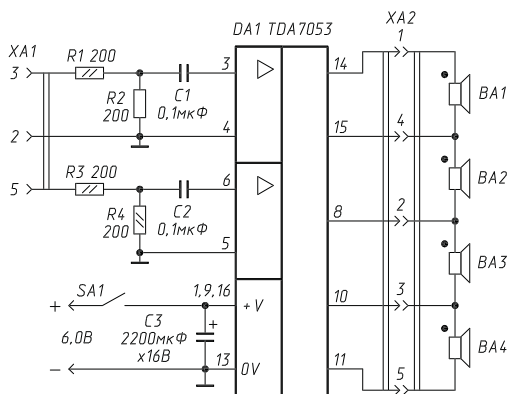


Рис. 1.35. Принципиальная схема стереофонического УМЗЧ на ИМС TDA7053 с нерегулируемыми входами

принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1.35. Здесь на входе каждого канала установлен делитель напряжения из двух резисторов во избежание перегрузки усилителя. Сигналы снимаются с гнезда для внешнего телефона плеера с помощью двойного кабеля от стереофонического телефона, вышедшего из строя.

При повторении конструкций данных усилителей можно воспользоваться монтажными схемами и чертежами печатных плат, приведенными на рис. 1.36 и 1.37, а также рис. 1.38 и 1.39 соответственно.

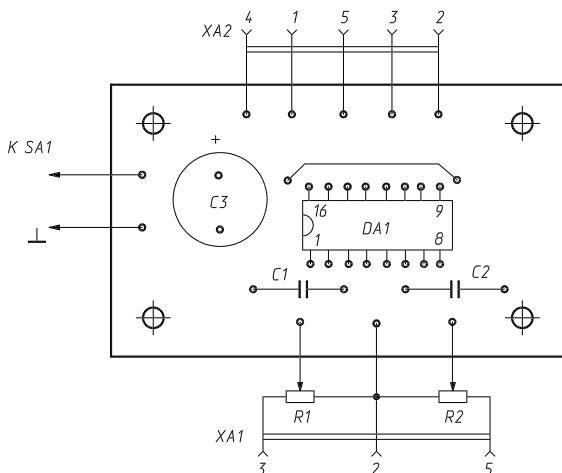
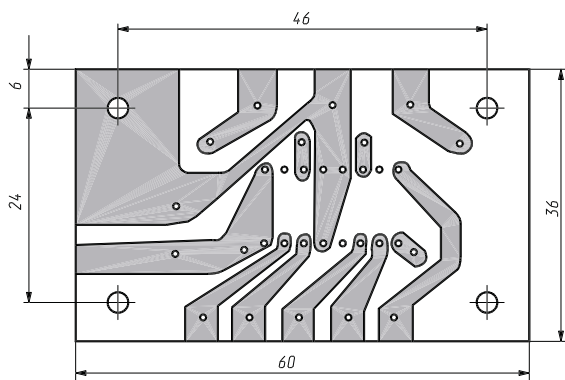


Рис. 1.36. Монтажная схема УМЗЧ на ИМС TDA7053



М 1:1

Рис. 1.37. Печатная плата УМЗЧ на ИМС TDA7053

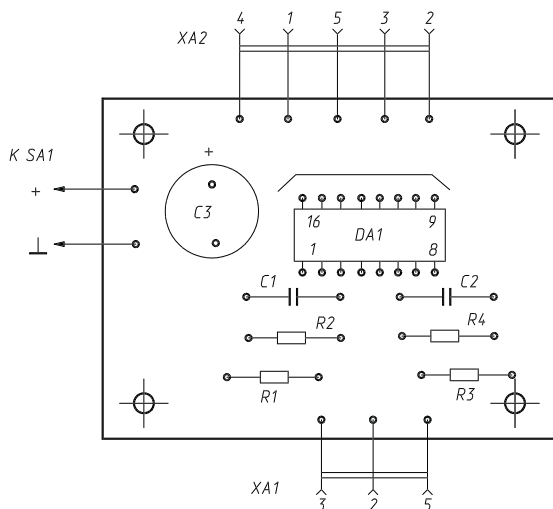


Рис. 1.38. Монтажная схема УМЗЧ на ИМС TDA7053 с нерегулируемыми входами

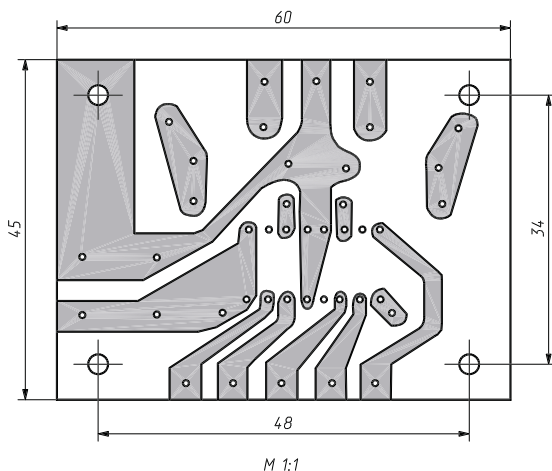


Рис. 1.39. Печатная плата УМЗЧ на ИМС TDA7053 с нерегулируемыми входами

## Усилитель на выходную мощность до 5 Вт

На рис. 1.40 дана принципиальная схема самого простого, надежно, экономичного и широко распространенного в промышленной аппаратуре усилителя мощности звуковой частоты на отечественной интегральной микросхеме К174УН14, имеющей десятки аналогов за

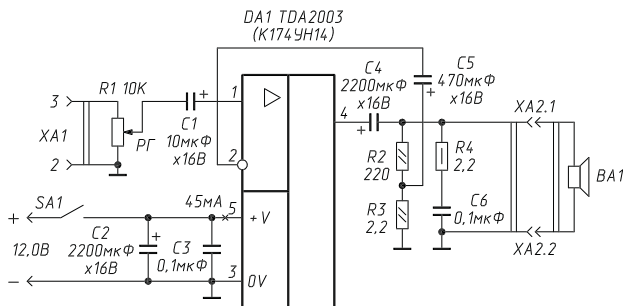


Рис. 1.40. Принципиальная схема УМЗЧ на ИМС TDA2003

рубежом, среди которых самым популярным является ТДА2003. Микросхема предназначена для работы при напряжении источника питания 8–18 В и сопротивлении нагрузки не менее 2 Ом. При этом достигается равномерное усиление сигнала в полосе частот 30 Гц – 20 кГц, а ток покоя составляет 40–60 мА. Чувствительность усилителя – около 50 мВ. Микросхема снабжена собственным теплоотводом, допускающим работу с выходной мощностью не более 2 Вт. Для получения большей мощности обязательно требуется установка дополнительного пластинчатого либо ребристого или игольчатого теплоотвода.

Большое усиление микросхемы требует принятия определенных мер по повышению стабильности и устойчивости ее работы. Это достигается двумя способами. Во-первых, для предотвращения самовозбуждения на высоких и ультравысоких частотах громкоговоритель шунтируется последовательно соединенными низкоомным постоянным резистором R4 типа С1-4 и керамическим конденсатором С6. Во-вторых, коэффициент усиления во всей полосе воспроизводимых частот стабилизирован за счет наличия на выходе усилителя делителя напряжения сигнала 1:100 и подачи с него напряжения отрицательной обратной связи на инвертирующий вход усилителя. Через оксидный конденсатор большой емкости С4 громкоговоритель подключен к выходу усилителя через стандартный акустический разъем и своим одним выводом соединен с общим проводом питания, то есть заземлен.

Поскольку потребляемый ток быстро меняется в пределах от нескольких десятков миллиампер до ампера и более, конденсатор С2, шунтирующий по постоянному току источник питания, также имеет большую емкость (обычно не менее 2200 мкФ) и напряжение не менее

16 В при источнике 12 В или 25 В при источнике 15 В. Дополнительно источник питания шунтируется керамическим конденсатором СЗ во избежание возможного самовозбуждения на высоких частотах из-за паразитных обратных связей.

На рис. 1.41 и 1.42 приведены схема размещения навесных деталей на печатной плате, а также чертеж самой платы. Интегральная

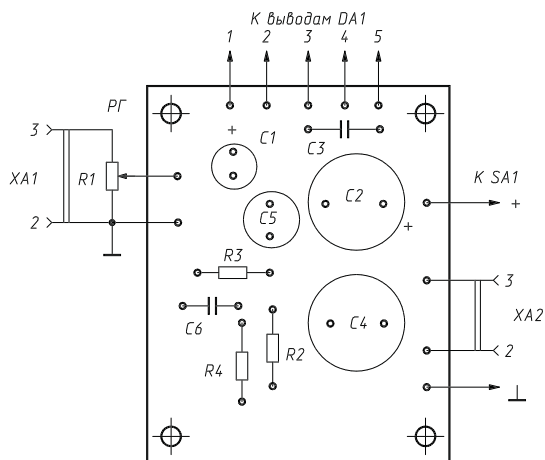


Рис. 1.41. Монтажная схема УМЗЧ на ИМС TDA2003

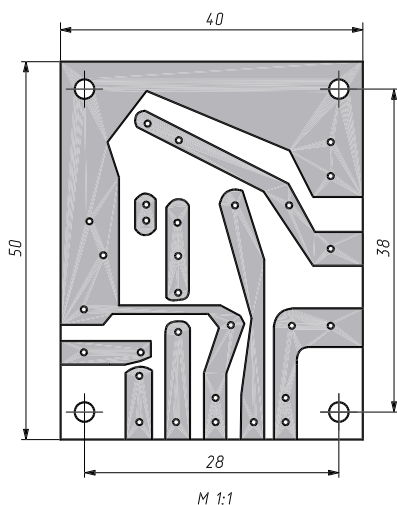


Рис. 1.42. Печатная плата УМЗЧ на ИМС TDA2003

микросхема монтируется на дополнительном теплоотводе и соединяется с платой посредством тонких изолированных гибких проводов в тефлоновой, то есть фторопластовой изоляции. По возможности длина проводников должна быть минимальной. Обязательным условием нормальной работы усилителя является свободный доступ воздуха к его теплоотводу.

### **Стереофонический усилитель 2х4 Вт**

На базе интегральной микросхемы К174УН14 отечественная промышленность выпускает стереофонический усилитель с выходной мощностью до 4 Вт на каждый канал. Особенностью данной микросхемы является то, что два одинаковых кремниевых кристалла, на которых она основана, помещены в общий корпус с небольшими металлическими теплоотводами. Специально для нее выпускается дополнительный игольчатый теплоотвод, способный обеспечивать нормальный тепловой режим работы обоих каналов усилителя при выходной мощности до 4 Вт на каждый канал. Внешне эта интегральная микросхема ничем не отличается от широко распространенных в любительской практике микросхем К174УН7 и К174УН9, но по своим возможностям превосходит их. Микросхема К174УН20 рассчитана на работу с источником питания напряжением до 12 В при токе покоя 65 мА и сопротивлении нагрузки 4 или 8 Ом. Равномерное усиление сигнала производится в полосе частот 50 Гц – 16 кГц, что вполне приемлемо для большинства любительских конструкций. Причем если выходная мощность на каждый канал не будет превышать 0,5–0,8 Вт, то можно обойтись без дополнительного теплоотвода, в противном случае он необходим. Если специального игольчатого теплоотвода приобрести не удастся, его можно заменить пластинчатым, например из листового алюминия или меди толщиной 1,0–1,5 мм. Его площадь должна быть не менее 9–10 см<sup>2</sup> для каждого металлического выступа с отверстием под винт. Теплоотвод можно оформить в виде уголка, что сэкономит место на плате.

На рис. 1.43 приведена принципиальная схема стереофонического усилителя на основе микросхемы К174УН20. Он обеспечивает выходную мощность 4 Вт по каждому каналу при напряжении питания 12 В и сопротивлении нагрузки 4 Ом. При увеличении сопротивления нагрузки до 8 Ом в каждом канале выходная мощность уменьшается до 2,2 Вт на канал при том же напряжении питания.

Особенностью схемы является отсутствие плавных регуляторов громкости, которые заменены делителями входного напряжения на

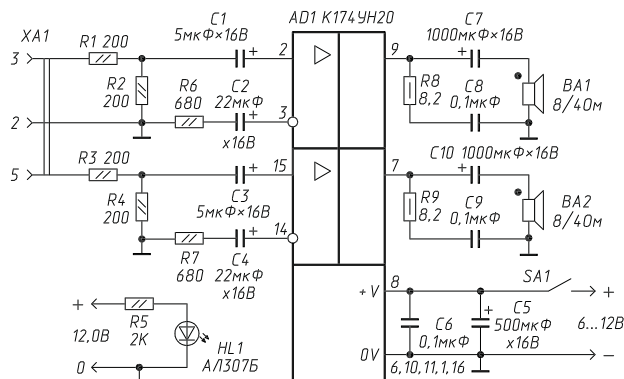


Рис. 1.43. Схема стереофонического УМЗЧ на ИМС K174YH20

двух резисторах R1, R2 и R3, R4 с коэффициентом деления 1:2. Это сделано с целью подключения к выходу карманного аудиоплеера входа данного усилителя. В таком случае монтаж на печатной плате может иметь вид, показанный на рис. 1.44 и 1.45. При необходимости усилитель разрешается снабдить светодиодным индикатором включения питания, что бывает весьма полезно при работе от автономного источника. Это легко сделать с помощью постоянного резистора R5 и светодиода HL1, подключенных к источнику питания после выключателя.

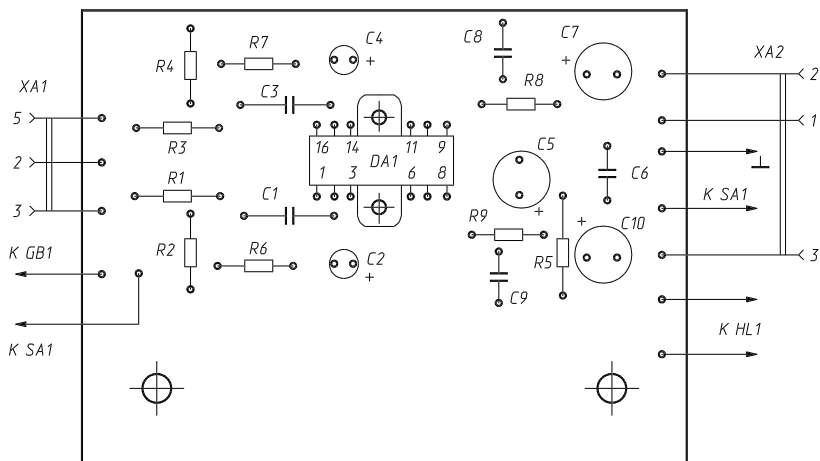


Рис. 1.44. Монтаж стереофонического УМЗЧ на ИМС K174YH20

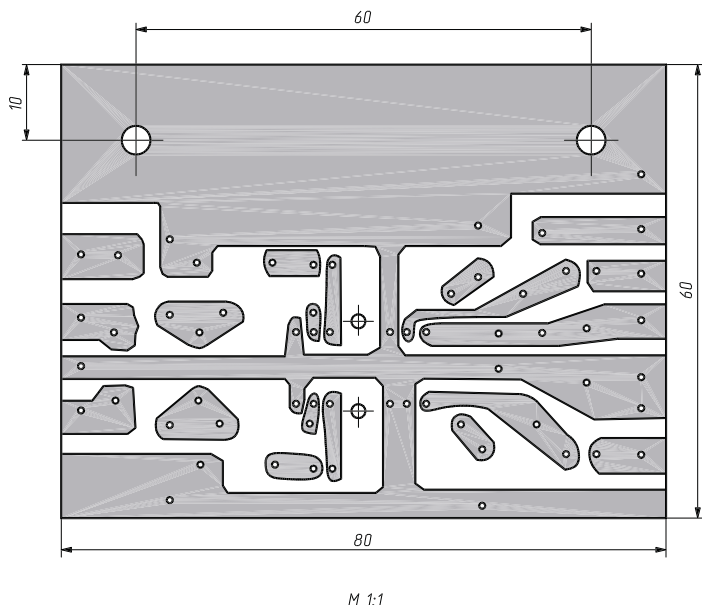


Рис. 1.45. Печатная плата стереофонического УМЗЧ на ИМС K174УН20

При необходимости усилитель можно оснастить двумя плавными регуляторами громкости, включив два переменных резистора сопротивлениями по 22 кОм вместо резисторов R1, R2, и R3, R4. Других изменений в принципиальной схеме производить не требуется.

Питание на усилитель можно подавать от 8, а еще лучше – от 10 элементов 373 либо 343 в автономном режиме или от выпрямителя на 12 В, желательно стабилизированного. Допустимо также применение универсального питания – от батареи или сети в зависимости от условий.

### Двухканальный усилитель 2×10 Вт

На рис. 1.46 приведена принципиальная схема двухканального усилителя мощности звуковой частоты на одной интегральной микросхеме фирмы Philips TDA7370. При наличии дополнительного теплоотвода и достаточно мощном источнике напряжения постоянного тока 12 В он способен развивать номинальную выходную мощность по каждому каналу 10 Вт при коэффициенте нелинейных искажений 1%. Особенностью усилителя является очень малое число дополнительных навесных деталей – всего четыре конденсатора и два переменных



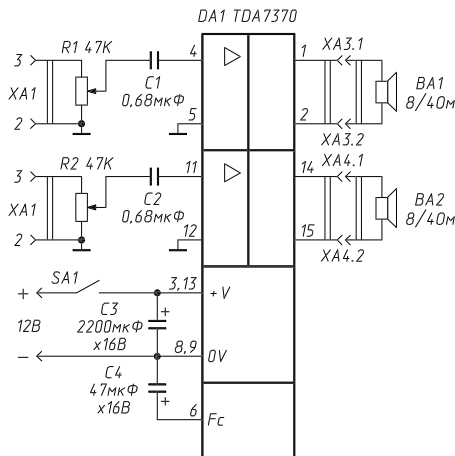


Рис. 1.46. Принципиальная схема стереофонического УМЗЧ на ИМС TDA7370

резистора. Два громкоговорителя сопротивлением 4 или 8 Ом подключены непосредственно к выводам микросхемы без громоздких переходных конденсаторов большой емкости, что имеет место во многих других усилителях мощности звуковой частоты. Известно, что их гордо называют «усилителями с бестрансформаторным выходом», как бы в упрек когда-то существовавшим усилителям на электронных лампах, имевшим громоздкие выходные трансформаторы. Данный усилитель с полным правом можно называть усилителем мощности с бестрансформаторным и бесконденсаторным выходом. Аналогичные усилители уже описывались ранее, но они были малой мощности, всего по 1 Вт на канал. Именно это существенное отличие требует в данном усилителе обязательной установки эффективного дополнительного теплоотвода, к которому плотно (под винт М3) прижимается интегральная микросхема. Для этой цели подходят стандартные теплоотводы из дюралюминия под транзисторы КТ818, КТ819. В крайнем случае можно использовать пластину из дюралюминия размером 100×100 мм и толщиной 2–4 мм. Не рекомендуется даже на мгновение включать усилитель без такого теплоотвода, так как при работе с номинальной мощностью внутри микросхемы развивается тепловая мощность 30 Вт, как у паяльника.

Другой особенностью, благодаря которой удастся обходиться без конденсаторов на выходе, является мостовая схема выходных каскадов, когда громкоговорители не имеют контакта с общим заземленным

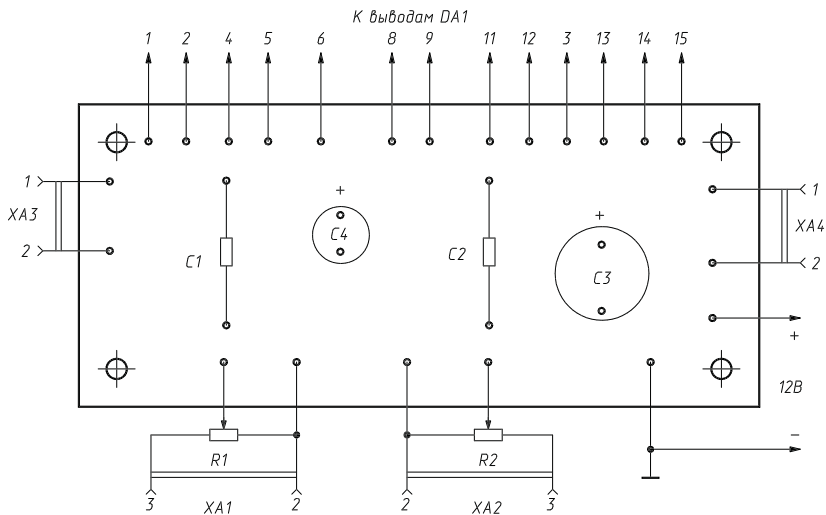


Рис. 1.47. Монтажная схема стереофонического УМЗЧ на ИМС К174УН20

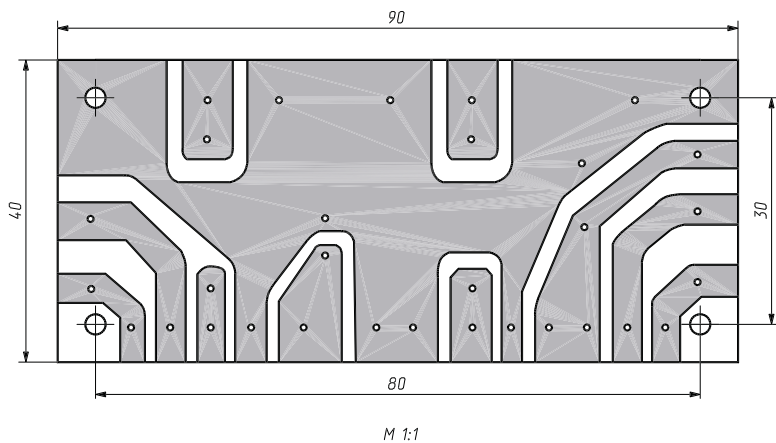


Рис. 1.48. Печатная плата стереофонического УМЗЧ на ИМС К174УН20

проводом. Если такое все же случится, то микросхеме грозит выход из строя. Поэтому как при монтаже деталей, так и в процессе эксплуатации необходимо следить за тем, чтобы ни один из проводов, идущих к громкоговорителям, не имел контакта с общим проводом питания.

Расположение деталей на печатной плате показано на рис. 1.47 и 1.48.

Усилитель нормально работает при изменении напряжения питания от 9 до 20 В и сопротивлении нагрузки каждого канала не менее 4 Ом. Источник питания должен обеспечивать ток до 3,5 А при напряжении 12 В. Если он обеспечит ток до 3,5 А при напряжении 12 В, с громкоговорителями сопротивлением по 4 Ом можно получить по 10 Вт мощности с каждого канала. Если источник может дать не более 2 А при том же напряжении, следует применить громкоговорители сопротивлением 8 Ом. Тогда выходная мощность каждого канала составит 6 Вт.

С учетом выделения большого количества тепла конструкция усилителя должна обеспечивать свободный приток свежего воздуха к микросхеме и дополнительному теплоотводу. Это будет гарантией надежной долговременной работы усилителя.

### **Усилитель звуковой частоты на 20 Вт**

Усилитель, принципиальная схема которого приведена на рис. 1.49, также выполнен по бестрансформаторной и бесконденсаторной схеме мостового оконечного каскада со всеми присущими ей достоинствами и недостатками. Главное отличие его от предыдущего в том, что имеется только один канал усиления на 20 Вт. Такой усилитель потребляет большой ток (до 3,5 А), поэтому его можно питать или от достаточно мощного выпрямителя, или от автомобильного аккумулятора напряжением 13,6 В.

Расположение деталей на печатной плате показано на рис. 1.50 и 1.51. Интегральная микросхема устанавливается на дополнительном теплоотводе (стандартном или самодельном), как упоминалось выше, под винт М3. Для улучшения отвода тепла рекомендуется смазать соприкасающиеся поверхности теплоотвода и микросхемы тонким слоем вазелина. Как и в предыдущем случае, можно увеличить сопротивление нагрузки с 4 до 8 Ом, снизив таким образом выходную мощность до 10–12 Вт и потребляемый ток до 2 А. При отсутствии сигнала потребляемый ток составляет 80–100 мА, что является первым признаком работоспособности усилителя. Значительно больший или меньший ток свидетельствует либо об ошибке в монтаже, либо о неисправности деталей, включая микросхему. Однако опыт применения подобных микросхем при использовании исправных деталей показывает, что усилитель начинает работать сразу и не требует дополнительных регулировок. Его чувствительность равна 50–80 мВ, а полоса воспроизводимых частот составляет 20 Гц – 20 кГц.

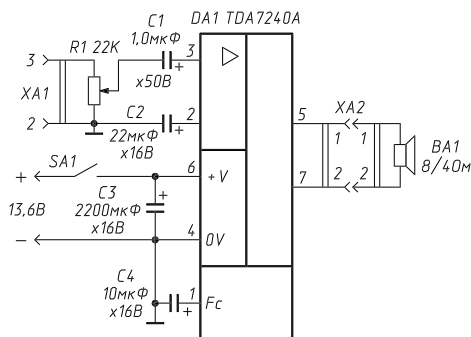


Рис. 1.49. Принципиальная схема монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7240A

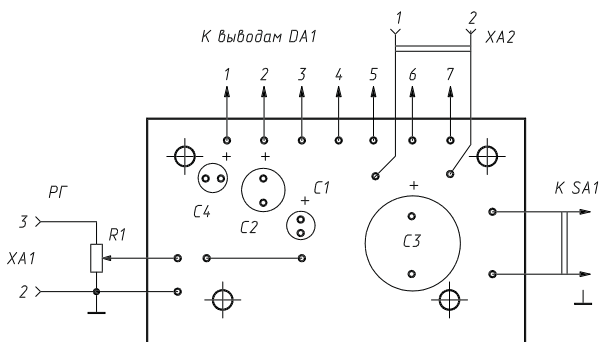


Рис. 1.50. Монтажная схема монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7240A

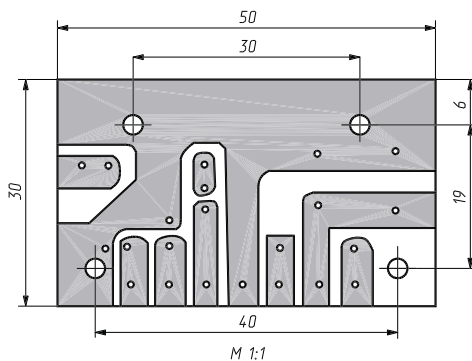


Рис. 1.51. Печатная плата монофонического УМЗЧ на ИМС TDA7240A

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Для описанных конструкций могут быть использованы автономные и сетевые источники питания. Для микрофонных усилителей, как уже упоминалось, лучше всего подходят самые недорогие и доступные гальванические элементы 316 напряжением 1,5 В в начале эксплуатации и начальной емкостью 0,6–1,5 Ач. При потребляемом токе в несколько миллиампер срок их службы составляет 100–150 ч. Если ток достигает 100–120 мА, срок службы составит всего 3–4 ч. В этом отношении значительно лучше ведут себя элементы 343 (1,5–2,5 Ач) и 373 (3,2–6,0 Ач). Их емкость достаточно полно реализуется при токе не более 200–300 мА. При большем токе срок службы становится меньше гарантированного. Например, при токе 0,5 А эти элементы проработают всего 4 или 6 ч соответственно.

Если есть такая возможность, то усилители звуковой частоты большой мощности допустимо питать от автомобильного аккумулятора начальным напряжением 13,6 В. При номинальной емкости 60–80 Ач нормальный потребляемый ток может исчисляться несколькими амперами. Но эксплуатация свинцовых автомобильных аккумуляторов в домашних условиях связана с рядом неудобств, в том числе с громоздкостью аккумуляторов и выделением водорода в процессе их периодической подзарядки.

В таких случаях целесообразно использовать сетевое питание через понижающий трансформатор, мостовой выпрямитель и мощный сглаживающий фильтр. При этом важно соблюдать два правила безопасности: иметь надежную изоляцию вторичной понижающей обмотки трансформатора от первичной сетевой и плавкий предохранитель в сети 220 В.

Принципиальная схема простейшего сетевого выпрямителя приведена на рис. 1.52. Его основой являются понижающий трансформатор Тр1, выпрямительный мост КЦ405А и сглаживающий пульсации

выпрямленного напряжения оксидный конденсатор С1 большой емкости. На практике мощность трансформатора должна быть по крайней мере в 2,5–3 раза больше максимальной выходной мощности усилителя, а номинальное напряжение конденсатора С1 – в 1,5–2 раза выше номинального напряжения питания усилителя.

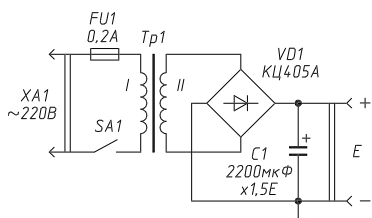


Рис. 1.52. Принципиальная схема низковольтного выпрямителя

Ток срабатывания плавкого предохранителя может составлять для описанных выше конструкций 0,2–0,3 А.

В справочной литературе дается множество советов по самостоятельному расчету и изготовлению понижающих трансформаторов. Когда-то это было широко распространено среди радиолюбителей. Но сейчас лучше всего воспользоваться подходящим типом готового трансформатора, тем более, что они имеются в продаже в большом ассортименте. Кроме того, можно использовать уже готовые выпрямители, предназначенные для питания разного рода маломощной бытовой радиоэлектронной аппаратуры – микрокалькуляторов, плееров, приемников и т.п. На рис. 1.53 приведены результаты измерения выходного напряжения выпрямителей при использовании различных

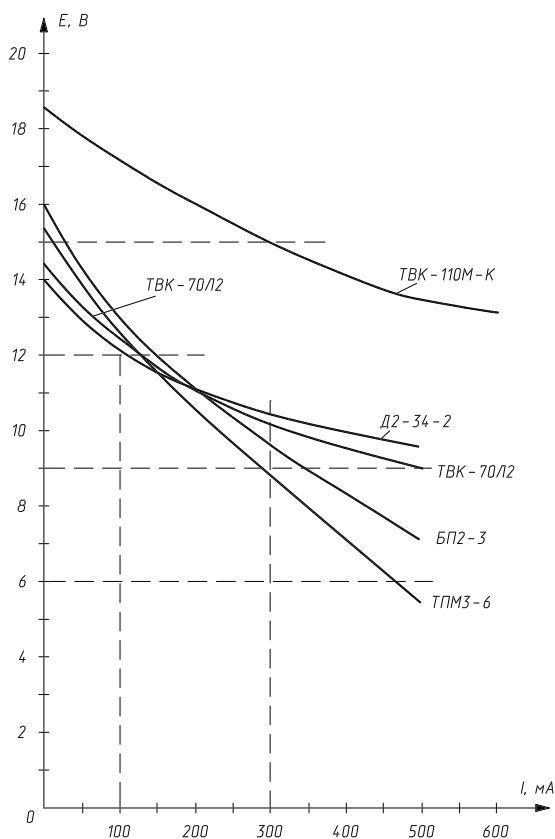


Рис. 1.53. Зависимость выходного напряжения выпрямителей от потребляемого тока

типов понижающих трансформаторов в зависимости от потребляемого тока. Здесь представлены возможности применения выходных трансформаторов кадровой развертки ламповых телевизоров ТВК-110К и ТВК-70Л2, а также готовых выпрямителей Д2-34-2, БП2-3 и ТПМЗ-6, широко распространенных в быту. Для последних выходное напряжение указано на входе имеющихся в их составе стабилизаторов напряжения на 3,6 и 9 В.

Как видно из рис. 1.53, выходное напряжение падает по мере роста потребляемого тока. Причем это падение тем значительнее, чем меньше мощность трансформатора. В этом отношении выходные трансформаторы от ламповых телевизоров имеют преимущества перед малогабаритными выпрямителями. Фактически же выпрямители на основе трансформаторов от телевизоров могут нормально работать при токе до 500 мА, тогда как стандартные выпрямители – только до 200–300 мА.

Зависимость выходного напряжения от потребляемого тока вносит нежелательные последствия в работу усилителя, приводя к появлению сильного фона сети при работе с большой мощностью. Обычно этот недостаток устраняется путем включения между выходом выпрямителя и потребителем тока дополнительного стабилизатора напряжения. Отечественная промышленность предлагает достаточно широкий ассортимент таких стабилизаторов, среди которых наиболее простыми и надежными можно считать устройства серии КР142ЕН, рассчитанные на различные значения входного и выходного напряжений.

Конструктивно они оформлены точно так же, как интегральная микросхема К174УН14, но имеют три вывода вместо пяти. Для нормальной работы стабилизатора необходимо два условия: наличие дополнительного теплоотвода и превышение на 3–5 В напряжения на входе по сравнению с требуемым на выходе.

На рис. 1.54 приведены две схемы включения различных стабилизаторов для получения стабилизированного напряжения 12 В.

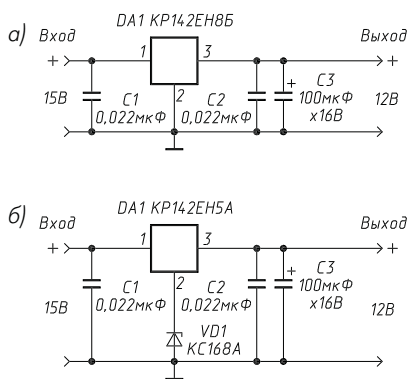


Рис. 1.54. Принципиальные схемы стабилизаторов питания

В случае применения микросхемы КР142ЕН8Б, рассчитанной на входное напряжение 15–20 В, используется схема, показанная на рис. 1.54а, которая содержит минимальное число необходимых деталей. На рис. 1.54б приведена принципиальная схема стабилизатора при работе с интегральной микросхемой КР142ЕН5А, рассчитанной на входное напряжение 8–15 В и стабилизированное выходное напряжение 5 В.

Для получения требуемого значения выходного стабилизированного напряжения 12 В между выводом 2 микросхемы и общим проводом питания включен дополнительный стабилитрон КС168А. Напряжение стабилизации стабилитрона составляет в среднем около 6,5 В, но его включение позволяет стабилизировать выходное напряжение на уровне 12,0–12,6 В. При этом во всех рассмотренных случаях ток, идущий через стабилизатор, который снабжен дополнительным теплоотводом, может достигать 2–3 А.

## САМОДЕЛЬНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Существует мнение, что сделать громкоговоритель просто. Это не совсем так. Действительно, для изготовления корпуса громкоговорителя требуется минимальная столярная практика, но вот расчет размеров такого корпуса производится по сложным формулам и номограммам. Поэтому для тех, кто хочет самостоятельно сделать громкоговоритель, далее будут даны размеры корпусов и рекомендации, как их собрать применительно к конкретным типам динамических головок, имеющих в продаже.

Итак, сначала необходимо купить соответствующие динамические головки отечественного или зарубежного производства. Наилучшим образом подходят широкополосные головки, воспроизводящие звуковые колебания равномерно в полосе частот от 60–100 Гц до 10–14 кГц при номинальной мощности, исчисляемой несколькими ваттами.

Но сами по себе головки не являются громкоговорителями. Необходимо разместить их в соответствующих корпусах, выполненных из толстой фанеры или плиты ДСП. Причем возможно несколько вариантов конструкции, наиболее распространенные из которых приведены на рис. 1.55. Главное назначение (акустическое оформление) корпуса – увеличить длину пути, который проходит звуковая волна, возбуждаемая тыльной поверхностью диффузора громкоговорителя, к фронтальной части диффузора. Если этот путь меньше половины длины излучаемой волны, то обратное излучение будет в значительной мере компенсировать фронтальное. В самом простом варианте оформления



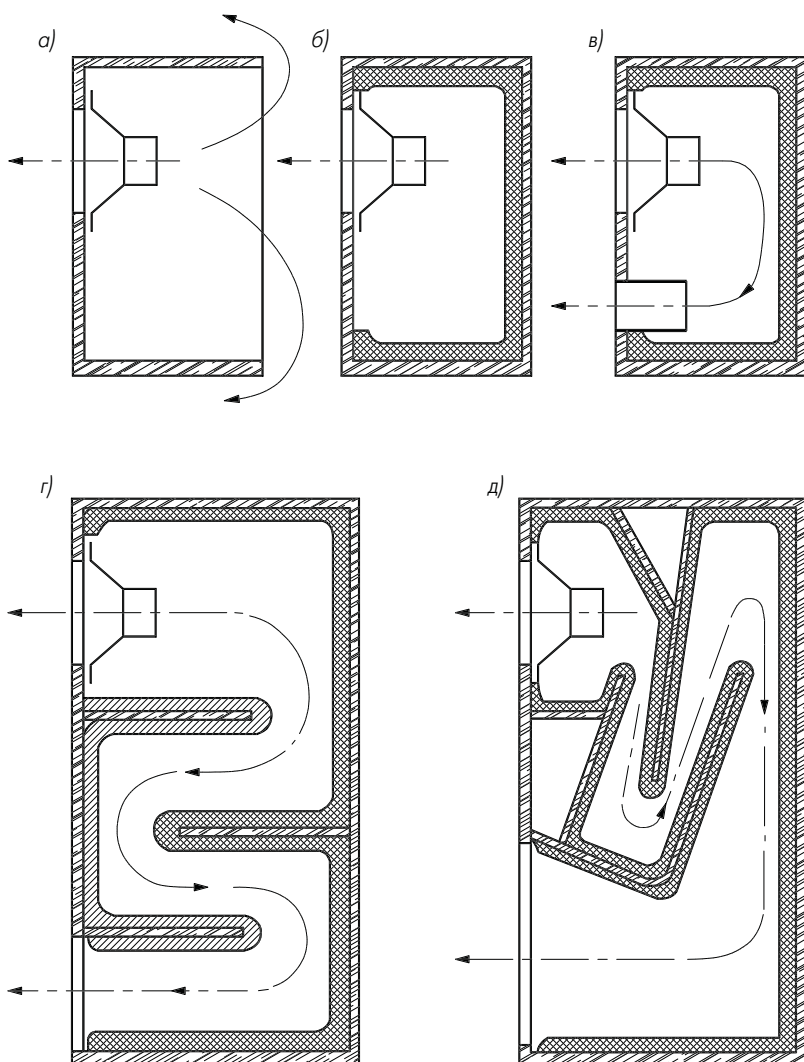


Рис. 1.55. Устройство громкоговорителей

(в виде корпуса без задней стенки, как показано на рис. 1.55а) длина этого пути равна средней арифметической высоте корпуса (полусумме высоты и ширины корпуса), сложенной с удвоенной глубиной ящика. Поэтому для хорошего воспроизведения самых низких частот размеры корпуса должны быть большими. На практике их приходится несколько уменьшать, компенсируя потери отдачи на низких частотах подъемом их усиления регулятором тембра усилителя звуковой частоты.

От этого недостатка свободны так называемые закрытые акустические системы, в которых влияние излучения тыльной поверхности диффузора практически полностью устранено за счет герметизации внутреннего объема корпуса, как показано на рис. 1.55б. Здесь для устранения нежелательного переотражения колебаний от внутренних поверхностей корпуса внутри него наклеены листы поролона или другого материала, поглощающего звук. Для изготовления таких громкоговорителей используются специальные дорогостоящие головки с так называемой воздушной подвеской, имеющие очень низкую собственную резонансную частоту – примерно 16–20 Гц. Помещенные в герметичный корпус, они имеют уже более высокую резонансную частоту (порядка 35–50 Гц). Недостатком таких громкоговорителей является низкая акустическая отдача, для компенсации которой необходимо увеличивать подводимую мощность в 2–3 раза.

Поднять отдачу можно за счет установки устройства в корпусе с задней стенкой фазоинвертера. Фазоинвертером называют дополнительное отверстие в передней стенке, которое соединяется с внутренним объемом корпуса через специальную трубу – тоннель (см. рис. 1.55в). Здесь так же, как и в предыдущем случае, внутренняя поверхность корпуса покрыта звукопоглощающим материалом. Эффект фазоинвертера заключается в следующем: путем подбора величин объема корпуса, площади сечения отверстия фазоинвертера, длины тоннеля с учетом собственной резонансной частоты головки удастся сделать так, что звуковые колебания на самых низких частотах, выходящие из отверстия фазоинвертера, оказываются в фазе с колебаниями фронтальной поверхности головки. Таким образом, на нижних частотах происходит удвоение отдачи.

Подобный результат можно получить, если заменить фазоинвертер акустическим лабиринтом, идущим внутри корпуса громкоговорителя к передней стенке, как показано на рис. 1.55г и 1.55д. В первом случае лабиринт имеет постоянное сечение, что упрощает его изготовление. Вторая конструкция обладает переменным сечением,

увеличивающимся по определенному закону по мере приближения к выходу. В обоих случаях наибольшая отдача наблюдается на тех частотах, когда длина лабиринта близка к половине длины возбуждаемой волны. Громкоговорители с лабиринтом наиболее сложны как в расчете, так и в изготовлении, поэтому они применяются только в сложных дорогостоящих моделях.

В любительской практике чаще всего встречаются громкоговорители с фазоинвертером и в виде ящика без задней стенки. Для определения параметров фазоинвертера можно обойтись без громоздких расчетов, воспользовавшись номограммой, приведенной на рис. 1.56. Для головки с известной резонансной частотой выбирают ящик определенного объема. Затем вычисляется площадь отверстия фазоинвертера, равная примерно половине площади диффузора головки. Эти данные вводятся в номограмму, и находится искомая величина – длина тоннеля. Проиллюстрируем расчет примером.

Допустим, имеется головка с собственной резонансной частотой 60 Гц, объем выбранного корпуса составляет 50 дм<sup>3</sup>, а площадь

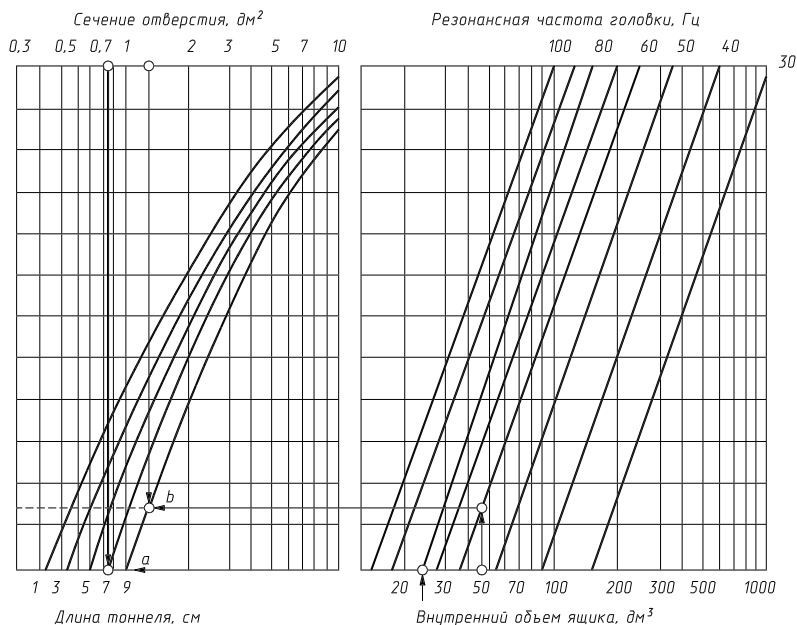


Рис. 1.56. Номограмма для расчета фазоинвертеров

диффузора равна  $3 \text{ дм}^2$ . Тогда выбираем площадь отверстия фазоинвертера равной  $1,5 \text{ дм}^2$ . По правой номограмме восстанавливаем перпендикуляр из точки объема ящика ( $50 \text{ дм}^3$ ) до пересечения с кривой резонансной частоты ( $60 \text{ Гц}$ ), из этой точки проводим горизонталь на левую номограмму до пересечения с вертикалью сечения отверстия ( $1,5 \text{ дм}^2$ ). Точка пересечения  $b$  попадает на кривую длины тоннеля ( $9 \text{ см}$ ). Если по каким-то причинам данная величина является неприемлемой, необходимо изменить начальные значения, например выбрать другую величину объема корпуса или площадь отверстия фазоинвертера.

Но все же в рассматриваемом случае предпочтение следует отдать изготовлению корпуса без задней стенки. Головка размещается на фанерной передней стенке толщиной  $10 \text{ мм}$ , а боковые стенки выпиливаются из плиты ДСП толщиной  $15 \text{ мм}$ . Соединение элементов корпуса производится шурупами с применением клея ПВА. Для защиты диффузора от механических повреждений передняя стенка драпируется тканью или полиамидной сеткой от комаров. Диффузородержатель закрепляется шурупами снаружи (для увеличения акустической отдачи) или изнутри корпуса (в целях безопасности).

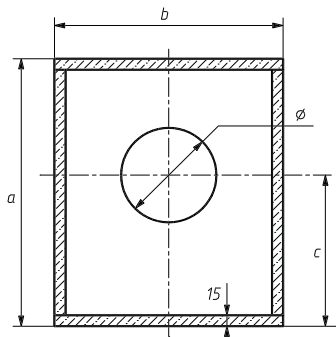


Рис. 1.57. Корпус громкоговорителя без задней стенки с одной головкой

На рис. 1.57 приведен чертеж корпуса громкоговорителя с одной головкой со стороны его открытой части. Буквами отмечены диаметр установочного отверстия в передней стенке, а также высота, ширина корпуса, толщина боковых стенок и расстояние между центром отверстия и основанием корпуса. В табл. 1.6 даны цифровые значения этих размеров для наиболее доступных динамических головок.

В том случае, когда используется стереофонический усилитель, у которого один канал воспроизводит музыкальное сопровождение, а другой – пение, целесообразно разместить две головки в одном корпусе, что улучшает качество звучания по обоим каналам. Для этого варианта конструкция корпуса приведена на рис. 1.58, а числовые значения размеров – в табл. 1.7.

Таблица 1.6. Размеры корпуса громкоговорителя с одной головкой

| Тип динамической головки | Размеры, мм |     |     |     |
|--------------------------|-------------|-----|-----|-----|
|                          | Ø           | a   | b   | c   |
| 4ГДШ-1-4<br>(4ГД-8Е)     | 110         | 300 | 270 | 170 |
| 5ГДШ-1-4<br>(3ГД-38Е)    | 140         | 420 | 390 | 240 |
| 5ГДШ-4-4<br>(3ГД-45)     | 140         | 420 | 390 | 240 |
| 8ГДШ-2-4                 | 140         | 420 | 390 | 240 |
| 8ГДШ-2-8                 | 140         | 420 | 390 | 240 |
| 8ГДШ-1-4<br>(4ГД-35)     | 190         | 430 | 400 | 250 |
| 10ГДШ-1-4<br>(10ГД-36К)  | 190         | 430 | 400 | 250 |

**Примечание.** Условное обозначение головок указывает номинальную мощность в ваттах (первая цифра) и сопротивление в омах (последняя). ГДШ – головка динамическая широкополосная; по старой системе обозначения: ГД – головка динамическая.

Таблица 1.7. Размеры корпуса громкоговорителя с двумя головками

| Тип динамической головки | Размеры, мм |     |     |     |     |
|--------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|
|                          | Ø           | a   | b   | c   | d   |
| 4ГДШ-1-4<br>(4ГД-8Е)     | 110         | 300 | 440 | 170 | 140 |
| 5ГДШ-1-4<br>(3ГД-38Е)    | 140         | 400 | 560 | 240 | 190 |
| 5ГДШ-4-4<br>(3ГД-45)     | 140         | 400 | 560 | 240 | 190 |
| 8ГДШ-2-4                 | 140         | 400 | 560 | 240 | 190 |
| 8ГДШ-2-8                 | 140         | 400 | 560 | 240 | 190 |
| 8ГДШ-1-4<br>(4ГД-35)     | 190         | 430 | 640 | 250 | 240 |

Выше описывался простейший усилитель звуковой частоты на одной микросхеме 2×1 Вт, в котором использовались четыре головки (по две в каждом канале), соединенные последовательно и синфазно. Для такого усилителя лучше всего подходят головки 3ГДШ-7-4 и 3ГДШ-7-8, конструкция корпуса громкоговорителя на их основе приведена на рис. 1.59. За счет близкого расположения, одна к другой, нескольких головок наблюдается заметное повышение акустической отдачи

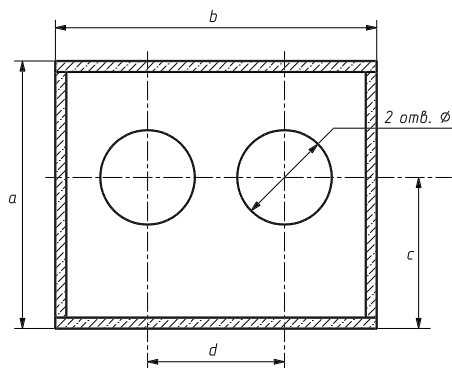


Рис. 1.58. Корпус громкоговорителя без задней стенки с двумя головками

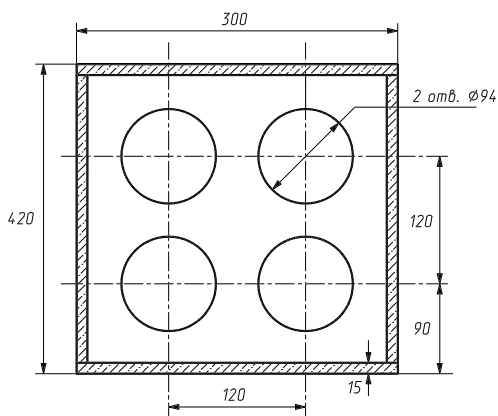


Рис. 1.59. Корпус громкоговорителя без задней стенки с четырьмя головками

на частотах ниже 800–1000 Гц при воспроизведении по ним одной фонограммы или сольного пения. Вместо отечественных головок указанных типов разрешается без каких-либо дополнительных изменений конструкции громкоговорителя использовать динамические головки от зарубежной аппаратуры, имеющие на своей магнитной системе надпись 4 Вт × 4 Ом, например от автомобильных магнитол.

Может оказаться так, что есть готовый музыкальный центр и самодельное устройство из числа описанных выше. Существует несколько вариантов совместного применения аппаратуры. Так, более

качественную и мощную установку промышленного изготовления используют для воспроизведения музыкального сопровождения, а самодельную – для сольного пения. Двухканальный самодельный усилитель с громкоговорителем целесообразно применить для озвучивания пения дуэтом. Возможны и другие варианты.

В заключение остается пожелать читателям успехов в изготовлении караоке своими руками.

|          |                        |          |
|----------|------------------------|----------|
| <b>1</b> | Аппаратура для караоке | <b>7</b> |
|----------|------------------------|----------|

## **2 ЭЛЕКТРОННАЯ ОХРАНА И СИГНАЛИЗАЦИЯ**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Датчик для охраны автомобиля</b>  | <b>64</b>  |
| <b>Сигнальный радиошлейф</b>   | <b>68</b>  |
| <b>«Хитрый» замок</b>  | <b>78</b>  |
| <b>Радиопакет в охранной сигнализации</b>  | <b>81</b>  |
| <b>Приставка-сторож<br/>к телефонному аппарату</b>   | <b>95</b>  |
| <b>Устройство охранной сигнализации<br/>для телефона<br/>с кнопочным номеронабирателем</b> | <b>99</b>  |
| <b>Имитатор поднятия<br/>трубки телефонного аппарата</b>                                   | <b>104</b> |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>3</b> | Любительская радиосвязь                 | <b>107</b> |
| <b>4</b> | Любительская телефония                  | <b>165</b> |
| <b>5</b> | Электронные автоматы, устройства        | <b>219</b> |
| <b>6</b> | Справочная информация<br>для начинающих | <b>265</b> |



В последнее десятилетие получили широкое распространение самые разные системы электронной охраны и сигнализации, начиная от устройств для предотвращения несанкционированного доступа и заканчивая сложными электронными средствами, поднимающими тревогу при появлении нарушителя в охраняемом пространстве. Большинство таких охранных систем выпускается известными фирмами и легко устанавливается, но, к сожалению, за очень высокую цену. В то же время достаточно надежные и не очень сложные устройства электронной охраны и сигнализации могут быть изготовлены самостоятельно.

### ДАТЧИК ДЛЯ ОХРАНЫ АВТОМОБИЛЯ

Украсть или ограбить автомобиль, не качнув его, – почти неразрешимая задача. Поэтому редкая охранная система обходится без устройства, так или иначе реагирующего на колебания кузова автомобиля.

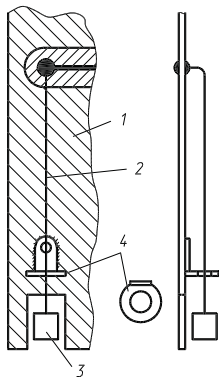


Рис. 2.1

Конструкция датчика

Конструкция одного из самых простых датчиков – контактного датчика (КД) колебаний – показана на рис. 2.1. Здесь 1 – печатная плата; 2 – упругий металлический поводок, верхний конец которого отогнут и впаян в специальное отверстие в плате (один вывод КД), а на нижнем укреплен груз – свинцовый цилиндр или шарик 3; 4 – контактная шайба, припаянная к нулевой фольге платы (другой вывод КД).

Поводок изготавливают из упругой проволоки (сталь, фосфористая бронза и т.п.) диаметром 0,3–0,4 мм. Его длина – 50–80 мм. Вес свинцового груза – 15–20 г. От упругости поводка и массы груза зависит резонансная частота датчика

и, следовательно, его чувствительность к тем или иным внешним возмущениям. При необходимости упругость поводка и масса груза могут быть изменены.

Чувствительность КД будет зависеть, очевидно, от положения (выше-ниже) контактной шайбы и диаметра ее внутреннего отверстия. Но, экспериментируя с тем и другим, не следует стремиться к достижению возможно большей чувствительности датчика, поскольку следствием будет множество ложных срабатываний. Чувствительность датчика должна быть лишь достаточной.

На той же печатной плате монтируют и электронную часть устройства, принципиальная схема которой приведена на рис. 2.2.

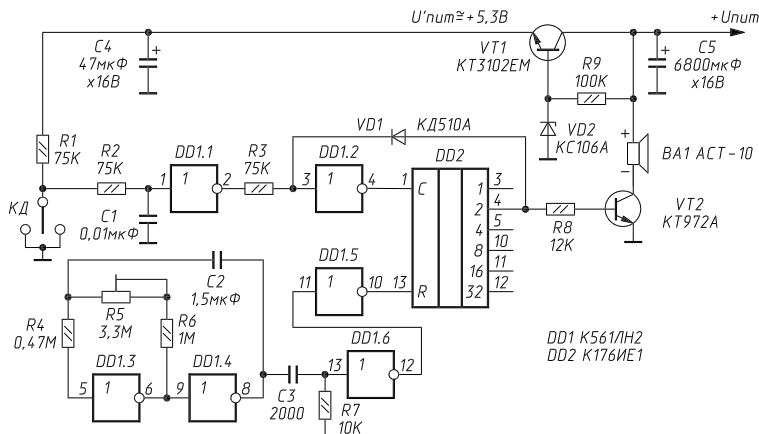


Рис. 2.2. Принципиальная схема электронной части устройства

Шестirazрядный счетчик DD2 реагирует на каждый спад напряжения на своем входе С (в идеале – на каждое замыкание КД) тем, что хранящееся в нем число увеличивается на единицу.

Подключением резистора R8 и диода VD1 к выходу 1, 2, 4, 8, 16 или 32 счетчика DD2 в системе одно из этих чисел устанавливают в качестве числа-порога. По его достижении на соответствующем выводе счетчика (3, 4, 5, 10, 11 или 12) возникает единичное напряжение  $U_{\text{вых}} = U'_{\text{штг}}$ . Это напряжение блокирует дальнейший счет в DD2 (высоким напряжением на входе инвертора DD1.2) и создает в базе транзистора VT2 ток  $I_6 = (U'_{\text{штг}} - U_{\text{отс}}) / R8$ . При  $U'_{\text{штг}} = 5,3 \text{ В}$  и  $U_{\text{отс}} \approx 1,2 \text{ В}$  (напряжение отсечки составного кремниевого транзистора)  $I_6 \approx 0,34 \text{ мА}$ . А поскольку транзистор КТ972А имеет усиление по току не менее  $h_{21E} = 750$ , то с относительно слабotoчной нагрузкой (ток в АСТ-10 не превышает 0,25 А) этот транзистор откроется до насыщения и включит пьезосирену. Как показывает опыт, в этом режиме падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер транзистора КТ972А не превышает 1 В.

Однако все это произойдет лишь в том случае, если число-порог будет набрано в паузе длительностью Т между короткими импульсами на входе R счетчика DD2, возвращающими счетчик в исходное нулевое состояние.

Основу генератора, формирующего эти импульсы (на профессиональном жаргоне – импульсы сброса), составляет мультивибратор, выполненный на элементах DD1.3 и DD1.4. Изменением сопротивления подстроечного резистора R5, введенного во времязадающую цепь

мультивибратора, период его переключения  $T \cong 2 (R6 + R5) C2$  может быть установлен в пределах 2–9 с. Сам импульс на входе R счетчика формируется из фронта меандра на выходе инвертера DD1.4 дифференцирующей цепочкой R7C3 и инвертерами DD1.5, DD1.6. Его длительность  $t_{\text{сбр}} \cong R7C3 \cong 20$  мкс.

Счетчик DD2 позволяет поделить сигналы КД на две группы: относительно редкие, которыми можно и нужно пренебречь (случайный толчок автомобиля, «дребезг»<sup>1</sup> элементарного замыкания КД и т.п.), и частые, поневоле возникающие при активном «интересе» к автомобилю. Именно эти сигналы и поведут к включению пьезосирены.

Пьезосирена звучит недолго: до появления очередного импульса сброса – максимум 9 с. Но затем включится снова и будет повторяться до тех пор, пока не прекратится внешнее воздействие.

Печатную плату устройства можно изготовить из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм. Ее конфигурация, разводка проводников, конструкция корпуса, в который она будет помещена, большого значения не имеют. Важно одно: устройство должно быть установлено так, чтобы поводок датчика занял вертикальное положение и в состоянии покоя не касался бы «заземленной» шайбы 4 (рис. 2.1). И, конечно, так, чтобы порча самого устройства, его пьезосирены и источника питания была бы максимально затруднена.

Все резисторы – типа МЛТ-0,125. Оксидные конденсаторы C4 и C5 – любого типа; C1...C3 – КМ-6, К10-176 или им подобные.

Конструируя то или иное охранное устройство, обычно стремятся минимизировать его энергопотребление в дежурном режиме. Заметим, что энергопотребление КМОП микросхем, особенно работающих в генераторном режиме, зависит от напряжения питания (здесь  $U'_{\text{пит}}$  резко нелинейно). Происходит это потому, что при  $U'_{\text{пит}} > 2 U_{\text{зап}}$  ( $U_{\text{зап}}$  – наибольшее напряжение между истоком и затвором МОП транзистора, при котором он остается запертым) при напряжениях

---

<sup>1</sup> «Дребезгом» нормально разомкнутого контактного датчика называют такое его включение, при котором переход КД в проводящее состояние происходит немонотонно. Самая распространенная причина (отсюда и название) – вибрация сходящихся контактов. Нередко такое случается при перемещении одного электрода по загрязненной поверхности другого. Ряд эффектов может быть связан и с электрохимией соприкасающихся металлов. В любом случае важно то, что в дребезговой «пачке» вполне может оказаться не один, а несколько спадов напряжения, на каждый из которых быстродействующий электронный счетчик отреагирует персонально и «запишет» в свою память не одну, как следовало бы, а несколько единиц.

на затворах близких к  $U'_{\text{пнт}}/2$  в КМОП структурах возникает так называемый сквозной ток, быстро увеличивающийся с ростом  $U'_{\text{пнт}}$ . Поэтому в микроомной КМОП технике напряжение питания микросхем снижают до величины, при которой сквозные токи либо вообще отсутствуют, либо становятся пренебрежимо малыми.

Здесь принято  $U'_{\text{пнт}} = 5,3\text{--}5,4$  В. Это напряжение формирует стабилизатор, выполненный на шестивольтовом стабилитроне VD2 и транзисторе VT1. Для минимизации энергопотребления самим стабилизатором важно правильно выбрать сопротивление резистора R9.

Минимальный ток стабилитрона КД106А – 10 мкА. Внешний потребитель – базовая цепь транзистора КТ3102ЕМ, имеющего усиление по току  $h_{21E} > 400$ . Возникающий в режиме тревоги ток в R8 равный 0,34 мА, пересчитанный в базу транзистора VT1 (он работает здесь эмиттерным повторителем), составит  $0,34 / 400 \approx 9$  мкА. Тогда, приняв  $U_{\text{пнт мин}} = 8$  В (пьезосирена звучит весьма громко и при меньших напряжениях), получим  $R9 = (U_{\text{пнт мин}} - 6) / 19 \times 10^{-6} \approx 100$  кОм.

Заметим, что в дежурном режиме ток стабилитрона составит почти весь потребляемый устройством ток, который при  $U_{\text{пнт}} = 12$  В будет близок к 60 мкА.

Малое энергопотребление охранной техники в дежурном режиме важно прежде всего потому, что делает ее независимой от внешнего энергоснабжения. В описанном устройстве 2–3 батарейки типа 3336 или 6–8 пальчиковых элементов не только обеспечивают многомесячную его работу (около года), но и полноценное звучание пьезосирены при тревоге.

Устройство нетрудно переделать для работы и под большую нагрузку (рис. 2.3).

Это может быть мощное реле ( $R_{\text{н}} > 4$  Ом), способное коммутировать основные электроцепи автомобиля (фары, сигнал и др.), электроклапан, электродвигатель мощностью 30–40 Вт и т.п.

Однако нужно иметь в виду, что на нагрузках со значительной индуктивной составляющей (на обмотке того же реле) могут возникать опасные для транзистора VT3 (при его запираании) экстранапряжения. Поэтому такую нагрузку

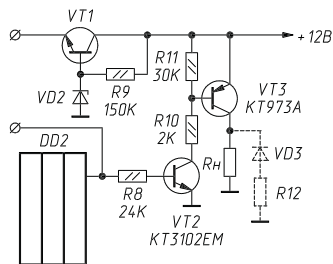


Рис. 2.3. Схема устройства для работы на большой нагрузке

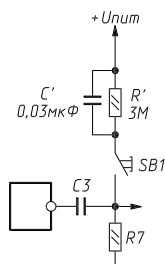


Рис. 2.4  
Ручной сброс счетчика

обязательно шунтируют диодно-резисторным демпфером (на рис. 2.3 он заштрихован), снижающим амплитуду обратного «выброса» напряжения до приемлемой величины (в любом случае напряжение на транзисторе не должно превышать  $U_{КЭ\text{ макс}}$ ; для КТ972А –  $U_{КЭ\text{ макс}} = 60\text{ В}$ ). В этом случае VD3 – любой диод, выдерживающий прямой ток 1–1,5 А, а  $R_{12} = 2\text{--}3\text{ R}_H$ .

Автоматический сброс счетчика DD2 можно дополнить ручным, как показано на рис. 2.4.

## СИГНАЛЬНЫЙ РАДИОШЛЕЙФ

Шлейф – один из самых простых и надежных датчиков в охранной системе (ОС). Петля из тонкого, незаметно для нарушителя обрывающегося провода, переплетающего охраняемые предметы и подходы к ним, делает практически невозможным не только тайное хищение, но и само проникновение в охраняемую зону.

Но охранная система выполнит свою задачу лишь в том случае, если ее реакция на криминальное вторжение будет передана по назначению. Просто «крики о помощи», издаваемые ОС чаще всего без каких-либо на то оснований, уже не привлекают внимание окружающих. А владелец автомобиля, нечаянно разбудившего сиреной жителей целого квартала, вообще не может рассчитывать на их благорасположение. Иное дело – передача тревожного сигнала по радио.

На рис. 2.5 показана принципиальная схема устройства, формирующего тревожный радиосигнал при обрыве шлейфного датчика.

Для передачи сигналов охранных систем по радио в России выделены два частотных канала: с несущей частотой 26945 кГц (для автомобильных) и 26960 кГц (для всех остальных). Заблокировать эти две, давно всем известные частоты могут даже начинающие вору (кстати, почти не нарушая норм Госсвязьнадзора...). Так что ситуация для законопослушных граждан почти не изменилась: их «раздевают» по-прежнему. Но другим, относящимся к законам реально, грозят возможные штрафные санкции за передачу тревожного сигнала на другой частоте (или большей мощности).

Радиопередатчик выполнен на транзисторах VT2 и VT3. Частота его излучения  $f_k = 26945\text{ кГц}$  задана кварцевым резонатором ZQ1. Генерация происходит за счет наличия паразитной емкости коллектор-база транзистора и емкости монтажа. На  $f_k$  настроен контур L1C7 задающего генератора и выходной контур L4C9C10C11 усилителя мощности. Несущая частота передатчика модулируется по амплитуде. С этой целью в эмиттерную цепь транзистора VT3 введен транзистор VT4, работающий в ключевом режиме.

На элементах DD1.4 и DD1.5 собран звуковой генератор, возбуждающийся на частоте  $F_{\text{зв}} \cong 0,5 \text{ Р8С6} = 0,5 \times 51 \times 10^3 \times 0,01 \times 10^{-6} \cong 1 \text{ кГц}$ , а на элементах DD1.2 и DD1.3 – тактовый генератор, включающий/выключающий звуковой генератор с частотой  $F_{\text{т}} \cong 0,5 \times \text{Р6С5} = 0,5 \times 3 \times 10^6 \times 0,1 \times 10^{-6} \cong 1,5 \text{ Гц}$ . Формируемые таким образом «пачки» звуковых меандров управляют работой транзистора VT4.

Омическое сопротивление стоемровой петли, выполненной из провода ПЭВ-2 диаметром 0,1 мм, не превышает 200 Ом. С необорванным шлейфом, сопротивление которого  $R_{\text{д1кз}} \ll R2$ , напряжение на входе инвертера DD1.1 будет равно  $U_{13} = U_{\text{пит}} R2 / (R1 + R2)$ ; если  $U_{\text{пит}} = 9 \text{ В}$ , то  $U_{13} = 9 \times 3 \times 10^4 / (1,5 \times 10^6 + 3 \times 10^4) \cong 0,2 \text{ В}$ . Напряжения такого уровня ( $U_{\text{вх}} < 0,5 \text{ В}$ ) логические элементы относят к нулевым и, следовательно, на выходе логического инвертера DD1.1 (вывод 12) будет сформировано напряжение логической единицы  $U_{12} = U_{\text{пит}} = 9 \text{ В}$ . Это напряжение запирает транзистор VT1 (так как  $U_{\text{зб}} = 0$ ) и через открытый диод VD1 блокирует работу модулятора.

При обрыве датчика:  $U_{13} \cong U_{\text{пит}}$ ,  $U_{12} \cong 0$ , и в базе транзистора VT1 возникает ток  $I_0 \cong U_{\text{пит}} / R4$ , открывающий его до насыщения. Таким образом, на передатчик подается питание, а запертый диод VD1 уже не мешает возбуждению тактового и звукового генераторов.

Принятое здесь включение шлейфного датчика не является единственным возможным. Обратите внимание, что  $U_{13} \cong U_{\text{пит}}$  (точнее,  $U_{13} > U_{\text{пит}} - 0,5 \text{ В}$ ) – условие перехода ОС в режим тревожной сигнализации –

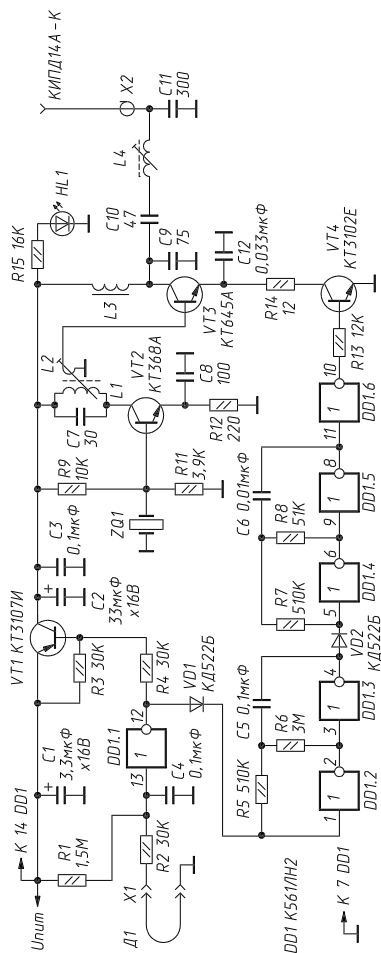


Рис. 2.5. Принципиальная схема устройства, формирующего тревожный сигнал

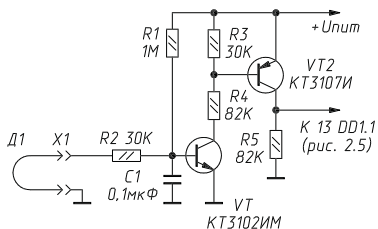


Рис. 2.6. Способ включения удлиненного шлейфа на влажной почве

будет выполнено лишь в том случае, если сопротивление оборванного шлейфа превысит сопротивление резистора R1 в 15–20 раз. В сухих помещениях и даже вне их это условие обычно выполняется, так как межпроводное сопротивление оборванного шлейфа, изготовленного, например, из обмоточного провода марки ПЭВ-2 диаметром 0,1 мм, остается очень

большим. Уменьшение сопротивления R1, которое, казалось бы, снимает возникающие здесь проблемы, не может быть рекомендовано, потому что ухудшает важнейший параметр охранной системы – энергопотребление в дежурном режиме.

Если шлейф имеет большую длину, проложен по мокрой траве, пересекает грязь и лужи, а его изоляция местами повреждена, то лучше включить его так, как показано на рис. 2.6. С необорванным шлейфом напряжение на базе транзистора VT1 будет равно  $U_{бз} \approx U_{пит} R_2 / (R_1 + R_2)$ ; если  $U_{пит} = 9$  В, то  $U_{бз} \approx 9 \times 3 \times 10^4 / (10^6 + 3 \times 10^4) \approx 0,3$  В. Это напряжение ниже напряжения отсечки кремниевого транзистора, и транзисторы VT1 и VT2 остаются запертыми. В дежурном режиме напряжение на выходе такого формирователя будет близко к  $I_{кб0} R_5 = 10^{-7} \times 82 \times 10^3 \approx 0,01$  В, то есть войдет в интервал напряжений  $[U_0]$ , представляющих лог. 0.

Если сопротивление оборванного шлейфа окажется равным, например,  $R_{д1обр} = 0,3$  МОм (много меньше, чем требовалось при прямом включении шлейфа), то резисторный делитель на входе формирователя преобразуется в эквивалентный генератор с напряжением холостого хода  $U_{пит} R_{д1обр} / (R_1 + R_{д1обр}) = 9 \times 0,3 \times 10^6 / (10^6 + 0,3 \times 10^6) = 2$  В и внутренним сопротивлением  $R_1 R_{д1обр} / (R_1 + R_{д1обр}) = 10^6 \times 0,3 \times 10^6 / (10^6 + 0,3 \times 10^6) = 0,23 \times 10^6$  Ом. Соответственно в цепи базы транзистора VT1 возникнет ток  $I_б = (2 - 0,6) / 0,23 \times 10^6 = 6 \times 10^{-6}$  А (0,6 В – напряжение отсечки кремниевого транзистора), а в цепи его коллектора –  $I_к = h_{21E} I_б = 400 \times 6 \times 10^{-6} = 2,4$  мА. Этот ток откроет транзистор VT2 до насыщения, и напряжение на его коллекторе (выходе формирователя) будет отличаться от  $U_{пит}$  лишь напряжением насыщения  $U_{кэнас} < 0,2$  В, то есть войдет в интервал напряжений, представляющих лог. 1.

Сигнал шлейфного датчика может быть сформирован и так, как показано на рис. 2.7. Входная цепь операционного усилителя (ОУ),

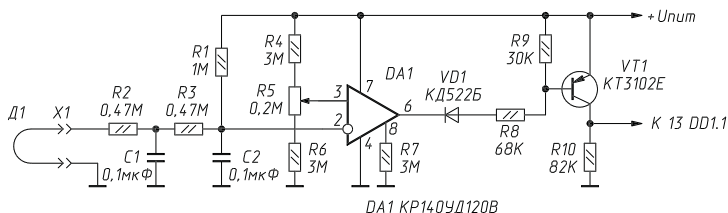


Рис. 2.7. Схема включения шлейфного датчика с операционным усилителем

работающего на микротоках, представляет собой разбалансированный мост, создающий на неинвертирующем (вывод 3) и инвертирующем (вывод 2) входах ОУ напряжения  $U_3$  и  $U_2$ . При  $U_3 - U_2 > 0,2$  мВ напряжение на выходе ОУ достигает своего максимума  $U_6 \approx U_{\text{пит}} - 1$  В (коэффициент усиления по напряжению ОУ КР140УД1208 не менее 50000).

В отличие от аналого-цифровых компараторов в операционных усилителях выходной сигнал может и не удовлетворять цифровому стандарту. Максимальный его уровень нередко оказывается ниже уровня лог. 1, а минимальный – выше уровня лог. 0.

Регулировкой резистора R5 установим «перекос» моста с некоторым запасом:  $U_3 - U_2 = 2$  мВ и определим величину  $R_{\text{д1 обр}}$ , при которой произойдет увеличение напряжения  $U_2$  на 4 мВ (то есть  $U_3 - U_2$  изменит свой знак на обратный):  $R_{\text{д1 обр}} \approx DU_2 \times 2 R1 / U_{\text{пит}} = 4 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^6 / 9 \approx 1$  кОм, то есть уже при  $R_{\text{д1 обр}} - R_{\text{д1 кз}} \approx 1$  кОм максимальное напряжение на выходе ОУ  $U_{6 \text{ макс}} \approx U_{\text{пит}} - 1$  В (шлейф цел) сместится минимальным  $U_{6 \text{ мин}} \approx +1$  В (шлейф оборван).

Для того чтобы сигнал на выходе формирователя  $U_{\text{вых}}$  имел цифровой стандарт, к выходу ОУ подключен транзистор VT1. При  $U_6 \approx U_{\text{пит}} - 1$  В он заперт и  $U_{\text{вых}} = I_{\text{кб0}} R10 = 10^{-7} \times 82 \times 10^3 \approx 0,01$  В. А при  $U_6 \approx +1$  В транзистор открыт до насыщения и, следовательно,  $U_{\text{вых}} = U_{\text{пит}} - U_{\text{нас}} \approx U_{\text{пит}} - 0,2$  В.

В связи с высокой чувствительностью формирователя, использующего ОУ, его входная цепь должна иметь повышенную защиту от разного рода наводок. Здесь этой цели служит двухзвенный фильтр R2C1R3C2. Формирователи с ОУ применяют в самых неблагоприятных условиях.

Печатную плату ОС в основном ее варианте (с прямым подключением шлейфа), принципиальная схема которой показана на рис. 2.5, выполняют из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм (рис. 2.8).

Фольгу со стороны деталей (рис. 2.8а) используют лишь в качестве «земли» и экрана. В местах пропуска проводников в ней должны



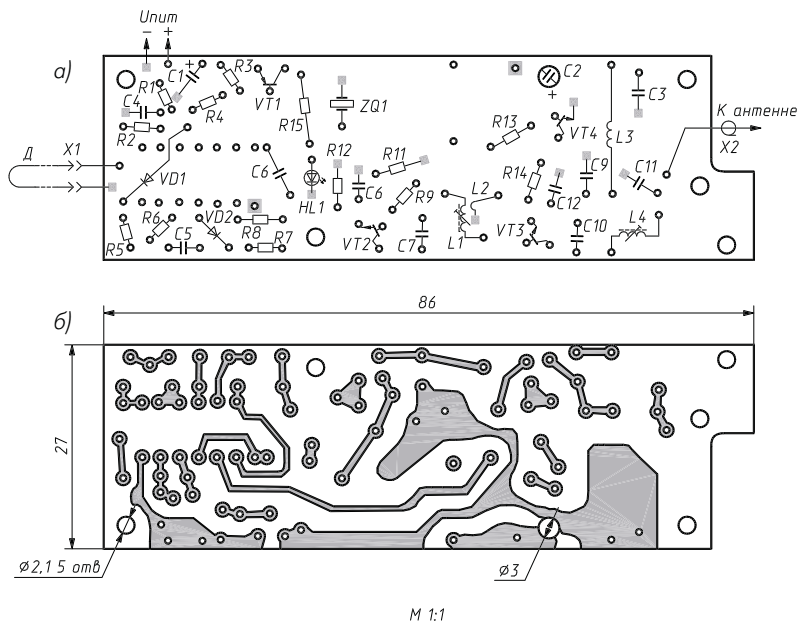


Рис. 2.8. Монтажная схема охранной системы и печатная плата

быть вытравлены защитные кружки диаметром 1,5–2 мм (на рисунке не показаны). Соединения с нуль-фольгой «заземляемых» выводов резисторов, конденсаторов и др. показаны черными квадратами. Серыми квадратами со светлой точкой в центре обозначены соединения с ней вывода «минус» конденсатора C2 (проволочным выводом, «прокалывающим» плату) и «заземление» вывода 7 микросхемы DD1.

Катушки передатчика наматывают на каркасах, конструкция, размеры и расположение которых отражены на рис. 2.9. Катушки L1 и L4 содержат по 18 витков провода ПЭВ-2 0,33. Катушку связи L2 (3 витка провода ПЭВШО 0,25) наматывают поверх L1 у «холодного» ее конца. Катушки подстраивают карбонильными сердечниками с резьбой М3, для которых в каркасах катушек имеются осевые отверстия с соответствующей резьбой. Хотя катушки такой конструкции, притянутые к плате своими выводами, не требуют какого-либо специального крепления, полезно зафиксировать их опоры клеем («Мастер», БФ и т.п.).

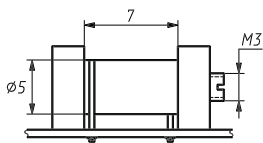


Рис. 2.9. Каркас катушки

Дроссель L3 – типа ДПМ-0,1 или ДМ-0,1, его индуктивность равна 20–30 мкГн. В качестве антенного разъема X2 применен высокочастотный соединитель типа СР-50. Для установки его гнезда СР-50-73Ф на плате расклепывают специальный дюралевый уголок (рис. 2.10).

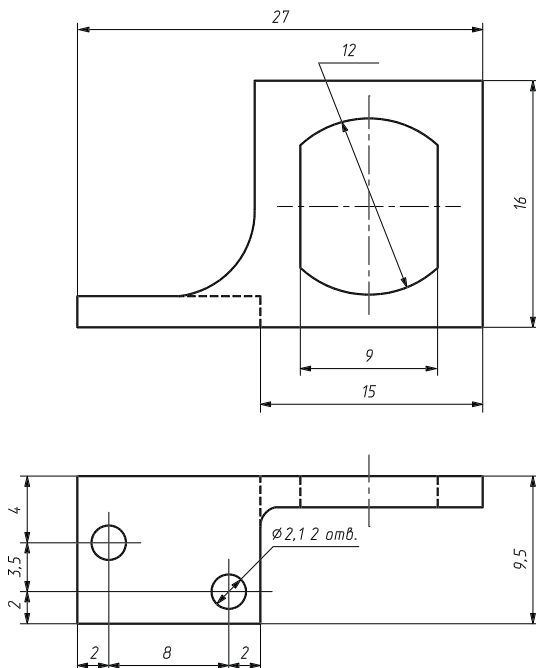


Рис. 2.10. Уголок для установки разъема

Для подключения шлейфа можно использовать любой миниатюрный двухполюсный разъем, например от микрокалькулятора. Одну его половину монтируют на коротком мягком шнуре и подключают к плате ОС, другую устанавливают непосредственно на мотовильце шлейфа (рис. 2.11). Конденсатор С1 может быть типа К53-30, С2 – любой оксидный, остальные – керамические КД-1, КМ-6, К10-176 и т.п. Все резисторы – типа МЛТ-0,125.

Оборванный шлейф обычно не ремонтируют, особенно в дорожных условиях. Новый датчик берут из имеющихся в запасе.

Для настройки передатчика к его антенному выходу подключают эквивалент антенны, в качестве которого применяется резистор МЛТ-1 сопротивлением 51 Ом, а к нему подключают головку высокочастотного

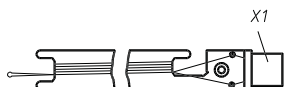


Рис. 2.11

Мотовильце шлейфа

( $> 30$  МГц) вольтметра. Замкнув в транзисторах VT1 и VT4 выводы коллекторов с эмиттерами, передатчик переводят в режим непрерывной генерации и подстроечными сердечниками настраивают его контуры L1C7 и L4C9C10C11 по максимуму показаний вольтметра. По окончании настройки подстроечные сердечники фиксируют, в частности заливают расплавленным парафином.

Мощность, рассеиваемая на эквиваленте антенны в режиме непрерывной генерации  $P_{\text{вых}} = U^2 / R_{\text{н}}$ , и потребляемый в этом режиме ток  $I_{\text{потр непр}}$  будут зависеть от напряжения питания передатчика примерно так, как показано в табл. 2.1. При нормальной работе передатчика (с модуляцией-манипуляцией несущей частоты в режиме тревоги) потребляемый им ток будет близок к  $0,5 I_{\text{потр непр}}$ .

Таблица 2.1. Параметры устройства при разных напряжениях питания

| Напряжение питания, В | Ток потребления, мА | Выходная мощность, мВт |
|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 6                     | 29                  | 30                     |
| 9                     | 48                  | 100                    |
| 12                    | 66                  | 190                    |

Передатчик можно настроить и без высокочастотного вольтметра. Для этого к его антенному разъему подключают лампу накаливания типа МН1-0,068, рассчитанную на напряжение 1 В и ток 0,068 А, или МН2,5-0,068 и настройкой контуров добиваются максимальной яркости ее свечения.

В процессе настройки может быть полезен частотомер, так как действительная частота кварцевого резонатора ZQ1 нередко существенно отличается от указанной на его корпусе. Вход частотомера подключают непосредственно к эквиваленту антенны.

Для защиты аппарата от механических повреждений настроенную плату вместе с батареей источника питания напряжением 9 В («Корунд» и др.) можно поместить в корпус, имеющий размеры  $150 \times 33 \times 22$  мм, склеенный из листового ударопрочного полистирола толщиной 1,5–2 мм. Однако во многих случаях в такой защите нет необходимости, так как функции корпуса нередко выполняет само место расположения аппарата, его «гнездо». Для защиты от влаги рекомендуется всю электронику ОС (в корпусе или без него) наглухо заварить в полиэтиленовую пленку.

Антенной охранной системы может служить любая Си-Би антенна, подходящая по условиям работы. С самой маленькой антенной от

портативной Си-Би радиостанции вся электроника ОС может быть размещена так, как показано на рис. 2.12, – в углублении, сделанном в планке забора (охранный шлейф переплетает звенья забора, ворота, калитку), или в расколотом и склеенном полене (шлейф опутывает поленицу). Аппарат ОС, вшитый в конек туристической палатки, позволит отправиться на рыбалку, за ягодами и т.п., не очень опасаясь за сохранность оставленных в ней вещей (при проникновении посторонних рвется шлейф, переплетающий вход или полотно палатки). В результате сигнал тревоги будет принят портативной Си-Би радиостанцией. Для поиска похищенного потребуется портативная Си-Би радиостанция с пеленгационной головкой.

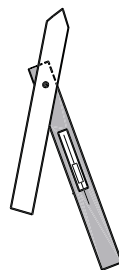


Рис. 2.12. Способ размещения аппарата

Спрятанная в одном из заготовленных для строительства бревен ОС способна сигнализировать и после их кражи. Аппаратура может быть размещена в носовой части байдарки, вмонтирована в деревянный борт лодки, в ее мачту и т.п. Во всех этих случаях шлейф обрывается при попытках кражи охраняемого объекта. Как показывает опыт, дальность связи с ОС, работающей на такую короткую антенну, достигает 1,5–2 км. Но она может быть увеличена до 5–6 км и более, если ОС будет снабжена полноразмерной Си-Би антенной.

Среди полноразмерных антенн (фактор в охранной технике немаловажный) к наименее заметным можно отнести, пожалуй, лишь проволочную «полволны». Ее вариант для ОС показан на рис. 2.13. Антенна состоит из вибратора, выполненного обмоточным проводом ПЭВ-2 диаметром 0,5–0,7 мм или МГШВ сечением 0,35–0,5 мм<sup>2</sup> в неброской изоляции (1), и бокса из черного полистирола с согласующим устройством (2), принципиальная схема и монтажная плата которого показаны на рис. 2.14. Антенна соединяется с аппаратом тонким 50-омным коаксиальным кабелем, например РК50-0,6-23 (3), а другой ее конец подвешивается к одножильной нейлоновой или капроновой леске (4) длиной 15–20 см, выдерживающей на разрыв 5–6 кг. На коаксиальный кабель надеваются 5–10 ферритовых колец (5); при этом  $\mu = 50\text{--}2000$ .

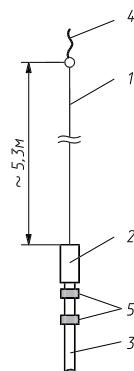


Рис. 2.13  
Полноразмерная антенна

Плату согласующего устройства выполняют из одностороннего фольгированного стеклотекстолита

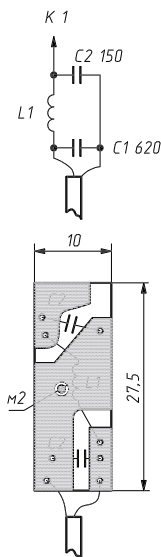


Рис. 2.14  
Согласующее  
устройство

толщиной 1,5 мм. Детали устанавливают со стороны фольги. Плату вдвигают в бокс без «дна» и крепят к нему винтом М2. Катушку согласующего устройства, содержащую 9 витков провода ПЭВ-2 0,8, наматывают на оправке диаметром 6 мм и растягивают до ~12 мм (ее растяжением-сжатием уточняют настройку антенны). Конденсаторы С1 и С2 – типа КМ-6 или другие линейные высокочастотные подходящего размера. Рабочее напряжение конденсатора С2 – не менее 50 В.

Антенну можно натянуть вдоль ствола дерева, закрепив изолятор (4) на подходящей ветке. Бокс крепят непосредственно на стволе, если необходимо – маскируют, например комом земли. Черный коаксиальный кабель (внешний диаметр 2–2,5 мм), связывающий антенный бокс с передатчиком, укладывают в имеющиеся трещины, складки коры и т.п. Передатчик и антенну допустимо установить непосредственно в кроне дерева. В этом случае спуск ведут шлейфным проводом (самим шлейфом или его удлинителем), который может быть замаскирован очень хорошо.

Настройка антенны такого типа описана в [5].

Охранная система с полноразмерной антенной способна держать под контролем законсервированную на зиму дачу. Для этого шлейфом опутывают мебель, двери и т.д., а тревожный сигнал принимает сторож. Система может оповестить фермера о чужом автомобиле, приближающемся к полю с созревшим урожаем, удаленной ферме и т.п.

Найдется для нее и не столь «мирное» применение. Правда, несмотря на очевидное сходство с техникой минных «сюрпризов» (растяжки и др.), такая охранная система не взорвет возможного правонарушителя, а лишь сообщит о его прибытии. О чем, конечно, лучше все-таки знать заранее.

Для большинства сельских жителей радиосвязь в Си-Би – недоступная роскошь. Причина в том, что каждый, купивший Си-Би радиостанцию, обязан ежегодно выплачивать сумму, нередко превышающую ее собственную стоимость.

Тревожный сигнал передатчика ОС способна принять любая Си-Би радиостанция, имеющая нужный частотный канал и АМ детектор. Но

радиоприемник можно сделать самому. Принципиальная схема одноканального супергетеродина, имеющего высокую чувствительность и постоянно настроенного на частоту передатчика, приведена на рис. 2.15.

На транзисторе VT1 выполнен усилитель радиочастоты (УРЧ). Его контуры L2C1C2 и L3C4 настроены на частоту радиопередатчика  $f_k$ . На микросхеме DA1 выполнен преобразователь, на нагрузке которого (полосовом пьезорезонаторе ZQ2) формируется сигнал промежуточной частоты  $f_{пр} = 465$  кГц. Частота встроенного в DA1 гетеродина  $f_г$  задается кварцевым резонатором ZQ1, причем она должна быть выше или ниже частоты  $f_k$  на 465 кГц. Например, для  $f_k = 26945$  кГц:  $f_г = 26480$  кГц или  $f_г = 27410$  кГц (лучше первое, так как в этом случае частота зеркального канала оказывается в относительно мало-загруженной части эфира).

Микросхема DA2 содержит активные элементы: усилитель промежуточной частоты УПЧ (его усиление регулируют резистором R9), АМ детектор и предварительный усилитель звуковой частоты УЗЧ. Сигнал с выхода DA2 (вывод 9) поступает на регулятор громкости R11 и далее на вход оконечного УЗЧ (DA3), нагрузкой которого BA1 может служить практически любая динамическая головка сопротивлением не менее 8 Ом и мощностью 0,5–1 Вт.

Катушки L1, L2 и L3, L4 наматывают на таких же каркасах, как и катушки передатчика. Катушки L2 и L3 содержат

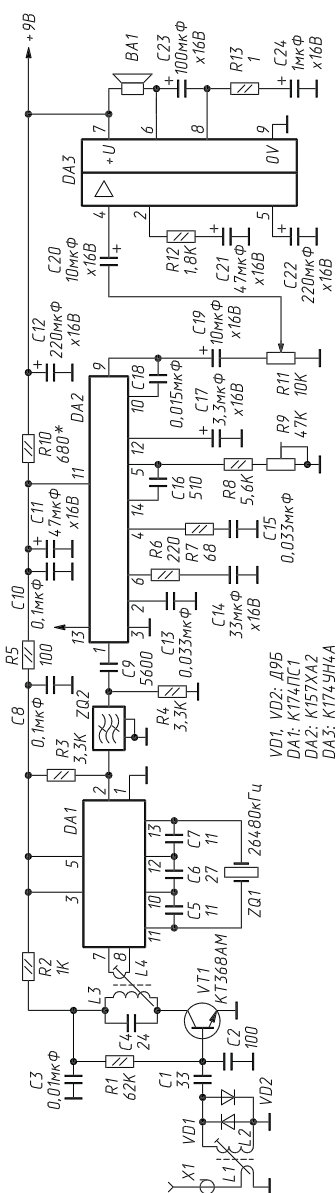


Рис. 2.15. Принципиальная схема приемника

по 18 витков провода ПЭВ-2 0,33. Катушки связи L1 и L4, каждая по 3 витка ПЭВШО 0,2-0,3, наматывают поверх основных у «холодных» их концов. Поскольку контурные катушки не имеют экранов, располагать одну от другой нужно не слишком близко (не ближе 2 см) и так, чтобы их индуктивная связь была бы минимальной, для чего оси катушек разворачивают под углом 90°.

Источником питания приемника может быть девятивольтовый сетевой адаптер, способный отдать ток 0,5–0,7 А (он потребуется при воспроизведении тревожного сигнала). Адаптеры от электрифицированных игрушек лучше не использовать, поскольку они, как правило, не имеют сглаживающих фильтров (приемник с таким питанием сильно «фонит») и вдобавок не рассчитаны на непрерывную работу.

### «ХИТРЫЙ» ЗАМОК

Один из двух-трех дверных замков, которыми мы рано или поздно обзаводимся, можно переделать в датчик охранной системы (ОС).

На рис. 2.16 показана установка контактного датчика (КД) на входной двери в помещение. На двери (1), расположенной в дверной коробке (2), установлен накладной замок (3) со щеколдой (4). Накладка замка (6), в которую упирается закрытая щеколда, удалена ненадобностью. Основу контактного датчика составляет пластинка фольгированного стеклотекстолита (5). К фольге, оставленной лишь в средней ее части, припаивают «ус» (7), который изготовлен из тонкой упругой проволоки (сталь, фосфористая бронза). Это один электрод КД. Датчик крепят двумя винтами к металлическому основанию замка – другому его электроду.

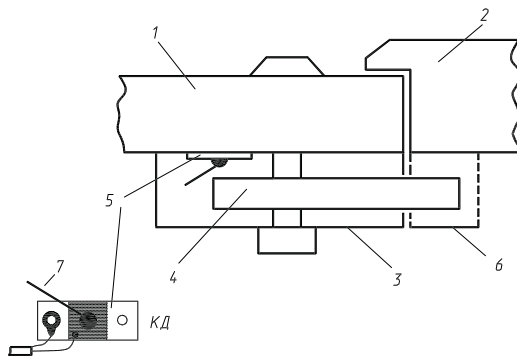


Рис. 2.16. Установка датчика охранной системы

При попытке открыть замок, которым хозяева квартиры никогда не пользуются (ключи от него рекомендуется «потерять»), его щеколда входит в соприкосновение с «усом» КД и активизирует электронную часть устройства, принципиальная схема которой приведена на рис. 2.17.

На элементах DD1.1 и DD1.2 собран одновибратор. В исходном состоянии на вход 2 DD1.1 поступает высокий потенциал лог. 1. Такой же уровень лог. 1 будет на выходе DD1.2, поскольку на обоих входах этого элемента благодаря резистору R3 поддерживается низкий потенциал (уровень лог. 0). Следовательно, на выходах элементов DD1.3 и DD1.4 будет длительно сохраняться уровень лог. 0, транзистор VT1 заперт, сирена «молчит».

При замыкании КД хотя бы на время порядка 20 мс напряжение на входе 2 DD1.1 упадет до уровня лог. 0, и одновибратор очень быстро перейдет в другое свое устойчивое состояние, которое будет длиться примерно 3 с. В этом состоянии уровень лог. 1 на выходе элемента DD1.2 сменится уровнем лог. 0 и соответственно уровнем лог. 1 близким к  $U_{\text{пит}}$  станет напряжение на выходах элементов DD1.3 и DD1.4. Это напряжение создает в базе составного транзистора VT1 ток, открывающий его до насыщения и включающий тем самым пьезосирену ВА1. Продолжительность ее тревожного звучания составит примерно 3 с.

Сигнал тревоги может длиться и дольше, потребуется лишь увеличить постоянную времени цепочки R3C3. Но во избежание возможной

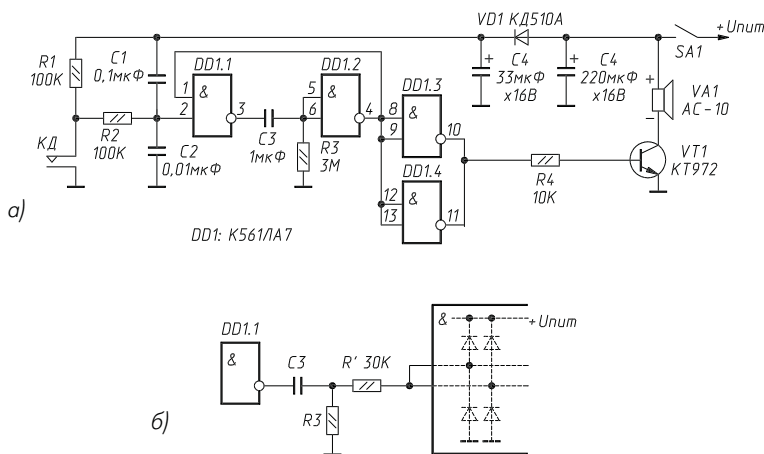


Рис. 2.17. Принципиальная схема устройства



порчи микросхемы (при возвращении одновибратора в исходное состояние в цепь разряда конденсатора СЗ включаются «нижние» охранные диоды внутри элемента DD1.2, показанные на рис. 2.17б) рекомендуется ввести во входную цепь элемента DD1.2 резистор R', ограничивающий возможные здесь разрядные токи.

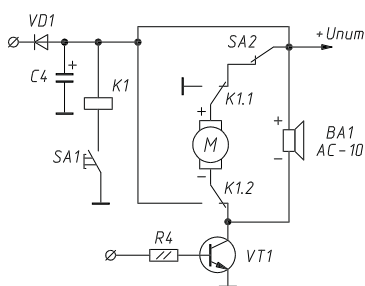


Рис. 2.18. Схема включения замка с электроприводом

Исполнительным механизмом ОС может быть не только пьезосирена. На рис. 2.18 показана схема включения электрозамка с моторным приводом с помощью электродвигателя постоянного тока М. Концевой выключатель SA2 отключает питание сработавшего на запирание двигателя, а потайная кнопка SA1 включает реле K1, расцепляющее электрозамок реверсом электродвигателя.

Место установки этой кнопки должно быть известно лишь хозяину квартиры. Кнопку SA1 разрешается установить, например, на внутренней стороне двери и включать тонкой спицей через замаскированное отверстие в той же двери.

Источником питания ОС может быть батарея, составленная из гальванических элементов или аккумуляторов, которая имеет общее напряжение  $U_{\text{пит}} = 6-12$  В и способна отдать в режиме тревоги ток, соответствующий потреблению исполнительного механизма. Заметим, что пьезоакустические излучатели обладают высоким КПД. Например, ток, потребляемый пьезосиреной AC-10, близок к 0,25 А, а пьезосирена, описанная в [4], потребляет не более 25 мА. Ток, потребляемый охранной системой в дежурном режиме, составляет лишь несколько микроампер. Поэтому продолжительность непрерывной ее работы зависит прежде всего от саморазряда источника питания и физической его сохранности. Лучшими среди гальванических батарей, но и самыми дорогими являются литиевые: за 10 лет хранения они теряют лишь 10–15% своей емкости. Малый саморазряд аккумуляторов не столь важен, если, конечно, удастся организовать автоматический их подзаряд от электросети.

Составляя батарею питания ОС, нужно обратить особое внимание на соединение ее элементов и их надежность. Распространенное в аппаратах радиоэлектронного ширпотреба соединение прижимом представляется самым непрочным. Наилучшие соединения достигаются

с помощью сварки и пайки, достаточно надежно гаечное, но лишь при условии, что контактирующие элементы выполнены из металлов, не образующих электролитических пар.

Конечно, источником питания охранной системы, во всяком случае единственным, ничем не дублированным источником, не может быть электросеть. Все элементы охранной системы – электронику, источник питания и пьезосирену – рекомендуется монтировать на той же двери. В этом случае сигнал тревоги громко прозвучит и на лестничной клетке.

## РАДИОПАКЕТ В ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Обнаружив нарушение и приняв те или иные контрмеры, система обычно ставит об этом в известность и лицо, находящееся вне охраняемого объекта: владельца, внешнюю охрану и т.д.

Однако пользоваться столь малым числом обших для всех каналов связи можно, лишь сжав передаваемое сообщение в короткие пакеты, следующие друг за другом с большими паузами чистого эфира. Основное требование к такой передаче очевидно: вероятность появления «своего» пакета, следующего из постороннего источника, должна быть малой.

В современной технике радиопакет (шифропакет, шифрокомбинация, код и т.д.) обычно имеет вид двоичной последовательности, например 1001101000111, где единице соответствует излучение несущей, а нулю – пауза чистого эфира. Если  $n$  – число разрядов (знакомест) в таком сигнале, то, по-разному расставляя в нем единицы и нули, мы сможем получить  $2^n$  различных их сочетаний. Так, при  $n = 8$  их 256, при  $n = 16$  – 65536, а при  $n = 24$  – 16777216.

Среди возможных двоичных последовательностей в качестве персонального кода выделяют какую-то одну.

## Радиопередатчик с шифратором

На рис. 2.19 приведена принципиальная схема радиопередатчика, модуляция которого осуществляется в соответствии с изложенным выше принципом.

Задающий генератор собран на транзисторе VT2 и работает на частоте «дачного» радиоканала 26960 кГц. На эту частоту настроен контур L1C6, она же является основной или третьей гармоникой кварцевого резонатора ZQ2. На усилитель мощности, собранный на транзисторе

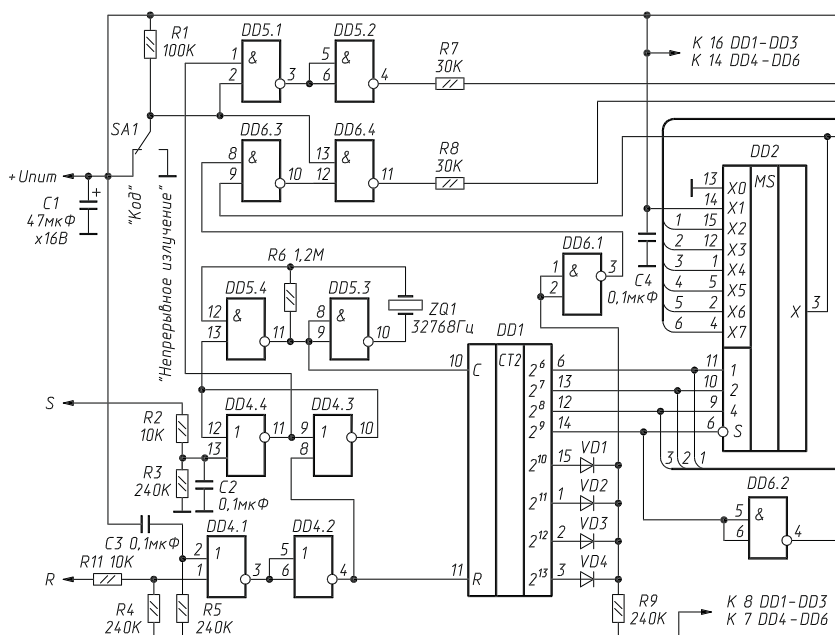


Рис. 2.19а. Принципиальная схема передатчика

VT3, сигнал с задающего генератора подается путем трансформаторной связи (L1/L2).

Контур L4C8C9C10 согласует выход передатчика с антенной системой. Манипуляция передатчика (включение/выключение несущей) производится в усилителе мощности (в цепи эмиттера транзистора VT3), который входит в рабочий режим лишь при открытом до насыщения транзисторе VT4. Манипуляцию в цепи задающего генератора, который имеет кварцевую стабилизацию частоты, в быстродействующих системах не применяют из-за высокой добротности кварцевого резонатора, благодаря чему такой генератор слишком медленно выходит на рабочий режим.

В цепи питания передатчика установлен электронный ключ на транзисторе VT1. Ключ будет заперт, если напряжение на выходе элемента И-НЕ DD5.2 будет соответствовать уровню лог. 1 ( $U_{4DD5} \cong U_{\text{ннт}}$ ), и открыт до насыщения (включит передатчик) при появлении лог. 0 ( $U_{4DD5} \cong 0$ ).

Контурные катушки L1 и L4 содержат по 18 витков провода ПЭВ-2 0,33. Намотка выполняется виток к витку на полистироловых каркасах

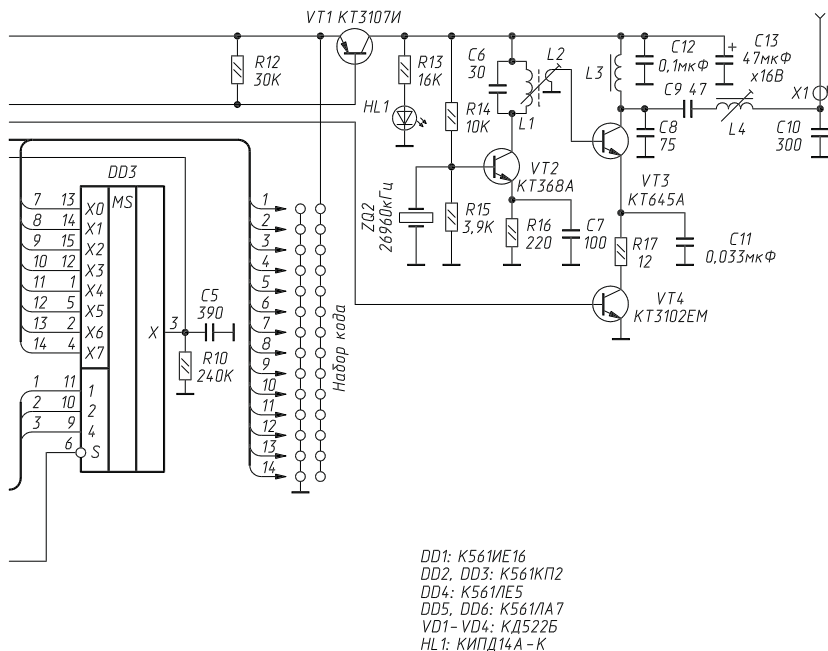


Рис. 2.196. Принципиальная схема передатчика

диаметром 5 мм, имеющих отверстия с резьбой М3 под карбонильные сердечники (рис. 2.20). Катушку связи L2 наматывают поверх катушки L1 у ее «холодного» конца. Она содержит 3 витка провода ПЭВШО 0,2. Катушки L1 и L4 располагают на плате так, чтобы их оси были взаимно перпендикулярны.

Дроссель L3 типа ДПМ-0,1 или ДМ-0,1 индуктивностью – 20–30 мкГн. Конденсаторы C6...C10 – керамические, типа КМ-6, К10-176 и др.; C11, C12 – любые керамические с выводами под печатный монтаж; C13 – К50-40 или К50-35. Все резисторы – МЛТ-0,125. В качестве VT1 можно использовать транзисторы КТ3107 (Б, Г–Е, И–Л), КТ685В (Г) или любой из КТ686; на месте VT4 – любой из КТ3102 или КТ3117А, КТ342Б (В), КТ660А (Б). Индикатором включения передатчика служит светодиод HL1, ярко светящийся и при малом токе, но он необязателен. В качестве высокочастотного разъема X1 можно взять разъем типа СР-50.

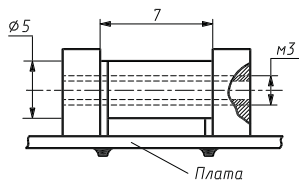


Рис. 2.20. Каркас контурных катушек

Для настройки передатчика к гнезду X1 подключают лампу накаливания типа МН1-0,068 (напряжение 1 В, ток 0,068 А) или МН2,5-0,068. Установив переключателем SA1 режим непрерывной генерации, вращением подстроечных сердечников в L1 и L4 добиваются возможно более яркого свечения лампы. Если при настройке выходного контура максимум яркости совпадет с минимумом потребляемого передатчиком тока и этот режим во время каждого включения передатчика будет повторяться при отсутствии каких-либо признаков внеканальной генерации (передатчик в таком случае может работать без кварцевого резонатора и даже при отключенном питании задающего генератора), то в первом приближении можно считать, что передатчик настроен.

С вольтметром, имеющим высокочастотную головку (например, А4-М2), можно не только настроить передатчик, но и оценить его выходную мощность. Для этого к гнезду X1 подключают 50-омный эквивалент антенны (два параллельно соединенных резистора типа МЛТ-2 по 100 Ом) и высокочастотный щуп вольтметра. Вращая подстроечники, добиваются максимальных показаний вольтметра. Мощность  $P$ , отдаваемую передатчиком в эквивалент  $R_{\Sigma}$ , вычисляют как  $P = U^2 / R_{\Sigma}$ , где  $U$  – измеренное напряжение в вольтах (эффективное значение),  $P$  – в ваттах,  $R_{\Sigma}$  – в омах.

При прочих равных условиях эта мощность зависит от напряжения питания передатчика (см. табл. 2.2). Здесь же указаны значения потребляемого передатчиком тока в режиме непрерывного излучения  $I_{\text{потр. непр.}}$  и в режиме кодированной передачи  $I_{\text{потр. код.}}$ .

Модулятор-шифратор передатчика собран на КМОП микросхемах DD1–DD7. Он содержит тактовый генератор, стабилизированный кварцевым резонатором (DD5.4, DD5.3, ZQ1), счетчик DD1, управляющий работой коммутаторов DD2 и DD3, и старт-триггер, выполненный на элементах DD4.3 и DD4.4.

Ту или иную шифрокомбинацию набирают соединением информационных входов коммутаторов X0...X7 с шиной  $+U_{\text{пит.}}$ , если в этой

Таблица 2.2. Технические характеристики передатчика

| Напряжение питания, В | Ток потребления, [потр. непр., мА | Ток потребления [потр. код, мА | Выходная мощность, мВт |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 6                     | 29                                | 7                              | 30                     |
| 9                     | 48                                | 12                             | 100                    |
| 12                    | 66                                | 17                             | 190                    |

части шифрокомбинации должна быть 1, или с нулевой шиной, если должен быть 0. Начальное (нулевое) знакоместо шифрокомбинации всегда занимают единицей – стартовым битом (на вывод 14 DD2 +  $U_{пит}$ ). Знакоместа 1, 2–14 (по номерам выводов жгута) следуют во времени именно в таком порядке. Шифратор управляет работой радиопередатчика при помощи сигналов с выходов элементов DD5.2 (включение питания) и DD6.4 (манипуляция).

Если переключатель SA1 находится в положении «код», а сигналы  $S = 0$  и  $R = 0$ , то при включении питания шифратор автоматически будет установлен в исходное положение (на всех выходах счетчика DD1 возникнут нули, старт-триггер окажется в положении, в котором работа тактового генератора запрещена, а питание передатчика отключено). В это состояние ожидания радиопередатчик может быть приведен и принудительно – сигналом  $R = 1$ .

Передатчик включится по сигналу  $S = 1$ . Старт-триггер, изменив свое состояние, включит питание передатчика и разрешит работу тактового генератора, сигналы которого, изменяя состояния DD1 и соответственно адреса {1, 2, 4, S} на коммутаторах DD2 и DD3, сформируют в конечном счете кодовую комбинацию на манипуляторе передатчика.

В шифраторе с «часовым» кварцевым резонатором в тактовом генераторе длительность знакоместа  $T_{зн}$  будет близка к 1,95 мс. Следовательно, длительность всего шифропакета составит  $T_{ш} = 15 T_{зн} \approx 30$  мс.

Длительность паузы  $T_{п}$  между следующими друг за другом шифропакетами зависит от времени существования сигнала 1 на выходе диодно-резисторной сборки VD1–VD4, R9. Если в ней сохраняют все четыре диода, то  $T_{п} \approx 470$  мс. Без VD4 пауза уменьшится до  $T_{п} \approx 220$  мс, без VD4 и VD3 – до 95 мс.

При  $U_{пит} = 9$  В ток, потребляемый шифропередатчиком в режиме ожидания, не превышает 1–2 мкА.

Общее число возможных шифрокомбинаций составит, очевидно,  $2^{14} = 16384$ . Свой вклад в разнообразие кодировок может внести и кварцевый резонатор, так как ничто не мешает использовать в качестве ZQ1 резонатор на другую частоту, в том числе и более высокую. Правда, значительное сокращение длительности знакоместа, как и любое другое расширение спектра модулирующих частот, требует увеличения полосы пропускания радиоприемника.

Радиопередатчик и шифратор можно смонтировать на одной печатной плате. Рекомендуется изготовить ее из двустороннего фольгированного

стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм (в авторском варианте плата имела размеры 138×50 мм). Фольгу под деталями используют лишь в качестве «земли» и экрана; в местах пропуска проводников в ней вытравливают кружки диаметром 1,5–2 мм.

Корпусом шифропередатчика может служить пластмассовая коробка подходящих размеров. В ней же устанавливают и источник питания, например батарею «Корунд» (в отдельном отсеке – во избежание последствий возможных протечек). Передатчик размещают в труднодоступном месте. Важно, чтобы он успел передать сигнал тревоги до своего уничтожения.

### Радиоприемник с дешифратором

Принципиальная схема радиоприемника ОС приведена на рис. 2.21. Усилитель радиочастоты сигнала УРЧ, выделенного входным контуром L2C1, выполнен на полевых транзисторах VT1 и VT2 в каскадном включении. Контуры L2C1 и L3C7 настроены на несущую радиоканала 26960 кГц. Преобразователь РЧ сигнала в сигнал ПЧ собран на микросхеме DA1.

Частота гетеродина  $f_{\Gamma}$  задана кварцевым резонатором ZQ1, она может быть ниже или выше частоты радиоканала на 465 кГц. При  $f_{\Gamma} = 26495$  кГц канал зеркального приема ( $f_3 = 26030$  кГц) окажется ниже сетки А, а при  $f_{\Gamma} = 27425$  кГц ( $f_3 = 27890$  кГц) попадет в промежуток между каналами 3 и 4 сетки Е диапазона гражданской связи. Вероятность появления зеркальной помехи в обоих случаях слишком мала, чтобы было необходимо принимать дополнительные меры для ее ослабления (например, вводить режекторные фильтры).

ПЧ сигнал, выделенный пьезофильтром ZQ2, поступает на вход многофункциональной микросхемы DA2, содержащей УПЧ, АМ детектор и усилитель звуковых частот. Далее сигнал поступает на вход компаратора DA3, который преобразует его в форму, пригодную для оценки поступающей информации дешифратором.

Контурные катушки приемника наматывают на таких же полистироловых каркасах, как и катушки передатчика (рис. 2.20). Катушки L2 и L3 содержат по 18 витков провода ПЭВ-2 0,33, намотанных виток к витку. Катушки связи L1 и L4, содержащие по 3 витка провода ПЭВШО 0,2, наматывают поверх контурных со стороны «холодных» концов. Если катушки L2 и L3 будут развернуты под углом 90° и размещены не слишком близко ( $> 2$  см), их можно не экранировать.

Пьезофильтр ФП1П-60.01 (ZQ2) может быть заменен любым из ФП1П-60 или ФП1П-61. Годаются и другие фильтры на эту частоту

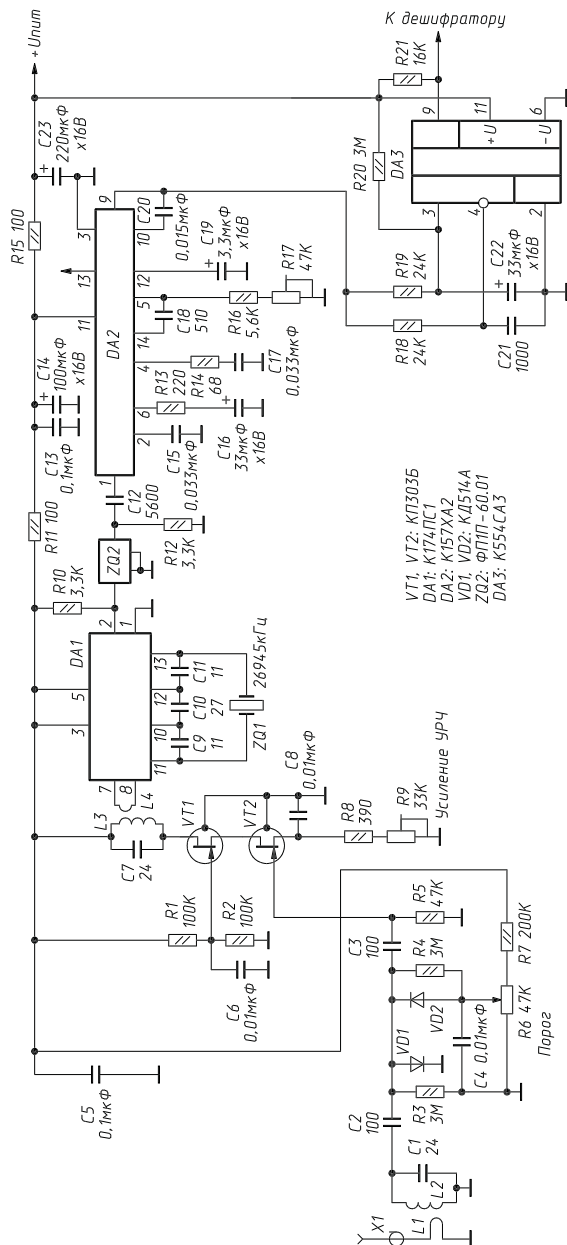


Рис. 2.21. Принципиальная схема приемника



(в том числе и электромеханические), имеющие полосу пропускания не менее 3 кГц; возможно, потребуется лишь изменить номиналы резисторов R10 и R12. Транзисторы VT1 и VT2 легко заменяются одним двухзатворным, например КП350Б. Но это может повести к некоторому снижению усиления по РЧ при низком напряжении питания.

Радиоприемник монтируют на двусторонней печатной плате, используя те же приемы, что и при монтаже передатчика.

Для настройки приемника на его вход подают сигнал от собственного передатчика, работающего в режиме непрерывного излучения на эквивалент антенны (вполне достаточно лишь приблизить его к приемнику), и находят такое положение подстроечных сердечников в L2 и L3, при которых напряжение АРУ (вывод 13 DA2) достигнет минимума. По ходу настройки передатчик отодвигают, чтобы не перегрузить ПЧ тракт приемника.

Очевидным отличием приемника ОС от обычного вещательного или связного является наличие компаратора на месте УЗЧ. Это связано

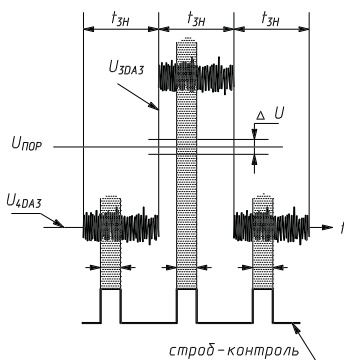


Рис. 2.22. Временные диаграммы

с дискретностью принимаемого сигнала, с необходимостью предварительно, до предъявления дешифратору, разделить поступающие из эфира сигналы на единичные и нулевые. Осциллограмма фрагмента 010 шифропакета на инверсном входе DA3 (рис. 2.22) дает представление о том, как это происходит.  $U_{пор}$  – смещение напряжения на «прямом» входе DA3 (вывод 3) по отношению к инверсному (вывод 4), достаточное для того, чтобы в режиме ожидания на выходе компаратора установилось напряжение лог. 1. Оно бу-

дет зависеть, очевидно, от  $U_{пит}$  и номиналов резисторов R19 и R20:  $U_{пор} = U_{пит} \cdot R19 / (R19 + R20)$ . Так, при  $U_{пит} = 10$  В и указанных на схеме номиналах R19 и R20 имеем:  $U_{пор} = 10 \times 0,024 / (0,024 + 0,024) = 40$  мВ. Сигнал, представляющий на инверсном входе DA3 лог. 1, должен быть таким, чтобы при почти всех шумовых флуктуациях он оставался выше  $U_{пор}$ , а шум свободного канала (лог. 0) не достигал  $U_{пор}$ .

К особенностям шифросигнала в этой системе относится его компактность: вся информация уложена в пакет длительностью  $\sim 0,03$  мс. Такой пакет способен дойти до адресата и в условиях значительных помех. Но повышенная «проникающая способность» шифропакета

может быть реализована лишь в радиоприемнике, имеющем специфичную АРУ.

Обычная, глубокая и инерционная АРУ, охватывающая РЧ и ПЧ тракты высокочувствительного приемника, здесь окажется малоподходящей. Устанавливая усиление приемника по помехе, пусть и имеющей достаточные для прохождения пакета «окна», АРУ из-за своей инерционности просто не позволит ими воспользоваться, так как усиление приемника останется низким.

Поставленной задаче лучше отвечала бы система мгновенного ограничения поступающего сигнала, срезающая с него все, что превышает установленный верхний предел. Это обычно делают, включая параллельно катушке входного контура два диода в прямой и обратной полярности. Однако нужный эффект достигается, лишь на помехах, уровень которых сопоставим с напряжением отсечки диодов (0,2–0,3 В у германиевого и 0,5–0,6 В у кремниевого), то есть многократно превышающих нормальные сигналы. Тем не менее такими ограничителями не пренебрегают. Но порог диодного ограничителя можно существенно понизить, если включить его диоды так, как это сделано здесь.

Основное требование к диодам в таких ограничителях состоит в малой их емкости при  $U_{\text{обр}} = 0$ . Лучшими диодами являются арсенидо-галлиевые, например 3А529А (0,25 пФ). Из кремниевых минимальной емкостью обладают диоды 2Д926А (0,35 пФ), КД417А (0,4 пФ), КД413А (0,7 пФ), КД514А (0,9 пФ). Важна здесь, конечно, и крутизна характеристики диода  $i = f(U)$  в области прямых токов, но в простых справочниках эта зависимость, обычно не приводится.

Независимо от принятых защитных мер очень важно правильно установить общее усиление приемника, его чувствительность. Она должна быть лишь достаточной для надежной фиксации «своего» сигнала. Резистор R9 отвечает за установку усиления на высокой частоте, с чего и рекомендуется начинать. С его введением уменьшается ток в каналах транзисторов VT1 и VT2, что ведет к уменьшению общего усиления этого каскада. На усиление по высокой частоте можно повлиять и регулировкой резистора R6. Таким образом, допустимо не только выбрать отсечки диодов VD1 и VD2, но, приоткрывая их, в той или иной мере шунтировать входной контур.

Если этого мало, регулировкой R17 уменьшают усиление приемника на промежуточной частоте. На его чувствительность к паразитным сигналам будет влиять и установленный на компараторе DD3

порог ( $U_{\text{пор}}$ ), который увеличивается с уменьшением сопротивления резистора R20. Инерционность АРУ в тракте ПЧ (УРЧ АРУ не имеет) связана прежде всего с конденсатором С16 и зависит от его емкости. Она может быть и существенно меньшей, но это лучше выяснять экспериментально при эксплуатации канала.

Выделение «своего» шифросигнала на фоне разного рода помех в канале связи – задача дешифратора. Его принципиальная схема изображена на рис. 2.23.

Дешифратор состоит из тактового генератора (DD5.3, DD5.4), стабилизированного кварцевым резонатором ZQ1, имеющего ту же частоту, что и кварцевый резонатор шифратора в передатчике, старт-триггера (DD4.1, DD4.3), переключаемого в активное состояние фронтом эфирного сигнала, и счетчика DD1, управляющего сменой адреса {1, 2, 4, S} (работой коммутаторов DD2 и DD3). Кроме того, в дешифратор входит узел сравнения (DD7.3, DD5.2, DD7.1, DD 7.2) принятого из эфира шифропакета с хранящейся в дешифраторе образцовой шифрокомбинацией (подключение выводов 1–14 жгута в дешифраторе приемника должно в точности повторять ее коммутацию в шифраторе передатчика).

Дешифратор устанавливают в исходное состояние нажатием кнопки SB1 (Сброс). При этом счетчик DD1 переводится в нулевое состояние, а сигнал 0 на выходе старт-триггера (вывод 3 DD4.1) блокирует прохождение импульсов тактового генератора на вход С счетчика DD1. В таком состоянии дешифратор находится до появления импульса (безразлично, стартового бита шифропакета или помехи) на выходе DD4.4, активизирующего своим фронтом старт-триггер. После этого на счетный вход DD1 начинают поступать импульсы тактового генератора, а коммутаторы DD2 и DD3 вырабатывают образцовую, закоммутированную на их X входах шифрокомбинацию – точную копию шифропакета, передаваемого «своим» радиопередатчиком.

Сравнение эфирной и образцовой шифрокомбинаций происходит на элементе DD7.3. Оно идет поразрядно, начиная со стартового бита, но делается это лишь во время прохождения строб-импульса, занимающего вторую четверть каждого знакоместа (его длительность  $t_{\text{зн}}/4 \approx 0,5$  мс). Стробирование операции сравнения позволяет пренебречь некоторым смещением образцовой шифрокомбинации по отношению к эфирной и расхождением частот тактовых генераторов в шифраторе и дешифраторе.

Первое же несовпадение знакомест переводит дешифратор в исходное состояние (на выходе DD6.2 возникает сигнал 0 и соответственно

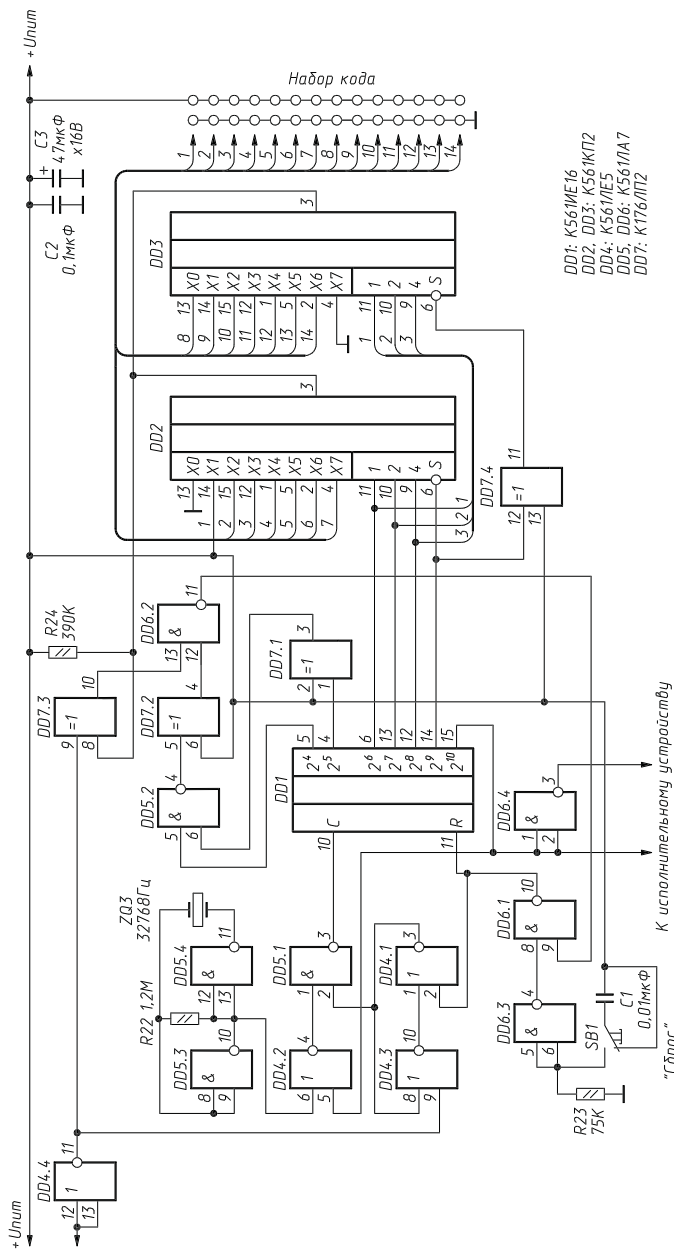


Рис. 2.23. Принципиальная схема дешифратора

сигнал 1 на выходе DD6.1, сбрасывающий в нулевое состояние счетчик DD1 и старт-триггер DD4.3–DD4.1). Если же шифрокомбинации совпали во всех разрядах, на вывод 15 счетчика DD1 приходит сигнал 1. В этом состоянии дешифратор блокируется и может быть вновь активизирован лишь нажатием кнопки «Сброс».

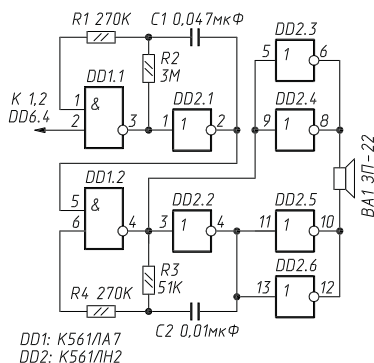


Рис. 2.24. Принципиальная схема звукового генератора

Сигнал 1 на выходе 15 счетчика DD1 (или 0 на выходе инвертора DD6.4), означающий, что шифропакет принят, используют для включения того или иного исполнительного устройства. Это может быть, например, звуковой генератор, формирующий тревожный сигнал. Принципиальная схема одного из них приведена на рис. 2.24.

Сигнал тревожного звучания формируется здесь двумя генераторами: тактовым, генерирующим меандры, следующие с частотой  $F_T \cong 0,5 \times \times R2C1 = 0,5 \times 3 \times 10^6 \times 0,047 \times 10^{-6} = 3-4$  Гц, и тональным, меандры которого следуют с частотой  $F_{ЗВ} \cong 0,5 \times \times R3C2 = 0,5 \times 51 \times 10^3 \times 10^{-8} \cong 1$  кГц.

В качестве акустического излучателя BA1 можно взять практически любой звуковой пьезоэлемент. Лучше с резонатором: такие пьезоэлементы звучат громче. Ток, потребляемый генератором в режиме покоя, не превышает 2–3 мкА. Принципиальная схема звукового генератора той же структуры, но выполненного на одной микросхеме, приведена на рис. 2.25. Его параметры близки предыдущему устройству.

Если акустический сигнал должен быть мощнее, можно воспользоваться готовой пьезосиреной, например АСТ-10, включив ее так, как показано на рис. 2.26.

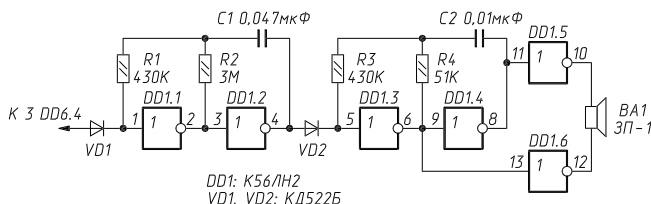


Рис. 2.25. Схема звукового генератора (вариант 2)

Почти всегда к шифроприемнику подключают электронные часы, фиксирующие время приема шифропакета. Принципиальная схема таких часов приведена на рис. 2.27.

Часы содержат счетчик минут (DD2, DD3), часов (DD4, DD5), суток (DD6), генератор (DD1), частота которого стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1, стоп-триггер (DD7.2, DD7.3), жидкокристаллическое табло (HG1) типа ИЖЦ5-4/8, четыре разряда которого используются по прямому назначению и демонстрируют часы и минуты, а децимальные точки применяются в качестве табло счетчика суток DD6.

Нажатием кнопки SB3 часы устанавливают в исходное состояние: на табло должны высветиться нули «0 0 0 0» (пустоты для децимальных точек). Кнопками SB2 (Быстро) и SB1 (Медленно) устанавливают текущее время. Часы прекращают свой ход с появлением сигнала 1 на входе S. Фронт этого сигнала переводит стоп-триггер DD7.2-DD7.3 в состояние, блокирующее поступление на вход Т счетчика DD2 минутных импульсов, передаваемых с выхода 60 (вывод 10) генератора DD1. Но если точно известно, что сигнал  $S = 1$  не исчезнет (например, не будет оборвана связь электронных часов с шифроприемником), то в стоп-триггере необходимости нет. В таком случае нижний вход логического элемента DD7.1 (рис. 2.27) подключается непосредственно к выходу цепочки R4R5C3 (она нужна для ослабления возможных высокочастотных и импульсных помех), а элементы DD7.2 и DD7.3 используются по какому-то другому назначению.

Отсчет числа суток, прошедших с момента старта, производится по децимальным точкам табло (слева старший разряд; если видна точка, значит, в соответствующем разряде счетчика суток появилась двоичная единица). Так, например, время «23-15» означает, что часы были остановлены на пятые сутки (в двоичном счетчике 0100) в 23 ч 15 мин. Часы будут отсчитывать время с точностью до минуты на протяжении 16 суток, затем автоматически обнулятся и начнут свой следующий 16-суточный цикл. Ток, потребляемый такими электронными часами, менее 0,1 мА.

Ток, потребляемый шифроприемником в дежурном режиме, не превышает 5,5 мА (при  $U_{пит} = 6$  В). Но его энергопотребление может быть значительно уменьшено, если приемник будет включаться лишь на время  $t_{вкл}$ , достаточное для надежного обнаружения шифропакета. Обычно  $t_{вкл} = (3-4) t_{п}$ , где  $t_{п}$  – период следования шифропакетов.

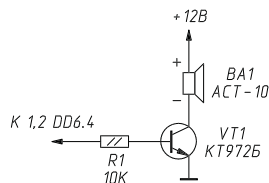


Рис. 2.26. Схема включения пьезосилены



Значительные паузы между такими включениями могут существенно повлиять на общее энергопотребление радиоприемного тракта.

Конечно, время выключения приемника должно быть значительно меньше времени, которое потребует преступнику для блокировки работающего радиопередатчика. Пауза не может быть слишком продолжительной (или  $t_{\text{вкл}}$  слишком малым) и в условиях сильных эфирных помех.

## ПРИСТАВКА-СТОРОЖ К ТЕЛЕФОННОМУ АППАРАТУ

Это устройство позволяет осуществлять дистанционное прослушивание помещения, где установлен телефон. Для этого достаточно набрать номер телефона, где установлено устройство, немного подождать, пока в линию АТС включится микрофон прослушивающего устройства, и в течение нескольких минут услышать, что происходит на другом конце провода.

Рассмотрим работу устройства по его принципиальной схеме (рис. 2.28). 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 32 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 лог. 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 лог. 0; подачей на этот вход уровня лог. 1 счетчик устанавливается в исходное состояние (лог. 1 на выходе 0). Рассмотрим, как происходит возврат счетчика в исходное состояние и счетный режим работы.

После поступления с линии АТС первого импульса вызывного напряжения на выходе логического элемента DD1.1 появляется напряжение лог. 0, которое через диод VD2 и резистор R6 быстро разряжает конденсатор C2 до напряжения, соответствующего уровню лог. 0. В промежутках между пачками импульсов, поступающих с линии, на выходе логического элемента DD1.1 сохраняется уровень лог. 1 и конденсатор C2 через резистор R5 заряжается, но постоянная времени



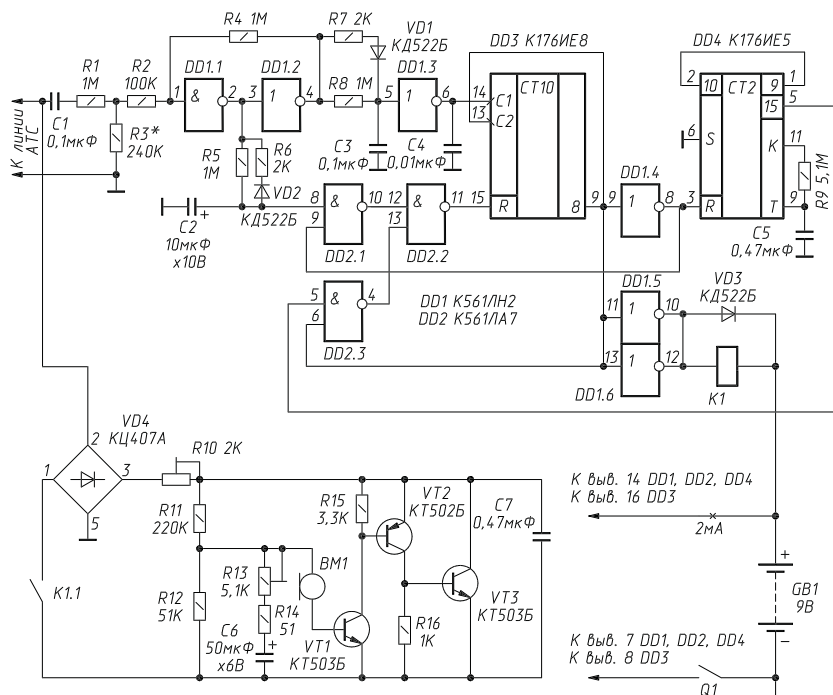


Рис. 2.28. Принципиальная схема приставки-сторожа

R5C2 выбрана такой большой, что за время паузы между вызывными послылками на выводе 8 элемента DD2.1 остается напряжение лог. 0. При этом на выходе DD2.1 будет уровень лог. 1. На выходе элемента DD2.3 пока также имеется напряжение лог. 1, поскольку на обоих его входах присутствует уровень лог. 0 (хотя такого уровня достаточно и на одном входе), на выходе DD2.2 уровень лог. 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 – уровень лог. 1, на выходе DD2.1 – лог. 0 и счетчик DD3 находится в исходном состоянии подачи лог. 1 на вход R. Счетчики микросхемы DD4 также в исходном состоянии (напряжения низкого уровня на выводах 1, 5), поскольку на вход R подано напряжение высокого уровня.

Итак, после подачи на вход устройства первой «пачки» импульсов вызывного напряжения счетчик DD3 устанавливается в рабочее состояние и начинает регистрировать поступающие на вход C1 импульсы.

По фронту восьмого импульса на выходе 8 счетчика устанавливается напряжение высокого уровня. При этом:

- напряжение высокого уровня поступает на вход С2 и запрещает дальнейшую работу счетчика (его триггеры переходят в режим хранения информации);
- с инвертора DD1.4 напряжение низкого уровня подается на нижний по схеме вход логического элемента DD2.1 и обеспечивает наличие напряжения низкого уровня на входе R счетчика DD3 при зарядке конденсатора С2 до напряжения высокого уровня (так как импульсы с линии АТС уже не будут поступать вследствие замыкания линии после срабатывания реле К1);
- поступившее на нижний по схеме вход логического элемента DD2.3 напряжение высокого уровня подготавливает этот логический элемент к восприятию напряжения высокого уровня на верхнем по схеме его входе, который соединен с выходом 15 счетчика DD4;
- на выходах соединенных параллельно логических элементов DD1.5 и DD1.6 появляется напряжение низкого уровня, что приводит к срабатыванию реле К1: на вход R микросхемы DD4 поступает напряжение низкого уровня.

Реле К1 своими контактами К1.1 подключает через диодный мост VD4 к линии АТС микрофонный усилитель, выполненный на транзисторах VT1 – VT3. Поскольку усиленный сигнал подается в линию АТС, вызывающий абонент в течение времени заполнения счетчика DD4 (то есть 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 BM1.

На микросхеме DD4 выполнен генератор, совмещенный с 15-разрядным счетчиком. Временязадающая цепь генератора образована элементами R9 и С5, 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 логического элемента DD2.3. При этом на выходе этого логического элемента появляется напряжение низкого уровня, которое подается на нижний по схеме вход логического элемента DD2.2; на его выходе при этом появляется напряжение высокого уровня, возвращающее

счетчик DD3 в исходное состояние. Реле K1 отпускает, триггеры микросхемы DD4 устанавливаются в исходное состояние. Таким образом, устройство вернулось 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 восьмого вызывного сигнала (звонка), а большинство людей, звонящих по телефону, дают не более 4–5 звонков, маловероятно, что не знающие секрета абоненты смогут привести устройство в состояние прослушивания. В случае если на устройство поступило менее восьми вызывных посылок, по окончании серии этих посылок устройство возвратится в исходное состояние через 5–7 с, то есть после зарядки конденсатора C2 до напряжения высокого уровня.

О деталях устройства. Микросхему K561ЛА7 можно поменять на K176ЛА7, K176ИЕ8 – на K561ИЕ8. Остальные микросхемы аналогов в серии K176 не имеют. В качестве транзисторов VT1, VT3 используются КТ503, КТ315, КТ342, КТ3117 с любыми буквенными индексами, как VT2 применяются КТ502, КТ361, КТ209, КТ3107 с любыми буквенными индексами. Диодный мост КЦ407А допустимо заменить на КЦ402, КЦ405 с буквами А–Е или любой другой, разрешающий подачу обратного напряжения не менее 150 В и прямой ток не менее 50 мА. Диоды VD1...VD3 – любого типа. Постоянные резисторы МЛТ, C2-23 мощностью 0,125 или 0,25 Вт; подстроечные резисторы R10 и R13 – типов СПЗ-38, СПЗ-16, СП5-2. Конденсаторы C2, C6 – K50-16, K50-35, K50-29, остальные – КМ-6б, K10-17, K10-23 или K73-17. Реле K1 – герконовое, типа РЭС64А, исполнение РС4.569.726 (сопротивление обмотки составляет около 2000 Ом при рабочем токе около 5 мА). Микрофон ВМ1 – обязательно активный преобразователь, то есть вырабатывающий ЭДС, в отличие от угольного, который изменяет свое сопротивление. Подойдут микрофонные капсули типов ТЭМК-3-Т, МДМ-7 и аналогичные.

Устройство собрано на текстолитовой плате, монтаж выполнен проводом МГТФ-0,07. Если при монтаже не были допущены ошибки, устройство начнет 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, то есть при замкнутых контактах реле K1.1.)

Резистор R3 подбирают по надежному срабатыванию триггера Шмитта от сигналов вызывного напряжения. Для питания устройства

используют батарею гальванических элементов (например, «Крона», «Корунд» либо шесть последовательно соединенных элементов 316, 343, 373) или батарею аккумуляторов Д-0,25, Д-0,55 7 из восьми 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. В режиме ожидания микросхемы устройства потребляют ток 2–3 мА, то есть энергии источника питания хватает на 20–30 суток непрерывной работы.

### **УСТРОЙСТВО ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ТЕЛЕФОНА С КНОПЧНЫМ НОМЕРОНАБИРАТЕЛЕМ**

Эту приставку используют совместно с кнопчным телефонным аппаратом, запоминающим последний набранный номер. При несанкционированном проникновении в охраняемое помещение производится автоматический набор номера, записанного в память телефонного аппарата. Это может быть номер соседей хозяина квартиры, его служебный телефон и др. Услышав в трубке тревожный прерывистый сигнал, хозяин квартиры или дома сможет своевременно принять меры.

Схема устройства представлена на рис. 2.29. Контакты охранного датчика обозначены на схеме SA1. При закрытой двери эти контакты замкнуты, при открытой – разомкнуты. Можно использовать несколько контактов, установленных не только на входной двери, но и на окнах. В этом случае контакты соединяют последовательно. Выключатель SA2 определяет режим работы устройства: «Блокировка» или «Охрана». В режиме «Блокировка», когда контакты выключателя SA2 замкнуты, тревожный сигнал устройством вырабатываться не будет независимо от положения контактов датчика SA1. В этом режиме устройство находится, когда хозяева присутствуют в квартире.

Допустим, что на элементы устройства подано питание, контакты SA1 и SA2 находятся в показанном на схеме положении. На выводе 4 микросхемы DD1, который является выходом RS-триггера, выполненного на логических элементах DD1.2, DD1.3, в этом случае действует напряжение низкого уровня. 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 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.

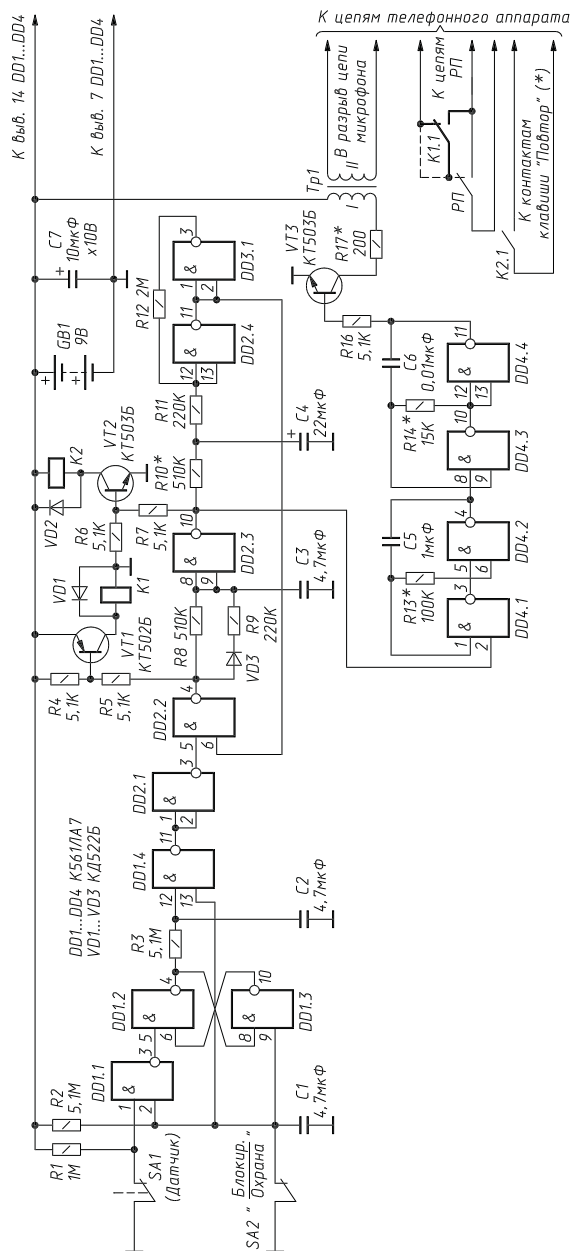


Рис. 2.29. Схема приставки охранной сигнализации

При выходе из помещения контакты выключателя SA2 размыкают, и устройство переводится в режим охраны. При этом начинается зарядка конденсатора C1 через резистор 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 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 напряжение также высокого уровня, на выходе элемента DD1.1 появится напряжение низкого уровня, что переведет RS-триггер 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. Когда владелец возвращается домой, он замыкает контакты выключателя SA2, и RS-триггер возвращается в исходное состояние. Если же в помещение проникает злоумышленник, не подозревающий о наличии охранной сигнализации, он только закрывает дверь, но не изменяет положение контактов выключателя SA2.

Напряжение высокого уровня с вывода 4 элемента DD1.2 через резистор R3 будет заряжать 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 имеется напряжение высокого уровня, на выходе логического элемента DD1.4 появится напряжение низкого уровня, а на выходе DD2.1 – высокого, которое подается на вывод 5 логического элемента DD2.2. На выводе 6 этого элемента также напряжение высокого уровня, поэтому на выходе элемента DD2.2 появится напряжение низкого уровня. При этом 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 уровня. Это приведет к срабатыванию реле K2, и в линию АТС начнут поступать импульсы набора запрограммированного номера. Одновременно

напряжение высокого уровня поступит на вывод 2 элемента DD4.1 и начнут работать два генератора, выполненные на элементах микросхемы DD4. Первый из них (DD4.1, DD4.2) вырабатывает импульсы частотой 2–3 Гц, а второй (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 набором номера, а в линию АТС поступает по его окончании, так как во время набора цепи микрофона и телефона обычно отключаются номеронабирателем.

Одновременно с набором номера через резистор R10 начнется зарядка конденсатора C4, который соединен с входом триггера Шмитта (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 результате чего 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 возвратиться в исходное состояние.

Итак, 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. Повторы продолжаются 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, резко повышается. Задержка срабатывания реле К2 относительно К1 (1,5–2 с) введена для того, чтобы к началу набора номера произошло надежное удержание

линии АТС (при ручном наборе номера, услышав непрерывный гудок – «ответ станции», мы начинаем набирать номер). Временная задержка, обеспечиваемая цепью R3C2, необходима для того, чтобы хозяин, войдя в квартиру, успел включить режим блокировки.

Для совместной работы с приставкой подойдет любой телефонный аппарат с кнопочным номеронабирателем и памятью последнего набранного номера, например «Спектр-305», «Электроника ТА-5», «Электроника ТА-1152». Контакты реле K1 следует соединить с контактами рычажного переключателя РП, как показано на схеме (соединение обозначено утолщенными линиями). Проводник, обозначенный штриховой линией, на печатной плате аппарата следует удалить. Контакты реле K2 подключают параллельно контактам кнопки повтора, которая на клавиатуре телефонного аппарата обозначается символом «\*». Если используемый аппарат запоминает дополнительные телефонные номера (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 микрофонной трубки аппарата.

Когда устройство охранной сигнализации находится в ждущем режиме, оно не оказывает никакого влияния на работу телефонного аппарата. Ток, потребляемый от батареи GB1, не превышает 10 мкА, поэтому выключатель питания не требуется. Конденсатор С7 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, чтобы экономить на мелочах.

О деталях устройства. 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, К10-7В, К10-17, К73-17; С7 – К50-6, К50-16, К50-35. Транзистор VT1 – типа КТ203, КТ209, КТ361, КТ502 с любыми буквенными индексами, а VT2, VT3 – КТ315, КТ503, КТ3117 с любыми буквенными индексами. Диоды VD1, VD2 – типов КД102, КД509, КД510, КД521, КД522 с любой буквой. 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 III 5×6 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 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, в частности СМК-1. Выключатель SA2 – типов П2К, МТ1 (с фиксацией). Батарея GB1 – «Крона» или «Корунд».

Большая часть элементов устройства смонтирована на печатной плате и заключена в подходящий корпус. Устройство желательно размещать недалеко от телефонного аппарата. Выключатель SA2 должен быть расположен в потайном месте.

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

## **ИМИТАТОР ПОДНЯТИЯ ТРУБКИ ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА**

В отсутствие владельцев квартиры такую приставку подключают к зажимам телефонной линии вместо телефонного аппарата, что позволяет имитировать поднятие телефонной трубки с ее последующим опусканием на рычаг аппарата, когда по данному номеру кто-либо пытается дозвониться. Такой «обман» необходим для создания эффекта присутствия хозяев. Ведь известно, что воры проверяют присутствие кого-либо в квартире по телефону.

Рассмотрим работу приставки по ее принципиальной схеме, приведенной на рис. 2.30а.

При появлении в линии вызывного напряжения (его значение обычно составляет 80–120 В) оно 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 с учетом того, чтобы в промежутки времени между вызывными послылками (3–5 с) на выводах 7 и 14 микросхемы DD1 поддерживалось напряжение, достаточное для нормальной работы микросхемы (оно может составлять 3–15 В). Одновременно через диод VD3, резисторы R1 и R2 начинается зарядка конденсатора C4. Как только напряжение на его обкладках достигнет

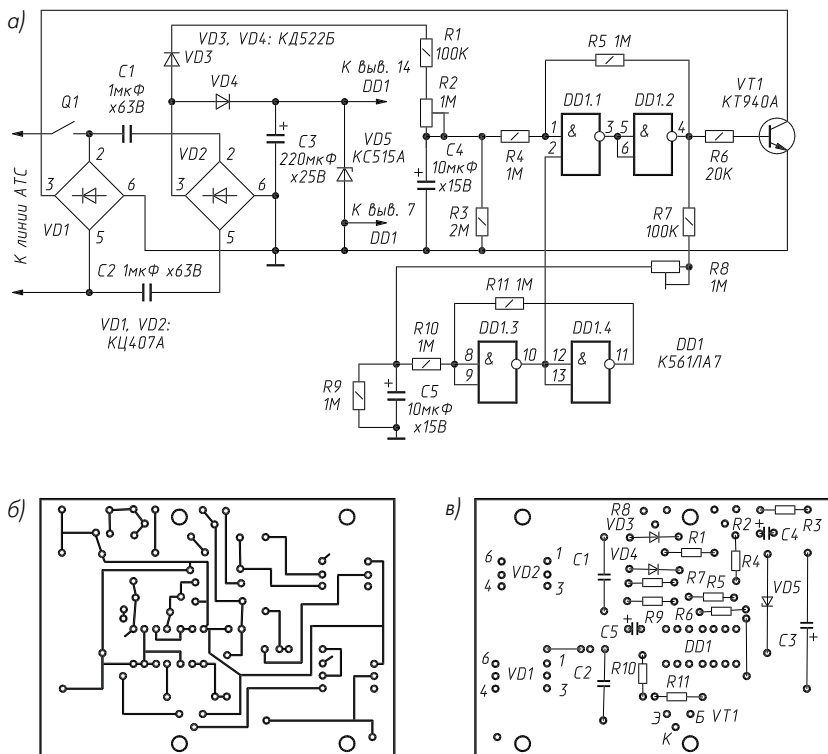


Рис. 2.30. Приставка – имитатор поднятия телефонной трубки

напряжения переключения триггера Шмитта (он выполнен на логических элементах DD1.1, DD1.2, резисторах R4, R5), последний переключится, а 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 удержание линии. Подача сигналов вызова прекратится, а абонент на другом конце провода услышит характерный щелчок, соответствующий снятию трубки.

Одновременно с переключением триггера Шмитта DD1.1, DD1.2 начнет заряжаться конденсатор 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, то есть абонент услышит сигнал «короткие гудки» – устройство возвратилось в исходное состояние.

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). 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, то есть служат своего рода балластными сопротивлениями по переменному току.

В устройстве микросхему K561ЛА7 можно заменить K176ЛА7, однако в этом случае стабилитрон КС515А следует заменить КС191А или другим с напряжением стабилизации 8–9 В. В качестве транзистора VT1 используются транзисторы других типов, у которых предельное напряжение должно быть не менее 120 В (например, КТ604, КТ605 с любыми буквенными индексами). 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. 2.30б и 2.30в), которая помещена в пластмассовую коробку подходящих размеров. Подстроечные резисторы должны располагаться так, чтобы доступ к ним обеспечивался отверткой через отверстия в коробке.

Налаживание устройства состоит в подборе желаемых временных интервалов с помощью подстроечных резисторов.

|          |                                   |    |
|----------|-----------------------------------|----|
| <b>1</b> | Аппаратура для караоке            | 7  |
| <b>2</b> | Электронная охрана и сигнализация | 63 |

## **3 ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ РАДИОСВЯЗЬ**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Диапазон Си-Би</b>   | <b>108</b> |
| <b>Диапазоны КВ и УКВ</b>   | <b>116</b> |
| <b>УКВ антенны направленного излучения диапазонов 144 и 430 МГц</b> | <b>148</b> |
| <b>Антенны вертикальной поляризации для КВ и УКВ диапазонов</b>     | <b>149</b> |
| <b>Трансформирующие и симметрирующие элементы</b>                   | <b>154</b> |
| <b>Настройка антенн и измерения</b>                                 | <b>155</b> |
| <b>Несколько общих положений об антеннах и фидерах</b>              | <b>157</b> |

|          |                                      |     |
|----------|--------------------------------------|-----|
| <b>4</b> | Любительская телефония               | 165 |
| <b>5</b> | Электронные автоматы, устройства     | 219 |
| <b>6</b> | Справочная информация для начинающих | 265 |

При советской власти личная радиосвязь была строжайше запрещена. К работе в эфире допускались исключительно радиолюбители, получившие позывной, но это было связано с очень большими трудностями. Сначала в течение нескольких лет требовалось работать коротковолновиком-наблюдателем, принимая своим радиоприемником передачи других радиолюбителей, и вести специальный журнал. Только после этого, представив положительную характеристику с места работы, подписанную «треугольником», можно было получить разрешение на... всего лишь монтаж радиостанции или ее приобретение. Но и после выполнения всех формальностей радиолюбитель имел право на переговоры в эфире только о погоде, технических характеристиках своей радиостанции, радиостанции корреспондента или семейном положении. В противном случае разрешение изымалось. Выход в эфир и даже изготовление радиопередатчика без разрешения строго карались по закону.

## **ДИАПАЗОН СИ-БИ**

В последние годы в нашей стране началось бурное развитие систем гражданской радиосвязи, которые уже давно функционируют за рубежом. Практически любой гражданин получил возможность приобретения радиостанции личного пользования для выхода в эфир. Для этого выделен специальный диапазон частот 27 МГц, который называется гражданским диапазоном Си-Би (Citizen Band).

### **Транзисторный усилитель для диапазона Си-Би**

Схема простого широкополосного линейного двухтактного усилителя, работающего в режиме класса АБ, приведена на рис. 3.1. В усилителе используются транзисторы КТ927, которые выдерживают перегрузку. Для оптимальной линейности усилителя их токи покоя в цепи коллектора равны 100 мА. Они устанавливаются с помощью диода VD1 и добавочного резистора R1. Температурная стабильность обеспечивается тепловым соединением диода VD1 с радиатором, на котором устанавливаются транзисторы VT1 и VT2. Схема усилителя не вызывает каких-либо вопросов, она общеизвестна, за исключением некоторых особенностей. Цепь отрицательной обратной связи R5, Др3, Др4 обеспечивает выравнивание частотной характеристики.

Основное внимание следует уделить изготовлению трансформаторов Тр1 и Тр2. На медные или латунные втулки, диаметр которых равен диаметру внутренних отверстий ферритовых колец, нанизывается

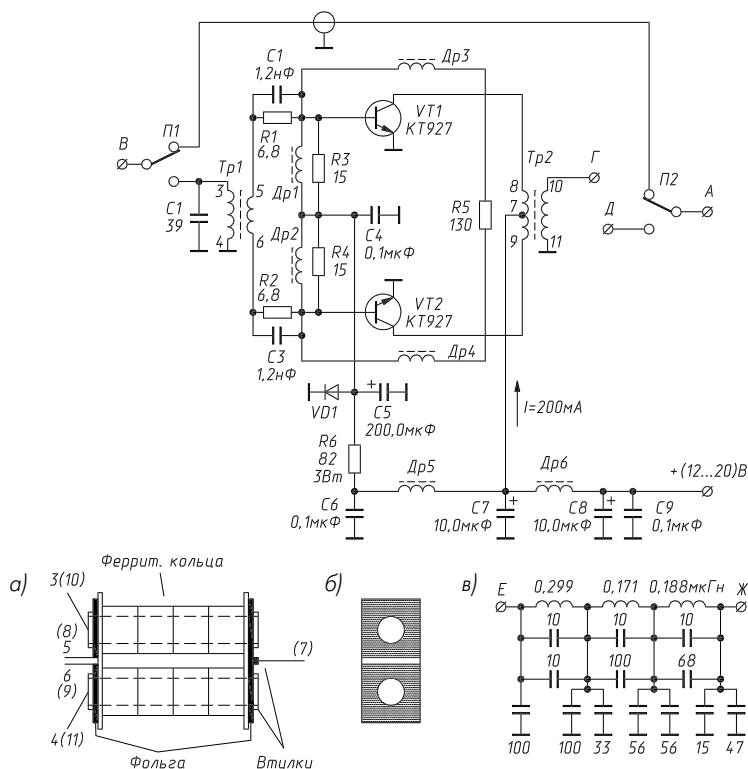


Рис. 3.1. Принципиальная схема усилителя

по четыре ферритовых кольца с проницаемостью  $\mu = 600$ , наружным диаметром 9 мм, внутренним отверстием 5 мм и толщиной 3,5 мм. Изготавливается по две пластины из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм, между которыми помещаются ферритовые кольца, нанизанные на металлические втулки. На каждой пластине просверливают по два отверстия диаметром, равным наружному диаметру втулок, которые должны выступать за пределы пластин на 1–1,5 мм. При сборке трансформатора втулки припаивают по всей окружности к фольге пластин. Фольга в середине пластины (рис. 3.16) удаляется на ширину 2–3 мм. Втулки можно заменить самодельными, изготовленными из медной оплетки экранированного провода большого диаметра. Экран снимается с провода и надевается на какую-либо оправку соответствующего диаметра. Оплетка смачивается спиртовым раствором канифоли и облуживается

тонким слоем оловянного припоя. Полученные таким образом втулки используются согласно описанию. Каждый трансформатор состоит из двух обмоток. Первая, содержащая один виток, образована двумя сердечниками и фольгой пластины 1, вторая состоит из четырех витков провода ПЭВ 0,5 мм, пропущенных через отверстия втулок. Провод ПЭВ 0,5 мм предварительно обматывается фторопластовой лентой, чтобы избежать повреждения изоляции. Коэффициент трансформации трансформатора  $Tr1 - 4:1$ , а  $Tr2 - 1:4$ . Подключение обмоток к схеме обозначено на рис. 3.1а. Точки подключения для трансформатора  $Tr2$  показаны в скобках, а для  $Tr1$  – без скобок. На среднюю точку 7 трансформатора  $Tr2$  подается напряжение источника питания. Проводник цепи отрицательной обратной связи  $Др3$ ,  $R5$ ,  $Др4$  пропускается только через одно отверстие трансформатора  $Tr2$ . Дроссели  $Др3$ ,  $Др4$  в цепи обратной связи, а также дроссель  $Др5$  создаются с помощью ферритовых колец с наружным диаметром 6 мм, имеющих магнитную проницаемость 600. На проводник нанизываются по шесть колец, плотно прилегающих друг к другу и образующих таким образом необходимое индуктивное сопротивление. Дроссели  $Др1$ ,  $Др2$  имеют индуктивность 10 мкГн каждый.

Схема диапазонного фильтра со средней частотой 27 МГц изображена на рис. 3.1в. Этот фильтр имеет полосу пропускания 18,9–30 МГц. Входное и выходное сопротивление полосового фильтра равно 50 Ом. Его вход  $E$  соединяется с широкополосным трансформатором  $Tr2$  в точке  $\Gamma$ , а выход фильтра подключается к точке  $D$ . Переключатели  $П1$  и  $П2$  позволяют обойти усилитель во время режима приема. Транзисторы  $VT1$  и  $VT2$ , а также диод  $VD1$  устанавливаются на радиатор произвольной конструкции, который обеспечивает необходимый температурный режим транзисторов  $VT1$  и  $VT2$ . Диод  $VD1$  – типа КД202А или В. При монтаже усилителя выводы резисторов, конденсаторов и проводники монтажных соединений делают очень короткими. Усилитель может быть выполнен на плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм. Печатный монтаж должен быть компактным, без длинных соединительных линий.

Источник питания рассчитывается на ток 7–8 А и имеет электронную стабилизацию.

Усилитель допускает подводимую мощность к входу не более 4 Вт.

## Конструкции Си-Би антенн вертикальной поляризации

Эти антенны относятся к категории малоэффективных, но имеют свои особенности: вертикальную поляризацию и равномерную круговую

диаграмму в горизонтальной плоскости. Малоэффективность вертикальной антенны подтверждается простым примером. Предположим, что к ней подведена мощность передатчика 100 Вт. Поскольку антенна имеет равномерную круговую диаграмму в горизонтальной плоскости, то на каждый градус окружности приходится  $1/360$  мощности, то есть  $100 / 360 = 0,277$  Вт. Таким образом, эта мощность направлена в сторону корреспондента, а остальная (99,72 Вт) оказывается бесполезной.

В зависимости от длины и высоты расположения вертикальной антенны над Землей угол излучения в вертикальной плоскости может быть малым к горизонту, что обеспечит дальность связи. На рис. 3.2 приведено несколько типов вертикальных антенн. Большинство таких антенн имеют длину  $\lambda/4$ . Это обусловлено тем, что четвертьволновая вертикальная антенна, имеющая входное сопротивление 37 Ом, может согласовываться с низкоомным коаксиальным кабелем. Рассмотрим несколько подобных антенн, которые могут использоваться радиолюбителями в Си-Би диапазоне.

Одной из четвертьволновых антенн, которые наиболее удобно согласуются, является петлевая антенна. Ее входное сопротивление составляет 73 Ом.

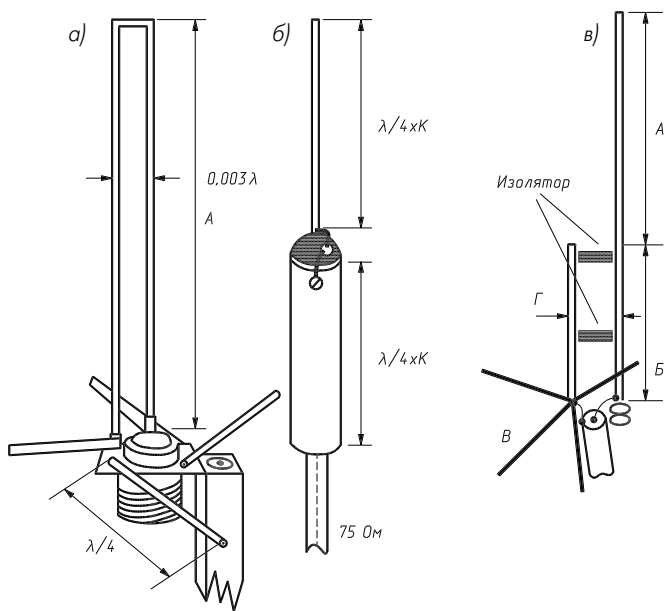


Рис. 3.2. Вертикальные антенны



Петлевая антенна изображена на рис. 3.2а, а ее размеры даны в табл. 3.1. Коэффициент укорочения этой антенны равен 0,97–0,98 и мало зависит от диаметра труб. Для нее необходимы противовесы, которые могут быть выполнены из дюралюминиевых трубок. Их длина равна длине вибратора, то есть  $\lambda/4$ . КСВ этой антенны не хуже 1,2.

Таблица 3.1. Размеры петлевой антенны

| Диапазон, МГц | Средняя частота, МГц | Длина, м |
|---------------|----------------------|----------|
| 27            | 27                   | 2,69     |

Хорошие результаты дает так называемая коаксиальная антенна (рис. 3.2б). Ее входное сопротивление составляет 73 Ом. Она хорошо согласуется с несимметричным коаксиальным кабелем за счет того, что согласующим устройством является нижняя часть антенны. Такая антенна может быть рекомендована для диапазона Си-Би. Ее нижняя часть выполняется из дюралюминиевой трубы диаметром большим, чем толщина кабеля, а длина определяется в зависимости от диаметра трубы по графику (рис. 3.9). Длина верхнего вибратора также зависит от диаметра и рассчитывается по тому же графику.

В 30-е годы российским ученым, профессором М. А. Бонч-Бруевичем была предложена антенна «верхнего света» (рис. 3.2в), состоящая из двухпроводной четвертьволновой линии и полуволнового вибратора. Данная модификация имеет входное сопротивление 73 Ом. Она хорошо согласуется с 75-омным коаксиальным кабелем, включенным напрямую, но для лучшего КСВ желательно ввести симметрирующее устройство (рис. 3.40в). В табл. 3.2 даны размеры этой антенны для диапазона 27 МГц.

Таблица 3.2. Размеры антенны Бонч-Бруевича

| Частота, МГц | А, м | Б, м | В, м | Г, мм |
|--------------|------|------|------|-------|
| 27           | 5,22 | 2,7  | 2,5  | 50    |

Для расчета такой антенны на другие частоты можно пользоваться формулами  $A = 141 / f$ ;  $B = 73 / f$ ;  $V = \lambda / 4$ , где частота  $f$  выражена в МГц.

В некоторых случаях при вертикальной поляризации требуется осуществить направленное излучение на конкретного корреспондента. Антенна «волновой канал», установленная вертикально, имеет большие габариты. В этом случае можно воспользоваться оригинальной

конструкцией, приведенной на рис. 3.3. Эта антенна представляет собой трехэлементную конструкцию, состоящую из четвертьволновых вертикальных вибраторов, один из которых является активным излучателем, а два других – пассивными элементами, директором и рефлектором. Причем активный вибратор установлен жестко, а директор и рефлектор могут поворачиваться вокруг его оси.

От активного элемента радиально расходятся восемь противовесов длиной  $\lambda/4$ . Для расчета элементов на другие частоты приводим данные.

Длина активного элемента составляет  $\lambda / 4 \times 0,965$ , рефлектора –  $\lambda / 4 \times 1,084$ , директора –  $\lambda / 4 \times 0,69$ . Активный элемент устанавливается на изоляторе. Конденсатор согласования С размещается в водонепроницаемой коробке, а ось его ротора выводится наружу для удобства настройки. Этим конденсатором достигается согласование активного вибратора с фидером по достижению минимального КСВ. Расстояние между активным элементом и рефлектором  $0,15 \lambda$ , а директор отстоит от вибратора на  $0,1 \lambda$ . Усиление антенны – 7 дБ, а отношение излучения вперед-назад – 20 дБ. Рефлектор и директор укреплены на металлической штанге длиной 2,77 м. Штанга имеет электрическое соединение с центром радиальных противовесов.

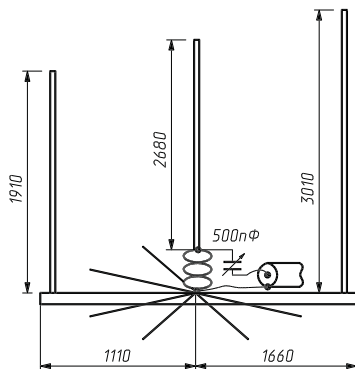


Рис. 3.3. Трехэлементная вертикальная антенна

## Промышленные антенны для Си-Би диапазона

Большей частью это антенны малогабаритные (укороченные), предназначенные для установки на транспортные средства. Для Си-Би диапазона используются четвертьволновые антенны вертикальной поляризации. Для диапазона 27 МГц четвертьволновая антенна должна иметь длину 2,63 м. Из числа промышленных встречаются вертикальные антенны длиной  $\lambda/4$  и  $7/8 \lambda$ . Они хорошо согласуются с низкоомным (50 или 75 Ом) коаксиальным кабелем. Укорачиваются эти антенны за счет введения в их общую линейную длину катушки индуктивности (рис. 3.4а), либо укорачивание осуществляется без помощи катушки (рис. 3.4б). Точка подключения фидера всегда имеет входное сопротивление, равное волновому сопротивлению кабеля. Для этого в основании антенны устанавливается индуктивность, позволяющая уменьшить

общую длину антенны (рис. 3.4б). Некоторые антенны этого типа имеют элементы настройки (рис. 3.4в), которая производится после установки антенны на место эксплуатации.

Антенны, укороченные за счет включения индуктивности, обладают меньшим коэффициентом усиления в сравнении с полноразмерными вертикальными антеннами  $\lambda/4$  и  $7/8 \lambda$ . Введенный в схему П-образный контур С1, L1 и С2, L2 (рис. 3.4в) имеет низкоомный вход, определяемый конденсатором С1, емкостное сопротивление которого составляет 50–60 Ом.

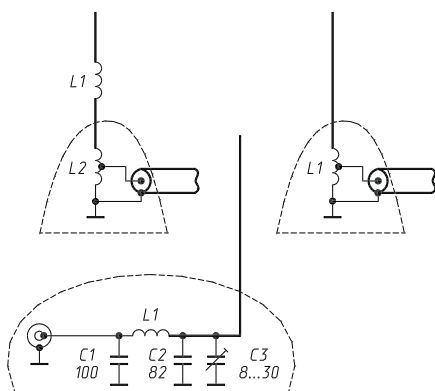


Рис. 3.4. Промышленные Си-Би антенны

### Антенна горизонтальной поляризации для диапазона Си-Би

В Си-Би диапазоне часто возникает необходимость создать канал связи между стационарной радиостанцией, расположенной в городе, и постоянным загородным корреспондентом. При расстоянии между корреспондентами до 100 км лучше всего применять антенны с горизонтальной поляризацией и малым углом излучения в вертикальной плоскости, например многоэлементную антенну типа «квадрат». Она изображена на рис. 3.5. Основание антенны может быть выполнено из дерева, размеры крестовин 4×4 м.

Четырехэлементная антенна состоит из вибратора В, пассивного рефлектора Р и двух директоров Д1 и Д2. Расстояние между вибратором и рефлектором равно  $0,2 \lambda - 2,22$  м, между вибратором и первым директором –  $0,15 \lambda - 1,66$  м, а между Д1 и Д2 такое же расстояние. Общая длина траверсы составляет 5,54 м. Периметр рамки

рефлектора  $R$  равен 11,42 м, а двухпроводная линия  $L1$  имеет длину 0,5 м. Периметр вибратора  $B$  – 11,33 м, директора  $D1$  – 10 м, директора  $D2$  – 9,8 м, а длина двухпроводных линий директоров – 0,4 м. Провод, из которого изготовлены рамки, имеет диаметр 3 мм. Он может быть медным или биметаллическим. Коэффициент усиления такой антенны – 12 дБ, а отношение излучения вперед-назад 28 дБ. К вибратору подключается 50-омный коаксиальный кабель. Для настройки антенны предусмотрены некоторые элементы в виде

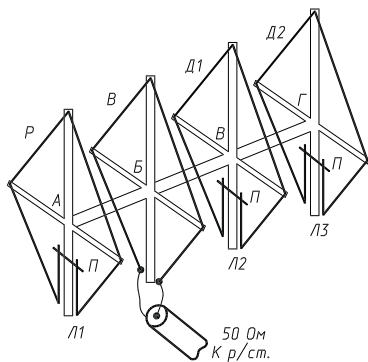


Рис. 3.5. Четырехэлементная квадратная антенна

двухпроводных линий, расположенных на рефлекторе и двух директорах. При настройке антенны к ней через коаксиальный кабель любой длины подается небольшая мощность от передатчика, и с помощью перемычек  $\Pi$  производится настройка (подробнее об этом рассказывается в разделе «Настройка антенн и измерения»). В качестве индикатора поля можно использовать самодельный измерительный прибор, изображенный на рис. 3.6. Диод  $D$  – любой высокочастотный, а гальванометр должен иметь чувствительность не хуже 100 мкА.

Величина потенциометра  $R$  равна 3 кОм. Дроссели  $Dp$  – по 100 мкГн. Емкость конденсатора  $C$  – 10000 пФ. Сначала настраивают рефлектор по минимуму излучения назад, а затем, изменяя длину двухпроводных линий директоров, добиваются максимума излучения вперед по показаниям индикатора поля. При настройке рефлектора индикатор поля размещают на расстоянии 5–10 м от него, а при настройке директоров – на таком же расстоянии от них. С помощью переменного резистора  $R$

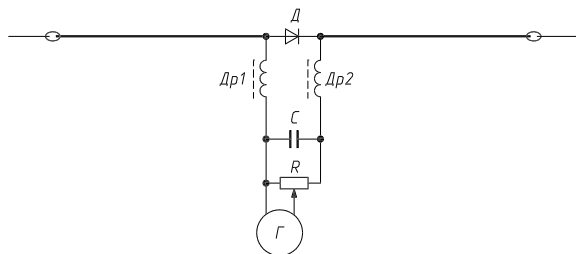


Рис. 3.6. Схема и конструкция индикатора поля

добиваются показаний индикатора в пределах шкалы. Лучи индикатора поля должны располагаться горизонтально. Их длина составляет 2–2,5 м. После настройки директоров повторяют настройку рефлектора, а затем подстраивают директоры.

## ДИАПАЗОНЫ КВ И УКВ

В этом разделе будут рассмотрены как промышленные, так и самодельные антенны для радиосвязи на любительских диапазонах коротких (КВ) и ультракоротких (УКВ) волн, а также их особенности и характеристики.

### Симметричный вибратор

Симметричный вибратор можно представить как длинную линию, разомкнутую на конце, провода которой развернуты на  $180^\circ$ .

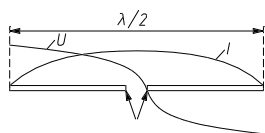


Рис. 3.7. Распределение тока и напряжения по длине полуволнового вибратора

Простейшей, часто применяемой антенной является полуволновый вибратор. На рис. 3.7 показан симметричный полуволновый вибратор, который требует симметричного питания.

К нему может быть подключена несимметричная фидерная линия в виде коаксиального кабеля, но только через симметрирующее устройство, о котором будет рассказано в разделе 3.5. Питание полуволнового вибратора производится в пучности тока (геометрическом центре), где входное сопротивление равно сопротивлению излучения. Теоретически входное сопротивление составляет 73 Ом, но это значение определено в предположении, что проводник антенны бесконечно тонкий и антенна расположена бесконечно высоко над Землей. На рис. 3.8а приведена диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости. Она представляет собой восьмерку. Перпендикулярно к антенне – два максимума излучения, а вдоль оси вибратора к  $90^\circ$ -му и  $270^\circ$ -му градусу – два минимума. С этих сторон не будет ни приема, ни излучения при передаче. В справочниках обычно приводятся значения ослабления в этих направлениях, которые достигают 38–40 дБ, что соответствует ослаблению в 80–100 раз. Угол излучения в вертикальной плоскости зависит от высоты подвеса антенны над Землей. При высоте  $\lambda/4$  (рис. 3.8б) излучение будет направлено вертикально вверх, а при высоте  $\lambda/2$  (рис. 3.8в) – под углом  $30^\circ$  к горизонту. Такая высота подвеса является наилучшей. Увеличивая это значение до  $1\lambda$ , получим два лепестка, как показано на

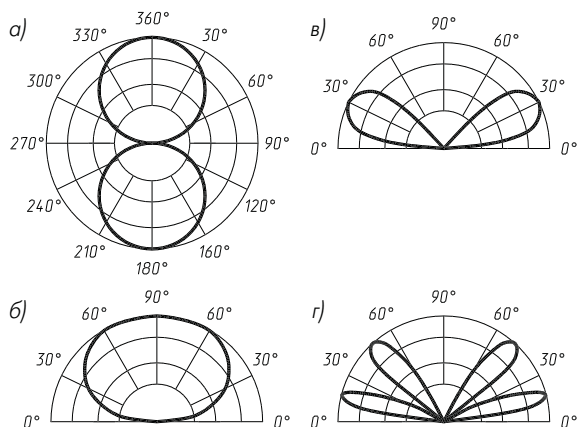


Рис. 3.8. Диаграммы направленности полуволнового вибратора в горизонтальной и вертикальной плоскостях

диаграмме (рис. 3.8г). Нижний лепесток, имеющий  $12-15^\circ$ , будет обеспечивать связь с дальними корреспондентами, а тот, который имеет  $45-50^\circ$ , – с ближними. Правда, мощность передатчика при этом будет делиться на два излучения.

Нередко перед радиолюбителями встает вопрос, как влияет металлическая и железобетонная крыша, на которой большей частью устанавливаются антенны, на диаграмму излучения в вертикальной плоскости. Влияют, но их нельзя рассматривать как идеальную «землю».

Чтобы между крышей и идеальной «землей» можно было поставить знак равенства, эта поверхность должна иметь площадь равную как минимум  $\lambda^2$ .

В диапазоне КВ и УКВ диаметр провода полуволнового вибратора редко бывает меньше 2 мм, при этом входное сопротивление антенны находится в интервале 60–65 Ом. По графику (рис. 3.9) можно определить входное сопротивление  $R_{\text{вх}}$  полуволнового вибратора в зависимости от отношения  $\lambda / d$ . Обе величины берутся в одинаковых единицах: метрах или сантиметрах.

Определяя геометрические размеры полуволнового вибратора, рассмотрим различие между электрической и геометрической длинами вибратора. Фактически эти длины равны только в том случае, когда проводник антенны становится бесконечно тонким. С помощью графика определяется коэффициент укорочения вибратора в зависимости от отношения  $\lambda / d$ .

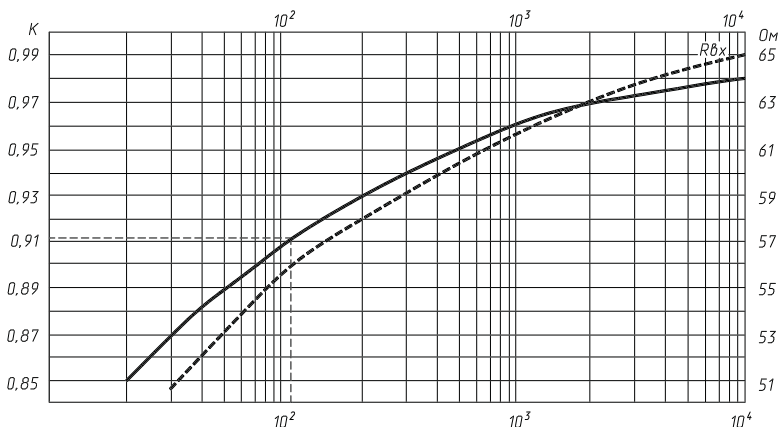


Рис. 3.9. График коэффициента укорочения полуволнового вибратора и его входное сопротивление в зависимости от отношения  $\lambda/d$

Антенна может быть выполнена не только из тонкого провода диаметром 2–4 мм, но и из медных или дюралюминиевых труб различного диаметра. При меньшем диаметре проводника антенны она более узкополосная, а при большем диаметре ее полоса пропускания  $\Delta f$  увеличивается. Это необходимо учесть, когда диапазон перекрытия велик. Например, для диапазона 28,0–29,7 МГц или на УКВ участках 144–146 МГц и 430–440 МГц.

*Пример.* Необходимо найти геометрическую длину полуволнового вибратора с частотой 145 МГц для трубки диаметром 20 мм, из которой изготовлена антенна. Для частоты 145 МГц  $\lambda = 206$  см. Получаем соотношение  $\lambda/d = 206/2 = 103$ . По графику находим (показано штриховой линией)  $K = 0,91$ . Тогда требуемая длина полуволнового вибратора —  $\lambda/2 \times K = 103 \times 0,91 = 93,7$  см. Антенны для 160-, 80-, 40- и 30-метрового диапазонов, имеющие большую длину, можно изготовить из биметалла, который широко используется в проводном радиовещании. Стальная жила биметаллического провода покрыта толстым слоем меди, и провод имеет большую прочность. Он бывает диаметром 3–4 мм. В табл. 3.3 приведены размеры полуволновых вибраторов.

У полуволновых антенн с питанием в середине (рис. 3.7) на концах вибратора образуются пучности напряжения  $U$  и минимумы тока  $I$ , что свидетельствует о большом сопротивлении. При питании полуволнового вибратора с конца следует выбрать другую схему. Антенна включается через согласующее устройство, в качестве которого следует

Таблица 3.3. Размеры полуволновых вибраторов

| Диапазон, м | Средняя частота, МГц | $\lambda$ , м | $\lambda/2$ , м | Длина антенны при $K=0,95$ , м |
|-------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------------------------|
| 160         | 1,880                | 159,57        | 79,78           | 75,79                          |
| 80          | 3,600                | 83,33         | 41,66           | 39,58                          |
| 40          | 7,050                | 42,55         | 21,27           | 20,21                          |
| 30          | 10,125               | 29,62         | 14,81           | 14,07                          |
| 20          | 14,150               | 21,20         | 10,60           | 10,07                          |
| 16          | 18,118               | 16,55         | 8,28            | 7,86                           |
| 15          | 21,150               | 14,18         | 7,09            | 6,73                           |
| 12          | 24,940               | 12,03         | 6,01            | 5,71                           |
| 11          | 27,000               | 11,11         | 5,55            | 5,27                           |
| 10          | 28,300               | 10,60         | 5,30            | 5,03                           |
| 2           | 145,000              | 2,07          | 1,03            | 0,98                           |
| 0,7         | 435,000              | 0,68          | 0,34            | 0,327                          |

избрать П-образный контур. Его входное сопротивление может быть равно волновому сопротивлению коаксиального кабеля, то есть 60–75 Ом. На рис. 3.11 приведена такая схема включения антенны.

### Антенна для 160-метрового диапазона

На рис. 3.10 изображены две антенны (типа полуволнового вибратора), расположенные под углом 90°. Переключая их, можно охватить все направления. Антенны А и Б имеют одинаковую длину.

Согласно данным, приведенным в табл. 3.3, их длина составляет 75,79 м. Для согласования высокоомного входа полуволнового вибратора, питаемого с конца, с фидером, выполненным из коаксиального кабеля и обладающим волновым сопротивлением 60–75 Ом, необходимо выполнить согласующее устройство в виде П-образного контура, настроенного на среднюю частоту этого диапазона и размещенного в металлической водонепроницаемой коробке. На ней устанавливаются высокочастотный коаксиальный разъем для подключения коаксиального кабеля фидера, два или три высокочастотных проходных изолятора, рассчитанных на большое ВЧ напряжение, и клемма для подключения противовеса, выполненного в виде прямоугольника по периметру крыши Г. Его длина не критична. Фидер Д можно разместить в вентиляционном канале, идущем в вашу квартиру. На рис. 3.11 изображена схема согласующего устройства. В металлической коробке размещаются ВЧ дроссель, реле Р1, Р2, конденсаторы С1, С2, катушка L и диоды Д1, Д2. Реле постоянного тока



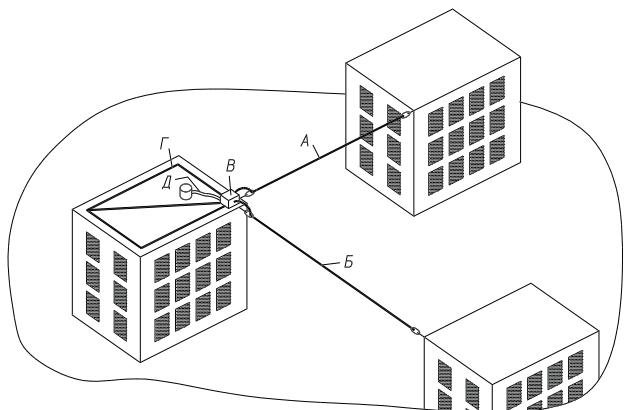


Рис. 3.10. Расположение антенн 160-метрового диапазона

низковольтное, любого типа, но его переключающие контакты должны быть высокочастотными, рассчитанными на коммутацию высокого напряжения.

Такие реле применялись в радиостанциях РСБ-5 и другого типа. Их питание осуществляется по коаксиальному кабелю. При подаче положительного напряжения включается реле Р1, отрицательного – Р2. Реле Р2 можно использовать для подключения еще одной антенны, причем ее входное сопротивление должно быть низкоомным, – например, полуволнового вибратора с питанием в середине или четвертьволновой

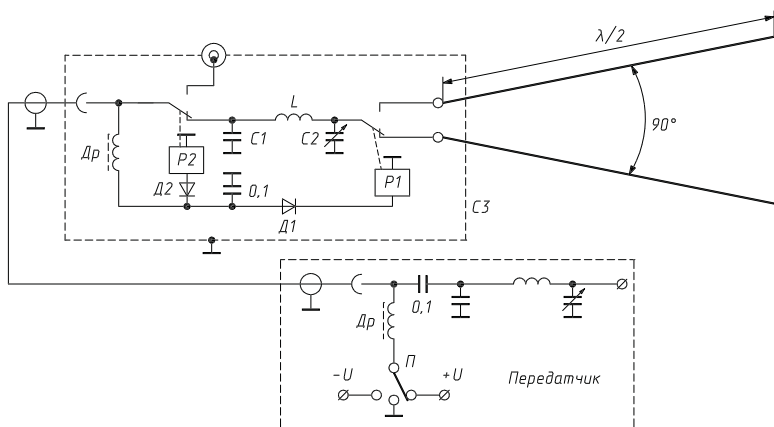


Рис. 3.11. Схема подключения антенн

вертикальной антенны. Конденсатор С1 для 160-метрового диапазона – емкостью 1700 пФ, рассчитанный на соответствующую реактивную мощность, конденсатор С2 – переменной емкости до 300–350 пФ. Он должен иметь большой зазор между пластинами, так как между ними будет большое ВЧ напряжение. Ось конденсатора выводится за пределы коробки для удобства настройки согласующего устройства. Катушка индуктивности L – 20 мкГн. ВЧ дроссели намотаны на керамические каркасы диаметром 20 мм проводом ПЭЛШО 0,3–0,35 мм. Длина намотки – 120 мм, виток к витку. Со стороны, подключаемой к ВЧ линии, на длине 10–12 мм, витки дросселя разрежены для уменьшения межвитковой емкости. Катушка L содержит 30 витков провода ПЭВ 2,0, намотанных на 100-миллиметровый каркас из высокочастотного материала.

Настройка согласующего устройства производится следующим образом. На вход устройства от передатчика подводится мощность 8–10 Вт. Настройкой конденсатора С2 добиваются резонанса. Контроль осуществляется с помощью индикатора поля или по свечению неоновой лампы. Следует учесть, что настройка может быть на гармонику, то есть на 80-метровый диапазон. Лучше всего контроль настройки вести с помощью гетеродинного индикатора резонанса (ГИР), тогда ошибка сводится к минимуму.

Подобная антенна может быть выполнена и для других диапазонов, и не только полуволновой. Например, представлять собой гармониковую антенну. В таком случае ее длина должна быть равной некоторому количеству полуволн, что рассчитывается по формуле:

$$l = \frac{150(n - 0,05)}{f},$$

где l – искомая длина в метрах; n – число полуволн рабочей волны; f – средняя частота диапазона в МГц.

Например, необходимо рассчитать гармониковую антенну для 40-метрового диапазона. Возьмем четыре полуволны:

$$l = \frac{150(4 - 0,05)}{7,05} = 84,04.$$

Из приведенного примера видно, что антенна 160-метрового диапазона может использоваться и как гармониковая для других диапазонов, если установить дополнительный П-образный контур, настроенный на выбранный диапазон.

## Антенны для 80- и 40-метрового диапазонов

Уже многие годы у радиолюбителей популярна антенна Inverted Vee (в переводе с англ. – перевернутая V), показанная на рис. 3.12.

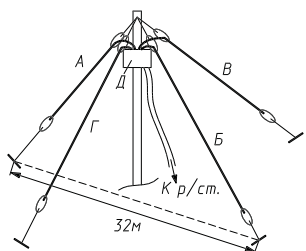


Рис. 3.12. Антенна Inverted Vee

Эта антенна может быть одно- или двухдиапазонной. В последнем варианте она обладает двумя преимуществами: требует только одну мачту и, в отличие от диаграммы излучения полуволнового вибратора, расположенного горизонтально, имеет еще излучение и вдоль оси антенны с вертикальной поляризацией, поскольку наклонена к земле.

Каждая из антенн является симметричным полуволновым вибратором, и при питании их несимметричным коаксиальным кабелем требуется симметрирующее устройство. При его отсутствии диаграмма излучения искажается, КСВ становится большим, что свидетельствует о значительных потерях в фидере; кроме того, внешняя оплетка кабеля начинает излучать и создавать помехи телевидению. Обе антенны можно соединить параллельно, но лучшим вариантом является раздельное питание через реле, как в описании антенны для 160-метрового диапазона. Части А и Б антенны 80-метрового диапазона – по 18,72 м, а В и Г – по 9,65 м. Симметрирующий элемент Д располагается ближе к месту подключения фидера к антеннам, там же могут размещаться и коммутирующие реле. Мачта имеет высоту 16 м, а расстояние между точками крепления оттяжек 80-метрового диполя указано на рисунке. Желательно, чтобы концы диполя находились на высоте не менее 1,5 м над поверхностью. Симметрирующий элемент изображен на рис. 3.40в.

## Антенна «бегущей волны»

Радиолюбители мало уделяют внимание антенне «бегущей волны» (Бевереджа), или АБВ, показанной на рис. 3.13.

АБВ относится к числу малошумящих антенн направленного излучения. Для ее размещения необходима большая площадь, поэтому чаще всего она используется в сельской местности. Антенна имеет длину 300 м и способна работать на всех любительских диапазонах. С небольшим ухудшением параметров на 160-метровом диапазоне ее можно укоротить до 200 м, а на 80-метровом – до 100–120 м. В конце она нагружается на резистор сопротивлением 600 Ом соответствующей

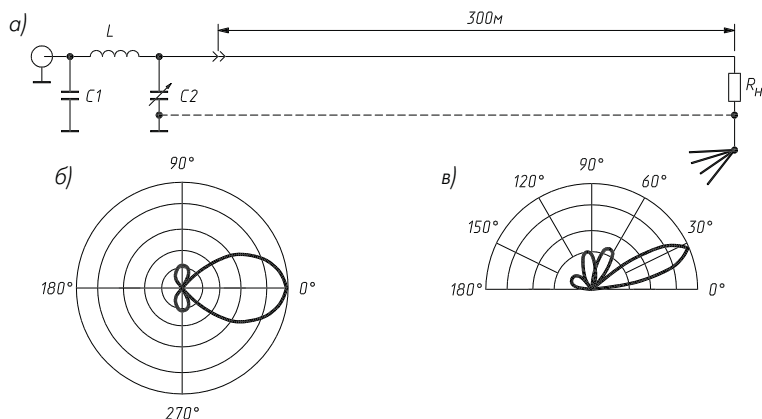


Рис. 3.13. Антенна АБВ и диаграммы излучения

мощности. Высота подвеса составляет 3–4 м. Противовес (заземление) закапывается на небольшую глубину под антенной. Входное сопротивление антенны – 600 Ом. Ее подключают к передатчику непосредственно, а при использовании коаксиального кабеля – через согласующее устройство, как, например, при питании антенны 160-метрового диапазона (рис. 3.11). В табл. 3.4 приведены значения  $C1$ ,  $C2$  и индуктивности  $L$  для 160- и 80-метрового диапазонов, на которых выгодно иметь направленное излучение для связи с DX-корреспондентами.

При работе на эту антенну необходимо соблюдать осторожность, так как ее провод находится под высоким напряжением. Диаграмма на рис. 3.13б показывает угол излучения в горизонтальной, а рис. 3.13в – в вертикальной плоскостях.

Таблица 3.4. Параметры элементов настройки антенны «бегущей волны»

| Диапазон, м | $C1$ , пФ | $C2$ , пФ | $L$ , мкГн |
|-------------|-----------|-----------|------------|
| 160         | 4000      | 1200      | 7,3        |
| 80          | 2000      | 600       | 3,2        |

## Рамочные антенны

В предыдущих разделах было рассказано об однопроводных, одноэтажных антеннах. Диаграмма излучения в горизонтальной плоскости полуволнового вибратора изображена на рис. 3.14в штриховой линией. Заслуживает внимания вариант, когда на два полуволновых

вибратора, расположенных один над другим на расстоянии  $\lambda/4$ , подано питание синфазно. В результате получим диаграмму направленности, более вытянутую в горизонтальной плоскости (рис. 3.14в), чем у одиночного вибратора. Таким образом, усиление двух синфазных антенн оказывается больше. Диаграмма их направленности в вертикальной плоскости имеет меньший угол излучения (заштрихованные лепестки на рис. 3.14г), чем при одном вибраторе, угол излучения которого  $30^\circ$ . Преобразуем эти две антенны в квадрат, соединив концы полуволновых вибраторов, как на рис. 3.14б. Параметры этой новой антенны повторяют двухэтажную синфазную антенну. Для нее характерно высокое усиление при малом угле излучения к горизонту, что обеспечит DX связи. На рис. 3.14д приведена модификация рамочной антенны. Она отличается только геометрическими формами и расположением в пространстве. Входное сопротивление рамочных антенн составляет 110–120 Ом. Отдельно следует сказать об антенне, изображенной на рис. 3.14е. Она обладает всеми параметрами, о которых было сказано выше, но отличается тем, что располагается не вертикально, а под углом  $45^\circ$  к поверхности. Такой вариант расположения может быть рекомендован для 160-, 80- и 40-метрового диапазонов. За счет наклона один из лепестков диаграммы больше прижимается к горизонту, и в том направлении, куда наклонена антенна, можно проводить DX связи. При расчете периметр рамочных антенн  $l = 1,02 \lambda$ .

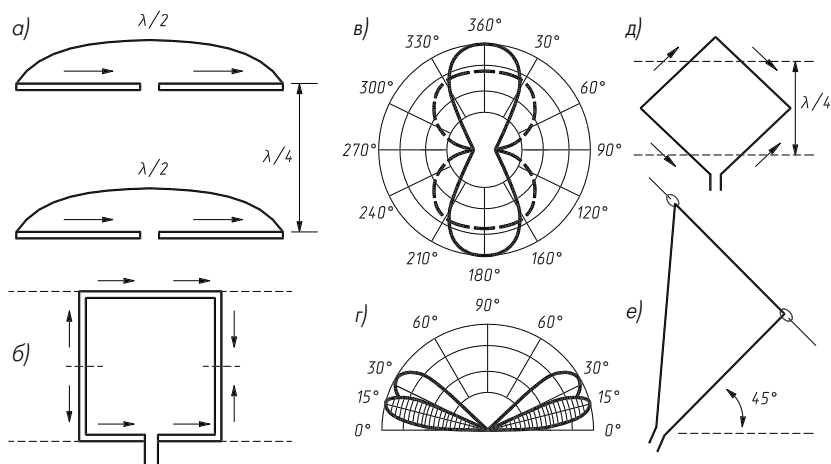


Рис. 3.14. Устройство и диаграммы направленности рамочных антенн

*Пример:* Рассчитать периметр рамочной антенны для  $F = 3,65$  МГц.

$$\lambda = 300 / 3,65 = 82,19 \text{ м};$$

$$l = 82,19 \times 1,02 = 83,83 \text{ м}.$$

В радиолюбительской литературе встречаются упоминания о рамочной антенне английского радиолюбителя (G3AQS) для 80-метрового диапазона (на частоту 3,8 МГц).

На рис. 3.15 приведена такая антенна, пересчитанная на частоту 3,65 МГц. Симметрирующий широкополосный трансформатор имеет следующие данные.

На 60-миллиметровый каркас из высокочастотного материала намотана катушка виток к витку в два провода диаметром 1,8 мм с фторопластовой изоляцией. Количество витков – 7. В симметрирующем трансформаторе выводы 1 и 3 – начало обмотки, 2 и 4 – концы.

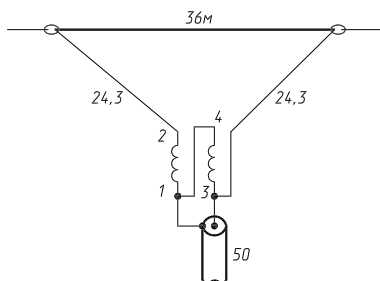


Рис. 3.15. Рамочная антенна G3AQS

## Многодиапазонные антенны

Если параллельный контур, включенный в разрыв антенного провода, настроен в резонанс на частоту передатчика (рис. 3.16а), то он, обладая очень большим сопротивлением, как бы размыкает проводник АГ.

Это явление использовано в антенне W3DZZ и во многих антеннах промышленного изготовления. Если подать в точки АА (рис. 3.16б) питание от передатчика, а длину ББ взять равной  $\lambda/2$  выбранного диапазона, то получим полуволновый излучатель, а участки ВЕ будут отключены и не окажут никакого влияния. На этом принципе основаны и многодиапазонные антенны. Участок ББ –  $\lambda/2$  10-метрового диапазона, ГГ –  $\lambda/2$  15-метрового, ЕЕ –  $\lambda/2$  20-метрового. Такие антенны короче полноразмерных полуволновых за счет того, что в линейную длину входят катушки индуктивности фильтр-пробок. Примером трехдиапазонной, трехэлементной вращающейся антенны является конструкция, созданная в конце 60-х годов известным советским коротковолновиком В. Захаровым, – UA3FU. В последнее время он усовершенствовал эту антенну, сделав ее четырехэлементной, но принцип многодиапазонности остался прежним.

Для нескольких диапазонов можно рекомендовать многодиапазонную антенну, созданную радиолюбителем W3DZZ. Эта антенна является резонансным, симметричным вибратором на 80 и 40 м. В связи

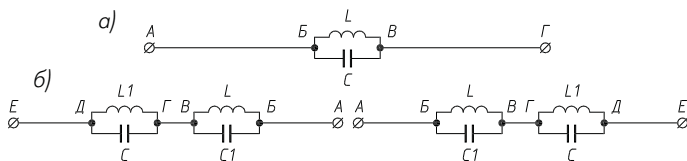


Рис. 3.16. Антенна с параллельным контуром

с тем, что любительские диапазоны кратны один другому, эта антенна возбуждается и на гармониках, то есть на 20-, 15- и 10-метровом диапазонах. Она устроена просто, имеет не очень большую длину и обеспечивает работу на всех любительских диапазонах, начиная с 80-метрового (рис. 3.17).

Индуктивность катушек  $L1$  и  $L2$  – 8,3 мкГн, а емкость конденсаторов – 60 пФ. Контур  $L1$   $C1$  и  $L2$   $C2$  являются фильтр-пробками, настроенными на частоту 7050 кГц. Катушки  $L1$  и  $L2$  имеют диаметр 50 мм, намотаны проводом ПЭВ-2 диаметром 2 мм и содержат по 19 витков на длине 80 мм. Измерение резонансной частоты этих контуров осуществляется с помощью ГИРа. Рабочее напряжение конденсаторов должно быть 3–5 кВ. Роль фильтр-пробки заключается в том, что на частоте резонанса реактивное сопротивление контура составляет несколько килоом. Контур, включенный в разрыв провода антенны при работе на 40-метровом диапазоне, возбуждается и создает очень большое сопротивление, что как бы отключает часть антенны. В результате рабочими участками остаются две половины вибратора по 10,07 м, что равно  $\lambda/2$  этого диапазона. На рис. 3.17б дана конструкция контура с самодельным высоковольтным конденсатором. Он состоит из дюралюминиевой трубки диаметром 30 мм и длиной 120 мм, являющейся первой обкладкой конденсатора, и стержня 4 диаметром 8 мм, имеющем на концах резьбу М8. Изоляционные втулки 3 изготавливаются из полистирола или фторопласта. С одной стороны на трубку надевается кольцо 5 из дюралюминия, к которому крепится один конец катушки  $L$ . Второй конец этой же катушки крепится к фланцу 2, соединяющемуся со стержнем 4, который стягивает втулки 3 и является второй обкладкой конденсатора. Зазор между фланцем 2 и торцом трубки должен быть большим (8–9 мм), так как между ними будет значительное высокочастотное напряжение. Скоба 1 увеличивает расстояние между проводником антенны  $A$  и торцом стержня  $B$  во избежание пробоя. Симметрирующий элемент  $B$  рассмотрен на рис. 3.40в. После завершения изготовления

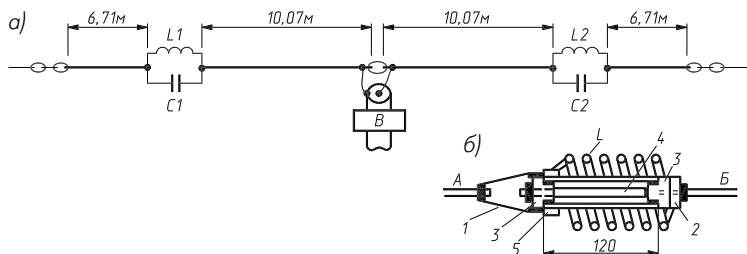


Рис. 3.17. Многодиапазонная антенна W3DZZ

контура необходимо его настроить на частоту 50–70 кГц. Это осуществляется растяжением или сжатием катушки L. Резонансные частоты антенны W3DZZ – 3,7; 7,05; 14,1; 21,2 и 28,4 МГц. Для питания антенны используется коаксиальный кабель соответствующего типа с волновым сопротивлением 75 Ом с учетом мощности передатчика.

## Промышленные многодиапазонные антенны

Этот тип антенн имеет некоторые конструктивные особенности. На рис. 3.18 изображен элемент, который заменяет катушку индуктивности и состоит из конденсатора и отрезка длинной линии.

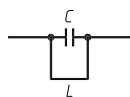


Рис. 3.18. Отрезки длинных линий в цепи антенны

На рис. 3.19 изображен трехдиапазонный диполь, в котором индуктивности L также представляют собой отрезки длинных линий.

В конструкциях подобных антенн есть одна сложность. Между обкладками конденсаторов нужно обеспечить очень высокую изоляцию и достаточную реактивную мощность этих конденсаторов. Высокая изоляция необходима в связи с тем, что на конденсаторах в режиме резонанса контура образуется несколько тысяч вольт, а реактивная мощность конденсаторов требуется, чтобы антенна могла работать при большой мощности передатчика.

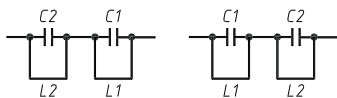


Рис. 3.19. Трехдиапазонный диполь

## Антенны «волновой канал»

Простейшая трехэлементная антенна «волновой канал» изображена на рис. 3.20. Ее коэффициент усиления составляет 8 дБ, а входное сопротивление – 75 Ом.

Чтобы иметь такое входное сопротивление, удобное для согласования с коаксиальным кабелем аналогичного волнового сопротивления,



потребовалось применение петлевого вибратора. Для некоторых диапазонов размеры антенны даны в табл. 3.5.

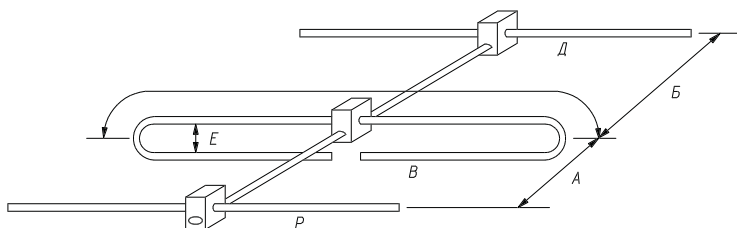


Рис. 3.20. Трехэлементная антенна «волновой канал»

Таблица 3.5. Размеры антенн «волновой канал»

| Средняя частота, МГц | Вибратор, мм | Рефлектор, мм | Директор, мм | А, мм | В, мм | Е, мм |
|----------------------|--------------|---------------|--------------|-------|-------|-------|
| 14,150               | 10176        | 10812         | 9667         | 4240  | 3180  | 63    |
| 21,200               | 6792         | 7216          | 6452         | 2830  | 2122  | 42    |
| 27,000               | 5332         | 5666          | 5066         | 2222  | 1666  | 33    |
| 28,400               | 5070         | 5387          | 4816         | 2112  | 1584  | 31    |
| 145,000              | 992          | 1055          | 943          | 413   | 310   | 20    |
| 435,000              | 689          | 331           | 314          | 138   | 103   | 20    |

## Трехэлементная трехдиапазонная антенна

Прототипом данной антенны является промышленный образец ТА 33 JR, выпускавшийся в конце 60-х годов. Автор самодельной конструкции этой антенны, В. Захаров (UA3FU), внес существенный вклад в ее создание (на рис. 3.21 дана электрическая схема). В элементы антенны включены резонансные контуры, представляющие собой фильтр-пробки. О принципе работы таких антенн уже было рассказано в этом разделе.

Антенна симметрична относительно продольной оси: элементы и фильтры правой и левой (по схеме) половин совершенно идентичны. Индуктивности катушек и емкости конденсаторов выбраны таким образом, чтобы обеспечить настройку контуров на резонансные частоты, которые соответствуют рабочим частотам каждого элемента. Данные контуров и резонансные частоты помещены в табл. 3.6.

Элементы антенны (вибратор, директор и рефлектор), а также несущая траверса изготовлены из тонкостенных дюралюминиевых труб

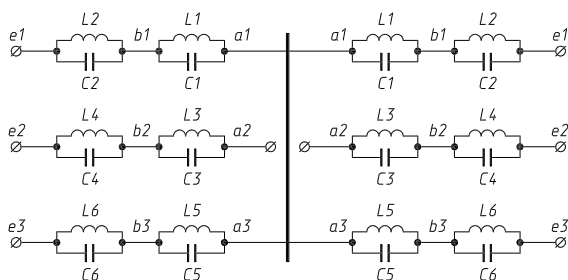


Рис. 3.21. Электрическая схема антенны

Таблица 3.6. Параметры сосредоточенных элементов антенны

| Данные катушек | Индуктивность, мкГн | Число витков | Диаметр провода, мм | Глубина погружения трубки в катушку, мм | Резонансная частота контура, МГц | Емкость конденсатора, пФ |
|----------------|---------------------|--------------|---------------------|---|----------------------------------|--------------------------|
| L1             | 1,6                 | 16           | 1,0                 | 115                                     | 29,2                             | 18,5                     |
| L2             | 2,4                 | 24           | 1,0                 | 125                                     | 21,9                             | 22                       |
| L3             | 1,6                 | 17,5         | 1,5                 | 135                                     | 28,4                             | 25                       |
| L4             | 2,42                | 26           | 1,5                 | 135                                     | 21,2                             | 23                       |
| L5             | 1,33                | 14           | 1,5                 | 190                                     | 27,6                             | 26                       |
| L6             | 2,38                | 24           | 1,5                 | 150                                     | 20,4                             | 26                       |

марки Д16-Т: траверса – из трубы диаметром 38 мм с толщиной стенки 1,5 мм, а элементы – из труб диаметром 24 и 20 мм с толщиной стенки 0,5 мм. Особое внимание необходимо обратить на изготовление узла фильтров (узел В), так как от применяемых материалов и аккуратности сборки во многом зависит качество работы антенны. Размеры деталей антенны показаны на рис. 3.22, а конструкция катушек фильтров – на рис. 3.23. Каркасы катушек выполняются из фторопласта.

Для удобства работы с элементами антенны применены телескопические зажимные цанги, которые после сборки и регулировки зажимают накидной гайкой, жестко фиксируя выбранное положение. Цанговые зажимы также используются для крепления и создания электрического контакта катушек фильтров с трубками элемента. Трубки элементов необходимо укреплять на штанге, подложив снизу вкладыши с полукруглыми вырезами во избежание прогиба трубок в месте зажима. Для крепления узлов антенны целесообразно применять крепежные болты диаметром не менее 6 мм.

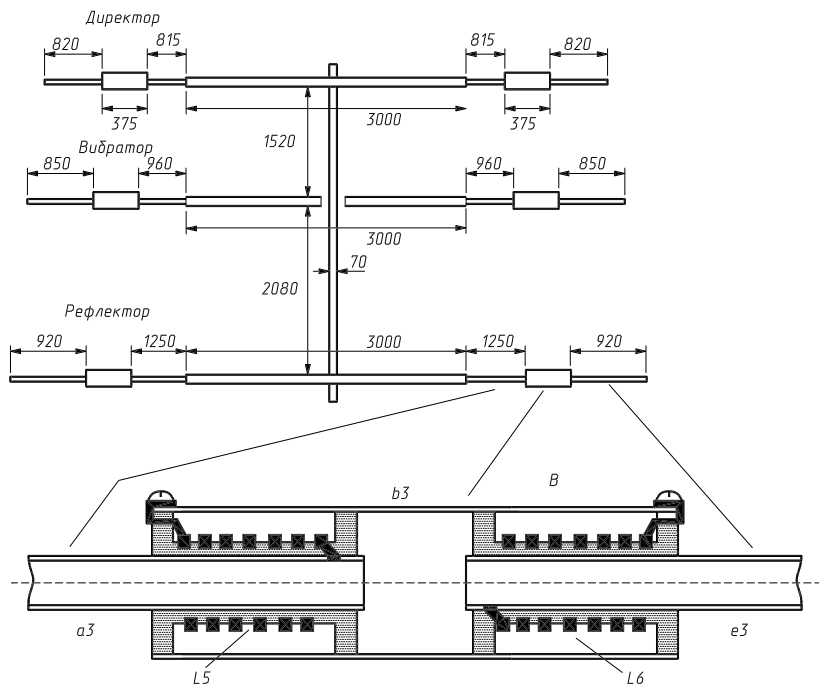


Рис. 3.22. Размеры деталей антенны

При сборке узла фильтров следует помнить о том, что на зажимах контуров при работе на передачу развиваются высокие напряжения, поэтому нужно обратить внимание на наличие достаточных зазоров

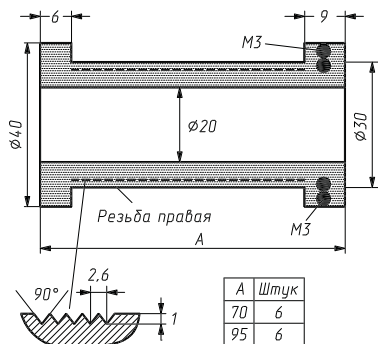


Рис. 3.23. Чертеж каркасов для катушек антенны

между выводами катушек и трубками: при расстояниях менее 2,5 мм возможен электрический пробой и выход антенны из строя. Следует также учитывать, что при использовании трубок В (внутри которых помещаются фильтры) с внутренним диаметром 40 мм антенна допускает подводимую к ней мощность не более 350 Вт. При большей мощности высокочастотное напряжение на фильтр-пробке будет достигать таких значений, при которых

произойдет пробой между внутренними и наружными трубками, и антенна может выйти из строя. Для подведения к антенне большей мощности необходимо увеличить диаметр трубок, в которых размещаются фильтры, и диаметр провода фильтров. При таком изменении все данные фильтров следует рассчитать еще раз, сохранив резонансные частоты, указанные в табл. 3.6.

После окончательной регулировки антенны витки катушек и особенно места выводов желательно закрепить полистироловым лаком. Трубки активного элемента укрепляют на изоляторах, которые в свою очередь устанавливают на прямоугольной балке. Чтобы избежать попадания воды внутрь фильтров, на концы элементов антенны, а также на узел фильтров с обоих концов надевают предохранительные колпачки из фторопласта.

Перед регулировкой антенны в собранном виде необходимо предварительно настроить фильтры на частоты, указанные в табл. 3.6.

На собранный контур подают сигнал от ГСС через резистор R (рис. 3.24). Напряжение на контуре измеряют ламповым высокочастотным вольтметром, подключив его через конденсатор малой емкости. На резонансную частоту в большой степени влияет длина наружного конца трубки, вставленной внутрь катушки. Для предотвращения ошибки следует приготовить несколько трубок с таким расчетом, чтобы при измерениях наружный конец был не длиннее 1–1,5 см.

Настраивать контуры следует изменением емкости, образующейся между цилиндром А (рис. 3.24) и трубкой, расположенной внутри контура L, вдвигая или выдвигая внутреннюю трубку. При установке контуров на антенну необходимо вдвигать трубку элемента на такое же расстояние, какое было получено при предварительной настройке. При наладке собранной антенны вначале добиваются нужной диаграммы направленности на самом высокочастотном диапазоне, а затем настраивают антенну в 15- и 20-метровом диапазоне. Если антенна выполнена точно по описанию, то диаграммы направленности на всех

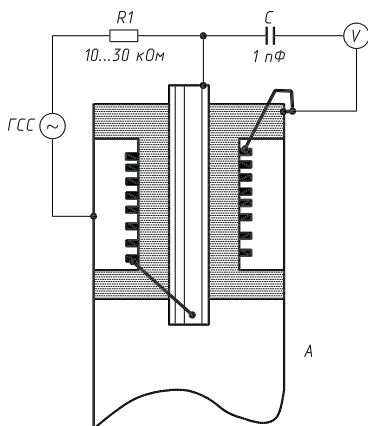


Рис. 3.24. Схема измерения частоты настройки фильтра

диапазонах должны получиться почти без дополнительной регулировки<sup>1</sup>.

Элементы описываемой антенны подобраны таким образом, что на всех диапазонах входное сопротивление антенны составляет примерно 75 Ом.

Антенна подключается к фидеру через симметрирующее устройство. Схема и конструкция такого устройства приведены на рис. 3.25.

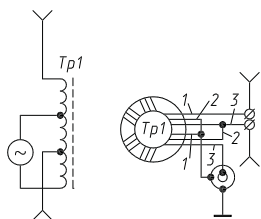


Рис. 3.25. Схема и конструкция симметрирующего устройства

Сердечником автотрансформатора служит ферритовое кольцо марки 30 ВЧ с внешним диаметром 56 мм, внутренним – 34 мм и высотой 10 мм. При отсутствии такого кольца можно собрать сердечник из нескольких колец, накладываемых одно на другое, чтобы суммарная площадь сечения сердечника была не меньше указанной. Такое сечение обеспечивает работу с мощностью для радиостанции 1-й категории.

Намотка автотрансформатора ведется тремя параллельными проводами ПЭВ диаметром 1,2–1,4 мм. Обмотка содержит 10 витков с отводами через равные промежутки. Во избежание повреждения изоляции провода перед его намоткой ферритовое кольцо обматывается несколькими слоями лакоткани или фторопластовой ленты. Трансформатор помещают в герметическую коробку из изоляционного материала.

## Статичная многоэлементная антенна

Такую антенну можно установить при условии удобного расположения зданий.

На рис. 3.26 изображена семиэлементная проволочная антенна «волновой канал». В качестве активного элемента может быть выбран петлевой вибратор. Размеры антенны на 40-метровый диапазон: А – 21,91 м; Б – 19,91 м; В, Г, Д – по 18,38 м; Е, Ж – по 17,91 м. Расстояние между элементами АБ = 8,51 м, а между остальными – по 5,1 м. Симметрирующий элемент С изображен на рис. 3.40в. Активный вибратор может быть и другой конструкции. Противовес (заземление) опускается вниз вдоль стены здания. В земле укладывается

<sup>1</sup> Подробное описание конструкции антенны опубликовано в журнале «Радио» за 1970 год, № 4, с. 17–20 и с. 2 вкладки.

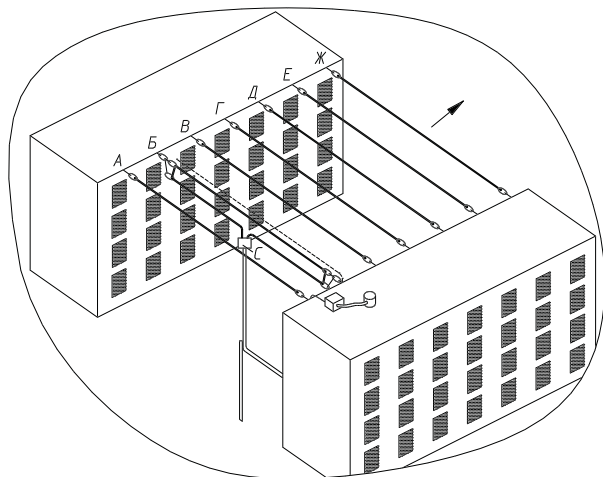


Рис. 3.26. Семизлементная антенна «волновой канал»

металлическая труба (или лист металла), к которой и подсоединяется противовес-заземление. Такая антенна имеет коэффициент усиления 11–12 дБ, что значительно увеличивает возможности связей с DX корреспондентами.

### Трехэлементная многодиапазонная антенна

Эта антенна была предложена литовским радиолюбителем (бывший UR2NK). Она работает на 20-, 15- и 10-метровом диапазонах (рис. 3.27). Антенна чуть меньше полноразмерной. 1, 2, 3 – элементы 15- и 20-метрового диапазонов; 4, 5, 6 – элементы 10-метрового диапазона; 7 – траверса антенны; 8 – вертикальные стойки. А – гамма-согласующие ( $\gamma$ -согласующие) элементы; Б, В – оттяжки. 9 – орешковые изоляторы; 10 – двухпроводные линии; 11 – конденсаторы  $\gamma$ -элементов; 12 – изоляторы; L – контур. Антенна на каждом диапазоне имеет по три элемента. Элементы 1, 2 и 3 (рис. 3.27а) представляют собой директор, вибратор и рефлектор 20- и 15-метрового диапазонов. Директор 10-метрового диапазона 4, активный вибратор 5 и рефлектор 6 размещены на траверсе отдельно. Каждая из антенн питается по собственному кабелю с волновым сопротивлением 50–75 Ом.

У основания мачты устанавливается релейный переключатель, позволяющий подключать одну из антенн к общему фидеру, идущему к радиостанции. Конструкция активных элементов 20- и 15-метрового

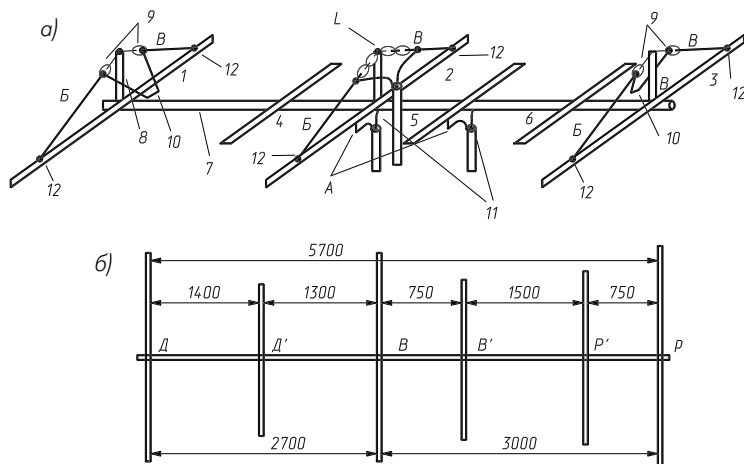


Рис. 3.27. Трехдиапазонная многоэлементная антенна

диапазонов изображена на рис. 3.28а. На траверсе в центре элементов 1, 2 и 3 (рис. 3.27а) устанавливаются вертикальные стойки 8 высотой 950 мм. Они предназначены для крепления оттяжек Б и В, которые выполнены из биметалла или медного провода диаметром 4–5 мм. Эти оттяжки являются частью элементов 20-метрового диапазона. К стойкам директора и рефлектора оттяжки крепятся через орешковые изоляторы 9. Оттяжки Б и В на директоре и рефлекторе около изоляторов образуют двухпроводную линию длиной 300 мм с расстоянием между проводами 50 мм. В конце линии располагается переключатель 10, с помощью которой настраиваются директор и рефлектор 20-метрового диапазона. На активном элементе в верхней части стойки укрепляется площадка из изоляционного материала, на которой устанавливается катушка L, имеющая 7 витков диаметром 35 мм, намотанная проводом ПЭВ-2 диаметром 3 мм. Средний виток этой катушки заземлен. Центральная жила коаксиального кабеля данного диапазона подключается к концу катушки, а экран – к стойке. Таким образом, активный элемент 20-метрового диапазона состоит из двух оттяжек, к концам которых подсоединены два отрезка длиной по 950 мм из трубки диаметром 8 мм и удлиняющей катушки L. Активный элемент 15-метрового диапазона сделан из дюралюминиевой трубки диаметром 20 мм. На концах вибратора укреплены изоляторы 12, изготовленные из текстолита. Их размер указан на рис. 3.28а. Антенна

этого диапазона подключена к фидеру через  $\gamma$ -согласующий элемент, размеры которого показаны на рис. 3.28. Конденсатор переменной емкости, с помощью которого осуществляется согласование фидера с антенной, должен быть помещен во влагонепроницаемую коробку. Размеры директора и рефлектора 15-метрового диапазона указаны в таблице (рис. 3.28г), размеры элементов 10-метрового диапазона – на рис. 3.28в.

Антенна этого диапазона подключается к фидеру также через  $\gamma$ -согласующий элемент А. Он выполнен из трубки диаметром 12 мм.

Траверса антенны изготовлена из дюралюминиевой трубы диаметром 50–70 мм. Установочные размеры элементов на траверсе показаны на рис. 3.27б. Элементы 10-метрового диапазона обозначены Д' – директор, В' – активный вибратор, Р' – рефлектор.

По данным автора, коэффициент усиления антенны на 20 м составляет 7 дБ, на 15 м – 7,5 дБ, на 10 м – 9 дБ. Отношение вперед-назад (от англ. front to back – F/B) на 20 м – 17 дБ, на 15 м – 19 дБ, на 10 м – 23 дБ. КСВ на всех диапазонах не хуже 1,2. Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости 50–70°.

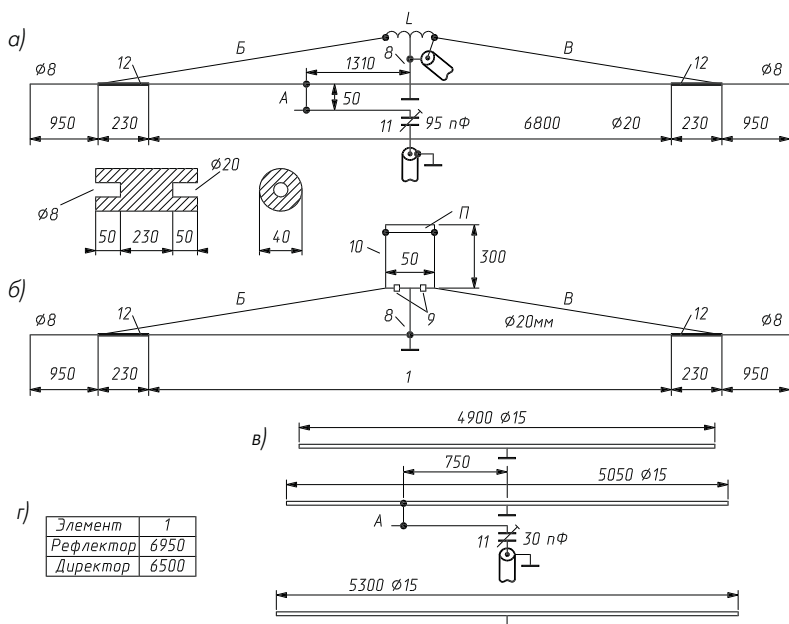


Рис. 3.28. Антенна 10-метрового диапазона



## Малогабаритные коротковолновые антенны

Как правило, радиолюбители, имеющие приемо-передающие радиостанции, хотят иметь вращающуюся антенну направленного излучения, дающую значительный выигрыш в «дальнобойности» по сравнению с простыми антеннами, но многих останавливает сложность конструкций и их размеры.

В зависимости от своих желаний и возможностей многие берутся за постройку трех-, четырех- и даже пятиэлементных вращающихся антенн для 10-, 15- и 20-метрового диапазонов.

Выбирая ту или иную конструкцию многоэлементной антенны, в первую очередь обращают внимание на ее коэффициент усиления и отношение излучения вперед-назад (F/B). Эти параметры имеют большое значение, однако увеличение числа элементов в два раза дает прирост усиления только на 3 дБ. На какое же количество нужно ориентироваться?

Двухэлементная антенна, состоящая из вибратора и пассивного рефлектора, при оптимальном расстоянии между элементами  $0,15 \lambda$  имеет коэффициент усиления 5,5 дБ при отношении F/B 17–20 дБ. Увеличивая количество элементов вдвое, добиваются усиления 9 дБ. Чем больше элементов, тем больше парусность антенны и ее габариты. В основном останавливаются на конструкциях антенн 20-метрового диапазона, но их габариты внушительны.

На постройку антенны направленного излучения на 40-метровый диапазон решаются немногие, так как линейная длина вибратора достигает 20 м, и в этом случае на помощь приходят малогабаритные конструкции антенн, которые имеют чуть меньшие параметры усиления и отношение F/B, но значительно превосходят простые статические антенны.

Двухэлементная малогабаритная антенна на 40-метровый диапазон, описание которой будет приведено ниже, имеет коэффициент усиления около 5 дБ при отношении F/B 15–17 дБ. Это означает, что мощность передатчика увеличивается почти в 4 раза, а сигнал помехи, приходящий со стороны рефлектора, ослабляется почти в 6 раз. Автор данного раздела еще в 60-е годы эту антенну рассчитал и построил; некоторое время она эксплуатировалась на радиостанции UA3FG, а позднее была повторена радиолюбителями.

На рис. 3.29а приведен план малогабаритной двухэлементной антенны для 40-метрового диапазона; все основные размеры конструкции показаны на чертеже.

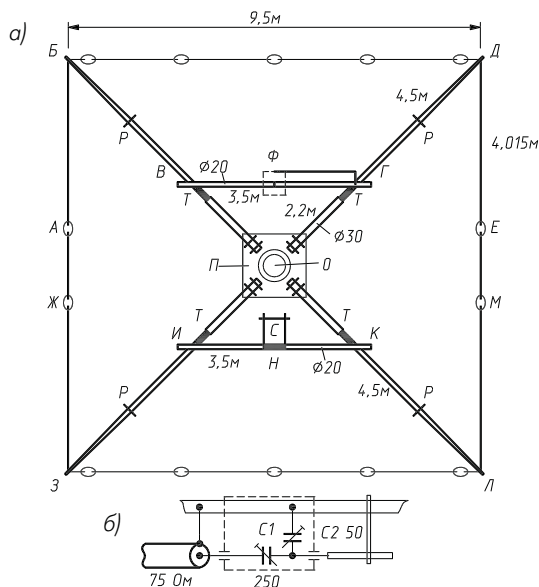


Рис. 3.29. Двухэлементная малогабаритная антенна

Длина вибратора антенны (А, Б, В, Г, Д, Е) равна 20,52 м, а рефлектора (Ж, З, И, К, Л, М) – 21,65 м. Они располагаются по М-образной образующей.

Крестообразное основание антенны является и основанием конструкции, и ее излучающими частями, а отрезки АБ, ДЕ и ЖЗ, ЛМ – дополняющими. Четыре штанги общей длиной 6,7 м (4,5 + 2,2), состоящие из дюралюминиевых труб Д16-Т, прикрепляются скобами с резьбой к центральной площадке П размером 400×400×20 мм, изготовленной из дюралюминия Д16-Т. Каждая штанга образована двумя трубами разного диаметра, которые механически соединены в точках Т и изолированы одна от другой соединительным текстолитовым изолятором (рис. 3.30), вставленным внутрь труб. Для прочности внутрь изолятора помещен стальной стержень диаметром 8 мм. Отрезки труб ВГ и ИК накладываются на штанги и прикрепляются к ним, обеспечивая хороший электрический контакт. Линия  $\Omega$  согласующего элемента имеет

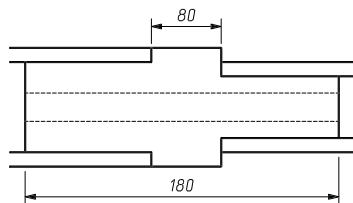


Рис. 3.30. Соединительный изолятор

длину 1,5 м и выполняется из дюралюминиевой трубки диаметром 10 мм на расстоянии 220 мм от основной трубы ВГ. Согласующий элемент изображен на рис. 3.29б.

Концы штанг Б, З и Д, Л соединены через фарфоровые изоляторы медной или биметаллической проволокой диаметром 3 мм. Для прочности конструкции концы штанг Б, Д и З, Л скреплены растяжками из такой же проволоки, разделенной фарфоровыми изоляторами.

В центре площадки устанавливается втулка, внутри которой проходит вертикальная стальная труба диаметром два дюйма, выступающая над площадкой на 1 м. К верхнему концу этой трубы прикрепляются четыре капроновые оттяжки, которыми в точках Р подвешиваются штанги. Капроновые оттяжки можно заменить металлическим (медным или биметаллическим) проводом диаметром 3 мм, разделив его фарфоровыми изоляторами через каждые 2 м.

Входное сопротивление этой антенны составляет 25 Ом, поэтому для согласования с 75-омным коаксиальным кабелем применяется  $\Omega$ -согласующий элемент. Элементами настройки этого устройства являются конденсаторы переменной емкости С1 и С2, которые размещаются во влагозащищенной коробке, укрепленной в центре Ф. Коробка снабжена высокочастотным разъемом для подключения коаксиального кабеля фидера и проходным изолятором, через который проходит провод, соединяющийся с линией согласования. Конденсаторы С1 и С2 позволяют быстро и точно согласовать входное сопротивление антенны с волновым сопротивлением коаксиального кабеля. Оси конденсаторов изолированы от корпуса коробки и выведены наружу. На них надеты шкивы, к которым прикрепляются капроновые шнуры, осуществляющие настройку элемента согласования с Земли. Конденсатор С1 может состоять из двух: конденсатора постоянной емкости величиной 200 пФ с малым температурным коэффициентом на рабочее напряжение 250 В и параллельно включенного с ним конденсатора переменной емкости на 100 пФ. При настройке

этого согласующего элемента на резонансной частоте 7050 кГц добиваются минимального значения КСВ.

В середине рефлектора устанавливается изолятор Н, от которого отходит двухпроводная линия длиной 1 м. Провода линии располагаются параллельно на расстоянии 100 мм. С помощью перемычки С осуществляется

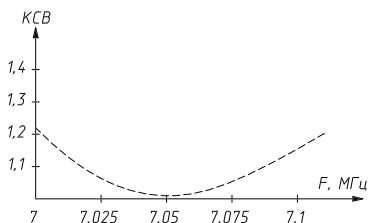


Рис. 3.31. Характеристика КСВ

настройка рефлектора по минимуму излучения назад. Его двухпроводная линия через изоляторы может быть оттянута к мачте; она имеет жесткую конструкцию, удобную для настройки.

Способ настройки рефлектора изложен в разделе 3.6 на примере настройки «двойного квадрата»

### Двухэлементная трехдиапазонная антенна

Австралийским радиолюбителем (VK2ABQ) разработана малогабаритная двухэлементная трехдиапазонная антенна. На рис. 3.32 она представлена для диапазонов 14, 21 и 28 МГц. Уменьшение габаритов достигнуто за счет того, что элементы антенны согнуты, и длина каждой стороны образовавшегося квадрата чуть превышает 5 м. В отличие от известных малогабаритных антенн она не содержит дополнительных катушек индуктивности.

Для каждого диапазона антенна содержит полуволновый вибратор (а, б, в) и рефлектор (г, д, е), разъединенные пластиковыми или фарфоровыми изоляторами. В середине вибраторов и рефлекторов устанавливаются также изоляторы. Все вибраторы соединяются параллельно с помощью отрезков двух коаксиальных кабелей с волновым сопротивлением 50 Ом. Рефлекторы имеют шлейфы, представляющие собой двухпроводные линии, длина которых для диапазона 14 МГц равна 0,75 м, для 21 МГц – 0,3 м, а для 28 МГц – 0,4 м. Длина вибраторов: 14 МГц – 10,176 м, 21 МГц – 6,8 м, 28 МГц – 5,07 м. Длина рефлекторов с учетом шлейфов: 14 МГц – 11,66 м, 21 МГц – 7,37 м, 28 МГц – 5,8 м. Резонансные частоты по диапазонам – 14,15, 21,15, 28,4 МГц. Вибраторы подключаются к фидеру через симметрирующий трансформатор с коэффициентом трансформации 1:1.

Крестообразная рама изготовлена из деревянных реек длиной 3,7 м или из дюралюминиевых труб. Каждая штанга разделена на двухметровые отрезки, соединенные между собой

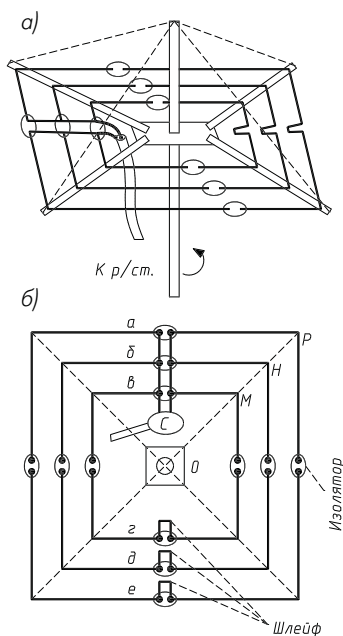


Рис. 3.32. Двухэлементная трехдиапазонная антенна

текстолитовыми изоляторами, внутрь которых вставляются для прочности 8-миллиметровые стержни. Расстояния креплений провода антенн на крестовине (рис. 3.32б): ОМ – 1,82 м, ОН – 2,43 м, ОР – 3,63 м.

Антенна на каждом диапазоне имеет коэффициент усиления 6 дБ, отношение F/B 20–24 дБ при КСВ не хуже 1,3. Если конструкция крестовины металлическая, на нее устанавливаются фарфоровые изоляторы, к которым прикрепляются проводники антенны. В качестве проводников желательно использовать биметалл диаметром 2–3 мм. Во избежание провисания рейки крестовины следует подвесить с помощью капроновых оттяжек (рис. 3.32а). Настройка антенны сводится к изменению длины шлейфа по минимальному излучению назад.

### **Антенна «волновой канал» с двумя активными элементами**

Проектирование и постройка антенн с активным питанием вибратора и рефлектора, которые известны как ZL BEAM (ее разновидности – HB9CV и логопериодическая антенна), неоднократно описывались на страницах зарубежных журналов для радиолюбителей. Повышенный интерес к ним вполне обоснован, так как при сравнительно небольших размерах этих антенн удается получить хорошие значения основных характеристик: коэффициента усиления, помехозащищенности и КСВ в широком интервале рабочих частот. Автор этой конструкции, известный московский коротковолновик К. Сепп (UA3CT), проделал большую исследовательскую работу по совершенствованию ранее созданных антенн HB9CV и антенны А. Снесарева (UW3BJ), описание которой было опубликовано в 1968 году. Изобретатель добился компенсации вносимых реактивных сопротивлений и изменил способ фазирования питания и согласования. Этот вариант обеспечивает возможность заземления оплеток коаксиальных кабелей (питания и фазирования) по всей длине, то есть в любой точке. Данная система состоит из двух расположенных на одной траверсе четырехэлементных антенн «волновой канал» для диапазонов 20 и 15 м с активным питанием двух элементов для каждого диапазона (рис. 3.33).

Антенна каждого диапазона содержит рефлектор Р, активный рефлектор Ра, вибратор В и директор Д. Активный рефлектор и вибратор питаются со сдвигом фаз. Фазирование выполнено двумя отрезками коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом длиной  $\lambda/8$  и  $\lambda/2$ , которые высокочастотным тройником соединены с коаксиальным

фидером произвольной длины, имеющим волновое сопротивление 75 Ом и идущим к передатчику (рис. 3.34).

Другие концы фазирующих кабелей подключены через высокочастотные трансформаты к антенне. Линия длиной  $\lambda/8$  подключается к вибратору, а линия длиной  $\lambda/2$  – к активному рефлектору.

Высокочастотные трансформаторы обеспечивают симметрирование несимметричных кабелей с антеннами, а согласование входных сопротивлений антенн с фидерами производится Т-образными согласующими линиями, к концам которых и подключены трансформаторы. Расстояние между активными элементами антенн –  $\lambda/8$ ; между пассивным и активным рефлекторами –  $0,085\lambda$ ; между вибраторами и директорами –  $\lambda/8$ . При исследовании этой системы был построен макет для 10-метрового диапазона и получен коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя 15 дБ при ширине главного лепестка в плоскости Е  $25^\circ$  по уровню 3 дБ, а отношение излучения вперед-назад – около 40 дБ, вперед-вбок – более 60 дБ.

Конструкция антенны ничем не отличается от обычных антенн «волновой канал». Размеры элементов даны в табл. 3.7.

Траверса имеет длину 8 м и состоит из пяти дюралюминиевых (Д16-Т) труб трех разных диаметров. Необходимая жесткость конструкции получается даже без использования оттяжек в вертикальной плоскости.

Самая толстая труба диаметром 80 мм и длиной 3,2 м является основной. В ее концы через переходные дюралюминиевые (Д16-Т) втулки вставлены трубы диаметром 65 мм и длиной 1,2 м. В свободные

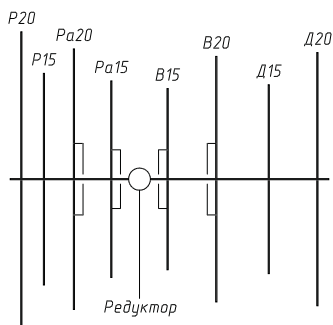


Рис. 3.33. Антенна «волновой канал» на 20 и 15 м с двумя активными элементами

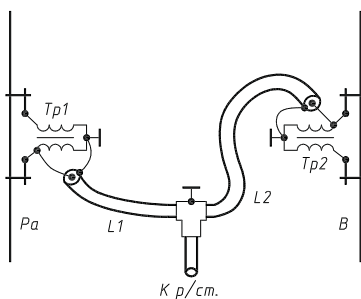


Рис. 3.34. Схема включения фазирующих элементов

концы этих труб также через переходные втулки помещены трубы диаметром 60 мм и длиной 1,3 м, которые прикреплены к втулкам четырьмя стальными винтами М5 в каждом соединении. Все вибраторы выполнены тоже из дюралюминиевых (Д16-Т) труб трех разных сечений, соединенных между собой цанговым зажимом с хомутом, изготовленным из нержавеющей стали толщиной 0,5 мм. Самая толстая труба (диаметром 30 мм) с толщиной стенки 1,2–1,5 мм каждого элемента имеет длину 2,3 м. В нее с двух концов вставлены две трубы диаметром 26 мм, а их свободные концы – трубы диаметром 22 мм. Толщина стенок этих труб – 1 и 0,5–0,8 мм соответственно. Самые тонкие концевые трубы должны иметь запас по длине 200–300 мм для того, чтобы была возможность настраивать элементы. Середины всех вибраторов прикреплены к траверсе с помощью переходных пластин размером 200×200×3 мм, изготовленных из титана или дюралюминия Д16-Т толщиной 4–5 мм. Вибратор располагают по диагонали пластины и крепят к ней двумя скобами с резьбой М6. Другой стороной (по второй диагонали) пластину двумя скобами с резьбой М8 прикрепляют к траверсе. Сама траверса в центре тяжести антенны крепится двумя скобами с резьбой М10 к площадке редуктора поворотного устройства. Для большей прочности конструкции вибраторы 20-метрового диапазона подвешиваются капроновыми оттяжками. Поэтому в центре пластин на траверсе устанавливают вертикальные кронштейны высотой 400 мм, к которым крепятся капроновые оттяжки. Их вторые концы крепятся к вибраторам в точках  $3/4$  длины от траверсы. В центрах активных вибраторов устанавливаются вертикальные стеклотекстолитовые пластины размером 160×120×10 мм, к которым крепятся трубки согласующих линий. Здесь же устанавливаются дюралюминиевые коробки, где располагаются симметрирующие трансформаторы. Фазирующие кабели длиной  $\lambda/2$  свертываются в небольшие бухты, которые размещаются на траверсе вблизи плат активных рефлекторов. Кабели длиной  $\lambda/8$  подвязаны непосредственно к траверсе. Высокочастотные тройники крепятся к площадке траверсы.

Каждую антенну питают отдельным коаксиальным кабелем РК-75-13-11 или аналогичным ему, но обязательно с волновым сопротивлением 75 Ом. В зависимости от диапазона кабели фидера коммутируют с помощью реле РЭВ-15 (паспорт РФ4.562.006), находящихся в непосредственной близости от радиостанции. Устройство каждого активного элемента состоит из Т-образной согласующей линии. Линия

изготовлена из двух дюралюминиевых (Д16-Т) трубок диаметром 16 мм и длиной 1,5 м, расположенных параллельно активному элементу. Два ближних к середине конца трубок линии прикреплены стальными винтами М4 длиной не менее 40 мм к вертикальной стеклотекстолитовой панели на расстоянии 90 мм друг от друга. Расстояние между осями трубок активного вибратора и согласующей линии выбрано равным 120 мм для обоих диапазонов, что соответствует волновому сопротивлению линии около 300 Ом. Вторые концы трубок линии зажаты платами-перемычками, изготовленными из дюралюминия, и соединяют вибратор с линией.

Окончательные размеры согласующих линий относительно середины активных элементов после настройки антенны приведены в табл. 3.7.

Высокочастотные трансформаторы с коэффициентом трансформации 4 выполнены на кольцевых магнитопроводах из феррита 200НН для 20-метрового диапазона и 50ВЧ2 для 15-метрового. Кольца должны быть такими, чтобы можно было свободно, с шагом 3 мм, разместить бифилярную обмотку, содержащую 10 витков провода ПЭВ-2 1,5 мм.

Таблица 3.7. Размеры антенны «волновой канал» с двумя активными элементами

| Параметр  | Размер, мм    |               |
|---|---------------|---------------|
|   | Диапазон 20 м | Диапазон 15 м |
| Вибратор В  | 10220         | 6840          |
| Рефлектор пассивный Р                               | 11160         | 7420          |
| Рефлектор активный Ра                               | 10220         | 6840          |
| Директор Д  | 9500          | 5780          |
| Расстояние между активными элементами               | 2650          | 1770          |
| Расстояние между активным и пассивным рефлекторами  | 1750          | 1400          |
| Расстояние между вибратором и директором            | 3060          | 2180          |
| Длина согласующей линии активного рефлектора        | 1300          | 950           |
| Длина согласующей линии активного вибратора         | 1210          | 870           |
| Длина кабеля от тройника до активного рефлектора I1 | 6960          | 4660          |
| Длина кабеля от тройника до вибратора I2            | 1740          | 1165          |



Сечение магнитопроводов –  $0,8\text{--}1,0\text{ см}^2$ . Желательно, чтобы трансформаторы на один диапазон были одинаковыми.

Каждый трансформатор помещен в коробку со съемной крышкой, изготовленную из дюралюминия толщиной  $1\text{--}1,5\text{ мм}$ . Ее размеры определяются габаритами устройства. Необходимо, чтобы был зазор  $15\text{--}20\text{ мм}$  между обмотками трансформатора и стенками коробки. На коробке размещается высокочастотный разъем для кабеля, к которому подключается фазирующая линия, а на боковых стенках устанавливаются проходные изоляторы, через которые соединяются согласующая линия и трансформатор.

Антенну настраивают в два этапа. На первом (до подъема антенны) устанавливают начальные длины всех вибраторов и согласующих линий. На втором этапе, регулируя длину вибраторов и согласующих линий, добиваются наилучших диаграмм направленности и КСВ.

Настройка пассивных рефлекторов производится по минимуму излучения назад, а пассивного директора – по максимуму излучения вперед.

Наиболее трудоемкой работой во время настройки антенны является снятие диаграммы направленности. Ее определяют только в ближней зоне, чтобы исключить влияние отражения сигнала от ионосферы и изменения направления поляризации. Автор использовал любительские радиостанции, расположенные в радиусе от  $2\text{ до }10\text{ км}$  от своей и оснащенные антенными устройствами с горизонтальной поляризацией. Сигналы измерялись через каждые  $15^\circ$  поворота исследуемой антенны. Получившаяся зависимость КСВ от частоты изображена на рис. 3.35<sup>1</sup>.

Получившаяся зависимость КСВ от частоты изображена на рис. 3.35<sup>1</sup>.

### Антенны высокочастотных диапазонов

К ним относятся коротковолновые антенны для 20-, 15-, 11- и 10-метрового диапазонов, а также любительские УКВ антенны. Они имеют такие размеры, которые позволяют создавать вращающиеся антенны

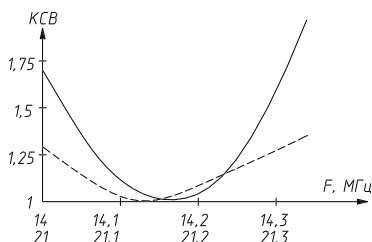


Рис. 3.35. Зависимость КСВ антенны от частоты

<sup>1</sup> Подробное описание антенны опубликовано в журнале «Радио» за 1988 год, № 7, с. 17–19.

направленного излучения. Антенны вообще, а для высокочастотных диапазонов особенно, должны быть резонансными. Широкодиапазонные антенны UW4HW («морковки»), диполи Надененко и др., к сожалению, неэффективны: они трудно согласуемы с фидером и имеют низкий КПД. Лучшим вариантом служат антенны направленного излучения – вращающиеся или статичные с переключением диаграммы направленности.

Для получения направленного излучения в технике коротких и ультракоротких радиоволн используют системы пассивных элементов, определенным образом расположенных один относительно другого. Токи в них находятся либо в фазе, либо в противофазе. Если провода, несущие противофазные токи, разнести на расстояние, соизмеримое с длиной волны, система станет излучающей. Однонаправленное излучение получается, когда в излучателях, расположенных на расстоянии в  $1/4$  длины волны друг от друга, токи сдвинуты по фазе один относительно другого на  $1/4$  периода. Пассивный вибратор может играть роль зеркала (рефлектора) либо, наоборот, направлять излучение на себя. В этом случае пассивный элемент называют «директором». Волна, излученная антенной и падающая на рефлектор, наводит в нем значительные токи. Если наведенный ток опережает по фазе на  $90^\circ$  ток в активном вибраторе, рефлектор будет выполнять свои функции, не требуя самостоятельного питания. Нужный сдвиг фаз устанавливается соответствующей настройкой рефлектора, заключающейся в подборе его длины. При этом рефлектор может представлять для наведенных токов активное, емкостное или индуктивное сопротивление, в результате чего токи в нем окажутся на тот или иной угол сдвинуты по фазе по отношению к возбуждающей волне. Однако вследствие того, что ток, наведенный в рефлекторе, всегда меньше тока в вибраторе, полной компенсации излучения назад достигнуть не удастся. Поэтому диаграмма направленности антенны с таким рефлектором всегда будет несколько хуже диаграммы антенны с питаемым рефлектором.

### **Трехдиапазонная антенна «двойной квадрат»**

Одной из «дальнобойных» рамочных направленных антенн является антенна «двойной квадрат». Она представляет собой двухэтажную синфазную антенну. Одна рамка этой антенны является активным вибратором, на который подается питание, а вторая – пассивным рефлектором. Автор этого раздела создал такую антенну; в течение нескольких десятилетий она использовалась на радиостанциях UA3FG

и UK3R. Антенна «двойной квадрат» имеет коэффициент усиления 9 дБ и отношение F/B 26 дБ. В отличие от многих подобных конструкций она целиком выполнена из металла на двух крестообразных основаниях (рис. 3.36).

Вертикальная часть креста цельнометаллическая (из дюралюминиевых труб диаметром 25 мм), а горизонтальная состоит из отдельных частей, выполненных из таких же труб, соединенных между собой текстолитовыми изоляторами 4, внутрь которых вставлены стальные стержни 16 диаметром 10 мм, увеличивающие прочность этих изоляторов. Концы горизонтальных труб в середине креста крепятся к фланцам 6 через изоляционные вставки 5, изготовленные из текстолита. Фланцы 6 сделаны из твердого дюралюминия толщиной 10–12 мм и имеют размеры 300×300 мм, а в центре устанавливаются цилиндрические бужи, которыми фланец крепится к траверсе. Разделение на части горизонтальных элементов конструкции необходимо для того, чтобы в поле горизонтальной поляризации не было элементов конструкции, электрические длины которых близки к  $\lambda/2$  и  $\lambda/4$  выбранных диапазонов: присутствие таких элементов в поле излучателей ухудшает диаграмму направленности, коэффициент усиления и отношение излучения вперед-назад. На рис. 3.36 приведены конструктивные данные этой антенны, а размеры рамок и установочные данные размещения изоляторов указаны в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Размеры трехдиапазонной антенны «двойной квадрат»

| Диапазон, м                   | 20        | 15        | 10                   |
|-------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| <b>Вибратор</b>               |           |           |                      |
| Сторона квадрата, мм          | 5290      | 3570      | 2570                 |
| Общая длина рамки, мм         | 21160     | 14280     | 10280                |
| Установочный размер, мм       | ОЕ = 3740 | ОД = 2520 | ОГ = 1820            |
| <b>Рефлектор</b>              |           |           |                      |
| Сторона квадрата, мм          | 5400      | 3670      | 2660                 |
| Общая длина рамки, мм         | 21600     | 14680     | 10640                |
| Длина двухпроводной линии, мм | 1220      | 800       | 600                  |
| Установочный размер, мм       | ОЖ = 3820 | ОЕ = 2590 | ОД = 1880, ОГ = 1100 |

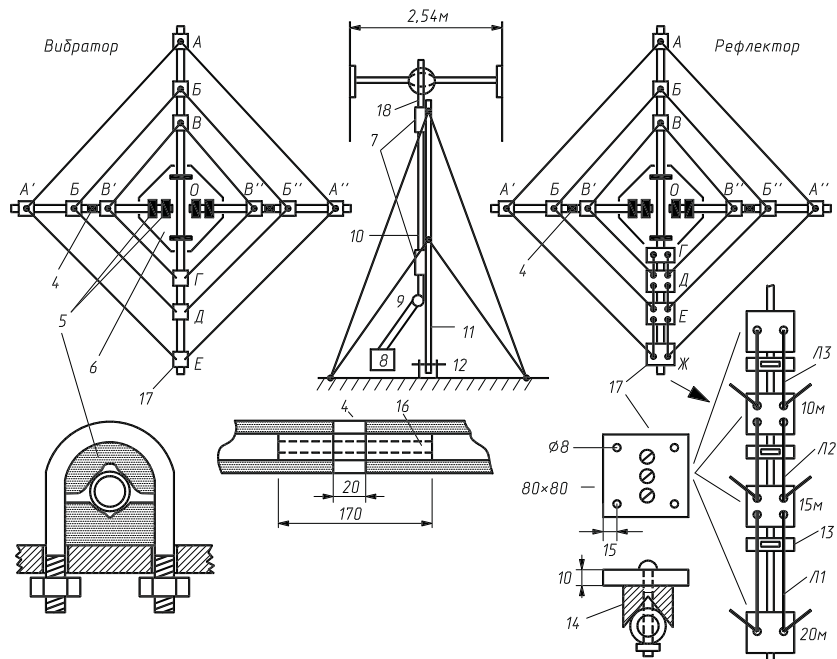


Рис. 3.36. Трехдиапазонная антенна «двойной квадрат»

Приведенные в таблице размеры идентичны для всех сторон, так как  $A-A'' = A''-E$ ,  $O-B = O-B'$  и т.д. Диаметр трубы траверсы составляет 70 мм. Расстояние между рамками – 2,54 м, то есть на 20-метровом диапазоне –  $0,12 \lambda$ , на 15-метровом –  $0,18 \lambda$ , на 10-метровом –  $0,24 \lambda$ . Рамки антенн выполнены из биметаллического провода диаметром 3 мм. Опорные изоляторы фарфоровые (используются в электросиловых щитах). Изоляционные площадки 17 самодельные, изготовлены из оргстекла толщиной 10 мм. На этих площадках болтами с гайками М8 крепятся концы рамок. Сами площадки крепятся к трубе крестовины с помощью М-образных подставок 14 тремя болтами М6 каждая. Подставки, изготовленные из дюралюминия, обеспечивают устойчивость площадок при ветровых нагрузках. Данная конструкция работала в течение 22 лет без профилактики и ремонтов. Антенна располагалась на мачте 11 высотой 5 м на крыше многоэтажного дома. К мачте прикреплены латунные подшипники скольжения 7. К вращающейся части мачты 18 крепится траверса антенны. Редуктор 8 находится у основания мачты и передает ей вращение через карданный

шарнир 9. Около редуктора установлены сельсин-датчик и концевой выключатель, ограничивающий вращение только одним оборотом. Скорость вала редуктора при вращении двигателя составляет 2 об/мин. К каждой вибраторной рамке подходит свой 75-омный коаксиальный фидер. Для настройки рефлектора служат двухпроводные линии  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  из медного провода диаметром 2 мм. Две медные пластины 13 переключают двухпроводную линию. Они имеют направляющие канавки, соединены между собой подпружиненными болтами и позволяют перемещать пластину вдоль линии. Прорезь на пластинах для ключа, расположенного на конце настроечной штанги, позволяет быстро настроить рефлектор по лучшему отношению излучения вперед-назад. (Процесс настройки изложен в разделе «Настройка антенн и измерения».) Мачта имеет два яруса оттяжек с 4 сторон, что облегчает подъем и спуск антенны. У основания мачты находится шарнирное устройство.

## УКВ АНТЕННЫ НАПРАВЛЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ 144 И 430 МГц

На УКВ диапазонах мощность передатчиков невелика, и, чтобы связь была надежной, необходимо излучаемую мощность направить на нужного корреспондента. Эту задачу позволяют решить направленные антенны с высоким коэффициентом усиления. Рассмотрим несколько антенн подобного типа. На рис. 3.37а изображена 6-элементная антенна «волновой канал» для диапазона 145 МГц.

Активный вибратор и рефлектор выполнены в виде двойного квадрата. Такая антенна хорошо согласуется с 75-омным фидером без симметрирующего элемента. Экран кабеля подключается к точке А, а центральная жила – к точке Б. Коэффициент усиления этой антенны составляет 12 дБ, а входное сопротивление – 75 Ом. Отношение вперед-назад – около 30 дБ. Настройка рефлектора описывается в разделе «Настройка антенн и измерения».

На рис. 3.37г и 3.37д приведены некоторые размеры 14-элементной антенны «волновой канал» на частоту 435 МГц. Размеры элементов и расстояния между ними даны в табл. 3.9.

Таблица 3.9. Размеры 14-элементной антенны

| Элемент                         | А                                     | Б   | В   | Г, Д | Е, Ж, З | И–О |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|------|---------|-----|
| Длина, мм                       | 355                                   | 322 | 314 | 298  | 290     | 279 |
| Расстояние между элементами, мм | АБ = 138, БВ = 103, ВГ = 82, далее 82 |     |     |      |         |     |

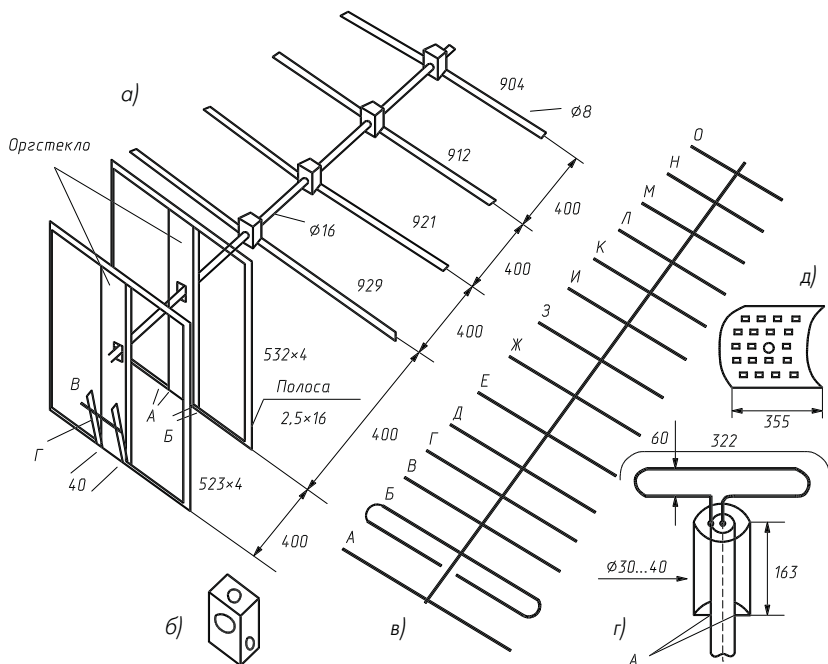


Рис. 3.37. УКВ антенны

Эта антенна отличается от предыдущей тем, что в качестве активного элемента применен петлевой полуволновый вибратор. На рис. 3.37г показано включение симметрирующего элемента. Коэффициент усиления антенны – 16 дБ. Входное сопротивление – 75 Ом. Симметрирующее устройство представляет собой четвертьволновый «стакан» диаметром 30–40 мм. Его лучше изготовить из латуни или меди, но в крайнем случае можно применить тонкостенную дюралюминиевую трубку. Особое внимание следует уделить соединению цилиндра с оплеткой кабеля в точках А. Рефлектор может быть выполнен в виде изогнутого экрана (рис. 3.37д): это даст лучшие параметры отношения излучения вперед-назад. Крепление элементов таких антенн к траверсе можно осуществить, используя дюралюминиевые кубики, показанные на рис. 3.37б.

## АНТЕННЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ для КВ и УКВ ДИАПАЗОНОВ

Для радиосвязи с корреспондентами, местоположение которых заранее не известно, удобнее всего использовать антенны вертикальной

поляризации. Диаграмма направленности большинства таких антенн в горизонтальной плоскости имеет вид окружности. Иначе говоря, эти антенны являются всенаправленными. Благодаря этому передающие антенны излучают по всем направлениям, а приемные антенны принимают сигналы со всех направлений одинаково.

### Петлевая антенна

Рассмотренная в разделе «Конструкции Си-Би антенн вертикальной поляризации» петлевая антенна может быть рекомендована также и для работы на КВ и УКВ диапазонах. Ее конструкция приведена на рис. 3.2а. Входное сопротивление петлевой антенны составляет 73 Ом, а размеры для любительских КВ и УКВ диапазонов приведены в табл. 3.10. Коэффициент укорочения равен 0,97–0,98 и мало зависит от диаметра труб. Петлевая антенна обязательно оборудуется противовесами, которые могут быть выполнены на УКВ диапазонах из трубок, а на КВ диапазонах – из медной или биметаллической проволоки диаметром 3–4 мм. Их длина берется равной длине вибратора, то есть  $1/4$ . КСВ этой антенны обычно оказывается не хуже 1,2.

Таблица 3.10. Размеры петлевых антенн

| Диапазон, МГц | Средняя частота, МГц | Длина А, мм |
|---------------|----------------------|-------------|
| 14            | 14,150               | 5140        |
| 21            | 21,200               | 3430        |
| 28            | 28,300               | 2570        |
| 144           | 145,000              | 505         |
| 432           | 435,000              | 168         |

### Коаксиальная антенна

Коаксиальная антенна изображена на рис. 3.2б. Ее входное сопротивление составляет 73 Ом. Такая антенна может быть рекомендована для диапазонов 28, 145 и 435 МГц. Антенна хорошо согласуется с несимметричным коаксиальным кабелем, поскольку согласующим устройством является ее нижняя часть, которая антенны выполняется из дюралюминиевой трубы диаметром большим, чем толщина кабеля, а ее длина определяется по графику (рис. 3.9) в зависимости от диаметра трубы. Длина верхнего вибратора также зависит от его диаметра и рассчитывается по тому же графику.

### Антенна «верхнего света»

Об этой антенне (рис. 3.2в) рассказано в разделе «Диапазоны КВ и УКВ». Она хорошо согласуется с низкоомным коаксиальным кабелем и обеспечивает приемлемые результаты как для ближней, так и для дальней связи. Рассматриваемая здесь модификация обладает входным сопротивлением 73 Ом. Благодаря этому она хорошо согласуется с 75-омным коаксиальным кабелем, включенным напрямую, но для лучшего КСВ желательно ввести симметрирующее устройство, показанное на рис. 3.40в. В табл. 3.11 приводятся размеры этой антенны для диапазонов 145 и 435 МГц.

Таблица 3.11. Размеры антенны Бонч-Бруевича

| Частота, МГц | А, мм | Б, мм | В, мм | Г, мм |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 145          | 942   | 503   | 500   | 30    |
| 435          | 324   | 167   | 170   | 20    |

Для расчета антенны «верхнего света» на другие частоты можно пользоваться формулами  $A = 141 / f$ ,  $B = 73 / f$ ,  $V = \lambda / 4$ . Частота  $f$  должна быть выражена в МГц.

### Антенна G3LNP

Данная антенна относится к типу петлевых, и ее описание редко встречается в радиолюбительской литературе. Английский изобретатель (G3LNP) преобразовал общеизвестную петлевую антенну, широко используемую на высокочастотных диапазонах, для работы на самом низкочастотном радиолюбительском диапазоне (рис. 3.38). Обычная четвертьволновая петлевая антенна с вертикальной поляризацией (рис. 3.38а), имеющая входное сопротивление 50 Ом, более чем с половины своей высоты разделяется на две петли (рис. 3.38б), которые располагаются горизонтально относительно земли (рис. 3.38в). Два горизонтальных «крыла» создают большую емкость по отношению к земле, тем самым линейная длина антенны становится меньше, чем четверть длины волны для 160-метрового диапазона. Габаритные размеры приведены на рис. 3.38г.

Антенна указанных размеров рассчитана на среднюю частоту 1,85 МГц. При высоте вертикальной части 15 м (около  $0,1 \lambda$ ), ее входное сопротивление составляет 50–60 Ом, что обеспечивает хорошее согласование



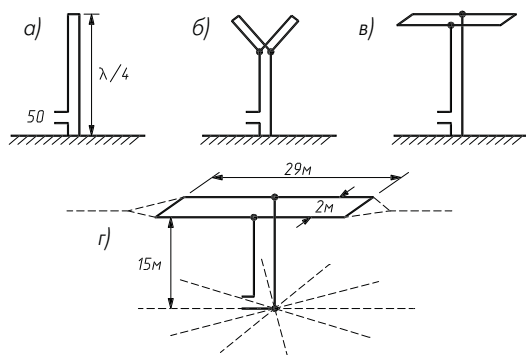


Рис. 3.38. Антенна G3LNP

антенны с 50-омным коаксиальным кабелем. Один из вертикальных проводов подключается к радиально расположенным противовесам, проложенным в земле под антенной на небольшой глубине. Длину радиальных противовесов рекомендуется выбирать не менее 15 м.

### Антенна UA1DZ

Много лет известный советский коротковолновик, многократный чемпион СССР по связи на коротких волнах, призер европейских и мировых чемпионатов Г. Румянцев (UA1DZ) работал с различными антеннами. Он стремился простыми конструктивными средствами создать многодиапазонные антенны вертикальной поляризации, не забывая и о фазированных антеннах. С помощью фазизирующих трансформаторов изменял диаграмму направленности излучения в пределах азимута. Здесь рассказывается об одной из созданных им антенн, которая стала популярной у российских радиолюбителей.

Антенна, изображенная на рис. 3.39, относится к антеннам с вертикальной поляризацией. Она работает в 40-, 20-, 15- и 10-метровом диапазонах. С помощью несложных элементов антенна резонирует на перечисленных диапазонах при хороших параметрах согласования с фидером. На 40-метровом диапазоне она почти равноценна четвертьволновой антенне, а на 20-, 15- и 10-метровом работает как гармониковая с соответствующими диаграммами излучения в вертикальной плоскости.

Все размеры этой антенны указаны на рис. 3.39, однако некоторые элементы согласующих узлов требуют разъяснения. Вертикальный

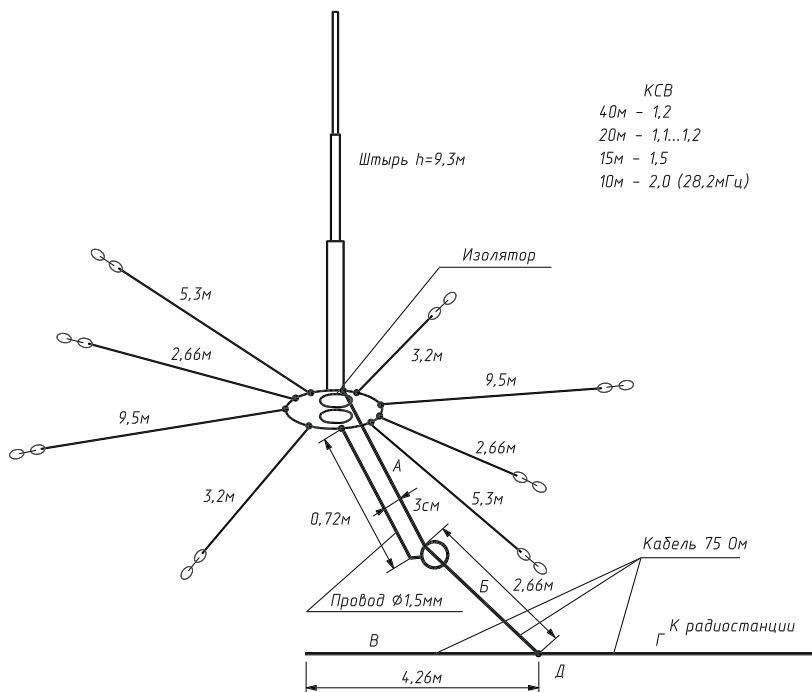


Рис. 3.39. Антенна UA1DZ

штырь состоит из трех частей, изготовленных из дюралюминиевых труб Д16-Т. Части антенны, имеющие длину по 3,1 м и диаметр 30, 25 и 16 мм, соединены между собой дюралюминиевыми бужами, стыки которых после сборки закрашиваются краской, чтобы предотвратить проникновение влаги, способствующей окислительному процессу и нарушению контакта между частями штыря. Нижняя часть штыря устанавливается на фарфоровый изолятор. Штырь укрепляется в вертикальном положении двумя или тремя ярусами оттяжек из 3-миллиметрового медного или биметаллического провода. Каждая оттяжка разделяется на двухметровые отрезки, между которыми вставляются фарфоровые изоляторы. Противовесы антенны изолируются от металлической крыши и на концах также имеют по два-три изолятора. От основания штыря и противовесов прокладывается двухпроводная линия А, изготовленная из медного провода диаметром 2 мм (размеры указаны на рисунке). Эта линия подключается к отрезку

коаксиального кабеля Б: от противовесов – к оплетке кабеля, а от штыва – к центральной жиле. В точке Д соединяются три кабеля: отрезок согласующей линии Б, разомкнутый на конце отрезок коаксиального кабеля (линия В) и кабель Г, идущий к радиостанции. Антенна хорошо согласуется на всех названных диапазонах, а параметры согласования приведены на рис. 3.39.

## ТРАНСФОРМИРУЮЩИЕ И СИММЕТРИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для согласования входного сопротивления антенны с волновым сопротивлением фидерной линии в большинстве случаев требуются трансформирующие и симметрирующие элементы. Они изображены на рис. 3.40. Например, для согласования симметричной антенны в виде полуволнового петлевого вибратора, входное сопротивление которого составляет примерно 300 Ом, с 75-омным коаксиальным кабелем применяется полуволновая симметрирующая петля, показанная на рис. 3.40а. Такая петля представляет собой симметрирующее и трансформирующее устройство. Коэффициент трансформации составляет 4. Длина петли должна быть равна половине длины волны в кабеле:  $\lambda_k / 2$ , где  $\lambda_k = \lambda / \sqrt{\epsilon}$ , или  $\lambda / 2 K$ , где  $K = \sqrt{\epsilon}$ . При диэлектрической постоянной  $\epsilon = 2,3$  (полиэтилен, из которого сделана изоляция большинства коаксиальных кабелей) длина волны в кабеле оказывается в 1,52 раза меньше, чем в свободном пространстве. Например, для частоты 145 МГц длина полуволновой симметрирующей петли составляет 0,68 м.

Для симметрирования разрезного полуволнового вибратора, имеющего входное сопротивление около 75 Ом, на УКВ диапазонах можно рекомендовать применение симметрирующего «стакана», который показан на рис. 3.40б. На коротковолновых диапазонах симметрирование в широкой полосе частот можно осуществить с помощью ферритового кольца марки 1000НН. Намоткой коаксиального кабеля на ферритовое кольцо создается большое индуктивное сопротивление, как бы включенное во внешнюю оплетку кабеля (рис. 3.40в). Габариты ферритового кольца зависят от диаметра кабеля и мощности передатчика. Еще один симметрирующий элемент показан на рис. 3.40г. На коаксиальный кабель нанизываются кольца из феррита марки 1000НН или 2000НН. Их количество также зависит от мощности, подводимой к антенне. Например, при мощности 100 Вт необходимо установить 20–25 колец.

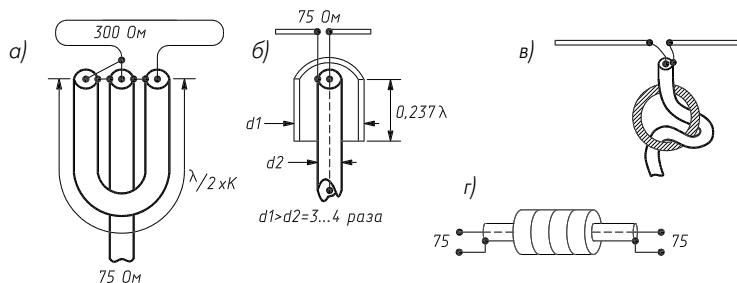


Рис. 3.40. Симметрирующие-согласующие устройства

## НАСТРОЙКА АНТЕНН И ИЗМЕРЕНИЯ

После изготовления антенны необходимо осуществить ее согласование с фидерной линией, которая должна иметь минимальные потери. Надо стремиться, чтобы вся мощность передатчика без потерь в фидерной линии передавалась антенне. Степень согласования антенны и фидера выражается коэффициентом стоячей волны. Следует добиваться, чтобы КСВ хотя бы на одном из участков диапазона был равен 1. Практически в большинстве случаев КСВ равен 1,01–1,5. Потери мощности передатчика составляют 5% при КСВ = 1,5 и 10% при КСВ = 2. При снятии характеристики согласования в пределах одного диапазона она может иметь вид, показанный на рис. 3.41а.

Для измерения КСВ радиолюбители чаще всего пользуются самодельными приборами. Один из таких приборов несложно изготовить из отрезка коаксиального кабеля того же типа, что и фидерная линия. С кабеля длиной 260 мм снимается верхняя защитная оболочка. Под экранирующей оплеткой продергивается провод в шелковой изоляции ПЭЛШО 0,15 мм на длине 216 мм с отводом от середины (рис. 3.41б). Провод на всей длине изолируется от экранной оплетки. Размер двух отрезков провода по 108 мм должен быть строго выдержан. От этой длины и симметричности зависит точность показаний прибора и величина трансформируемого напряжения. В качестве гальванометра может быть использован микроамперметр с током полного отклонения 100 мкА. Разъемы  $K_1$ ,  $K_2$  – коаксиального типа. Сопротивление резистора  $R1$  подбирается при настройке прибора следующим образом. Для проверки прибора после изготовления необходимо создать эквивалент нагрузки. Например, соединить параллельно 20 резисторов МЛТ 2 Вт сопротивлением по 1500 Ом. Полученный эквивалент будет иметь сопротивление 75 Ом мощностью 40 Вт. Этого вполне

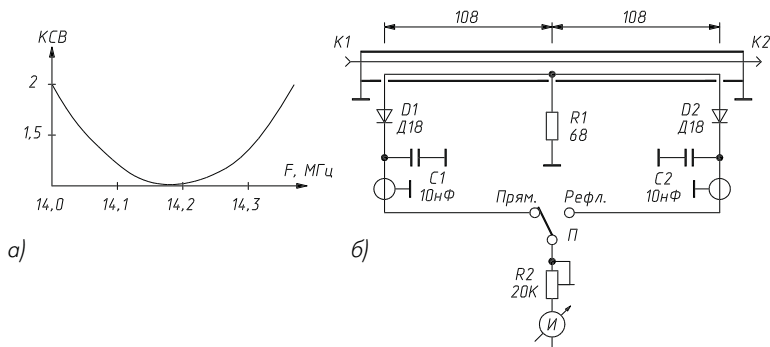


Рис. 3.41. Принципиальная схема КСВ-метра

достаточно, чтобы кратковременно рассеять мощность 100 Вт, подключить эквивалент нагрузки к  $K_2$ , а к  $K_1$  – передатчик и произвести измерение КСВ. При правильно подобранном резисторе  $R_1$  получим КСВ равный 1.

Измерение КСВ производится в следующем порядке. Установив переключатель П в позицию «прям.» и подав на вход измерителя КСВ (разъем  $K_1$ ) некоторую мощность от передатчика, а к выходу (разъем  $K_2$ ) подключив нагрузку (фидер с антенной или ее эквивалент), переменным резистором  $R_2$  устанавливают стрелку прибора на деление 100. Это соответствует измерению прямой волны  $U_1$ . Затем переключатель устанавливают в позицию «рефл.» и отмечают показания прибора (например, 20), которые соответствуют измерению отраженной волны  $U_2$ . Показания прибора следует подставить в формулу:

$$\text{КСВ} = \frac{U_1 + U_2}{U_1 - U_2}. \text{ В данном случае } \text{КСВ} = \frac{100 + 20}{100 - 20} = 1,5.$$

Для снятия характеристики согласования по диапазону измерения проводят на нескольких частотах.

Настройку антенны по отношению излучения вперед-назад рассмотрим на примере антенны «двойной квадрат». Это можно осуществить с помощью самодельного резонансного индикатора поля (рис. 3.42).

Прибор смонтирован в металлической коробке. Устанавливается некоторое количество контурных катушек по числу диапазонов. Конденсатор переменной емкости должен быть с воздушным диэлектриком на 100–150 пФ. Статор и ротор изолируются от корпуса прибора. Гальванометр может быть на 100–200 мкА, желательно с большой

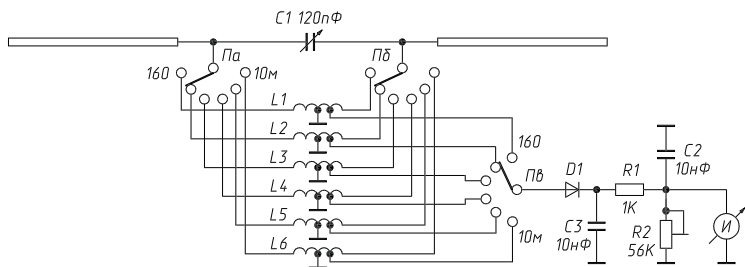


Рис. 3.42. Принципиальная схема резонансного индикатора поля

шкалой, чтобы было удобно проводить отсчет показаний. Выбирается частота настройки, например 14150 кГц. К антенне подводится мощность 50–100 Вт. Со стороны рефлектора на расстоянии 10–15 м и высоте 1,5–2 м устанавливается индикатор поля. Антенна прибора, изготовленная из двух отрезков стального или латунного провода диаметром 3–4 мм длиной по 1 м, должна располагаться горизонтально. Конденсатором  $C_1$  настраивают контур на данную частоту по максимальному показанию индикатора прибора. Чувствительность индикатора регулируют потенциометром  $R_2$ , добиваясь расположения стрелки примерно в центре шкалы. С помощью деревянной штанги, на конце которой имеется ключ, перемещают настроечную переключку рефлектора 20-метрового диапазона до тех пор, пока показания прибора станут минимальными. В этот период передатчик поддерживается в настроенном состоянии. По окончании настройки рефлектора потенциометром  $R_2$  показание прибора устанавливают ближе к нулю. Антенна поворачивается активной рамкой к индикатору поля. Показания индикатора увеличатся. Разность показаний прибора будет величиной, указывающей на отношение излучения вперед-назад. Так последовательно настраивают все диапазоны. Настроенные рамки рефлектора влияют друг на друга, поэтому после настройки последнего диапазона проверяют настройку предыдущих. Метод настройки антенн «волновой канал», у которых в качестве рефлектора применен полуволновый диполь, более сложен. Настройка отношения излучения вперед-назад достигается изменением длин рефлектора и директора, если он имеется.

## НЕСКОЛЬКО ОБЩИХ ПОЛОЖЕНИЙ ОБ АНТЕННАХ И ФИДЕРАХ

Хорошая антенна – лучший усилитель высокой частоты. Это правило было уже хорошо известно в те времена, когда любительская связь

только начинала развиваться. Но и сегодня это высказывание не потеряло своей актуальности. Однако если раньше антенная техника находилась в компетенции небольшого круга специалистов (ученых и инженеров), то теперь ее знание необходимо для каждого технически грамотного человека, занимающегося профессиональной или любительской связью.

Радиолюбители уже давно оценили те результаты, которые дает применение высокоэффективных антенн. О том, насколько интенсивно велись разработки в области любительской антенной техники, можно судить уже по многообразию систем, предложенных коротковолновиками и «укавистами».

## Ионосфера

Что нужно знать об антеннах, чтобы сделать правильный выбор?

Радиосвязь между двумя пунктами, расположенными на поверхности Земли, осуществляется пространственными или поверхностными волнами. Дальность распространения поверхностных волн любительского передатчика средней мощности – максимум 100 км. Связь на большие расстояния становится возможной благодаря пространственным волнам, которые отражаются от ионосферы.

Наличие электрически заряженных частиц позволяет проводящим верхним слоем атмосферы отражать радиоволны преимущественно коротковолнового диапазона. Область атмосферы, в которой происходит ионизация, называется ионосферой. Существует два четко выраженных максимума ионизации: один на высоте 90–170 км (слой E), а второй на высоте 200–500 км (слой F). Последний в свою очередь расщепляется на два слоя:  $F_1$  – от 200 до 300 км и  $F_2$  – от 300 до 500 км. Выше ионосферы находится экзосфера – преддверие космического пространства. Самый нижний слой ионосферы (слой D) возникает на высоте 40–60 км. Строение ионосферы непрерывно изменяется. Изменения имеют суточную, годичную периодичность, а также связаны с периодом солнечной активности, равным приблизительно 11 годам.

Слой D, находящийся в относительно плотных слоях атмосферы, имеет максимальную электронную концентрацию в дневные часы, а с заходом солнца электронная концентрация быстро уменьшается до нулевого значения. В этом слое сильное ослабление испытывают радиоволны средневолнового диапазона, а также длинноволновой части коротковолнового диапазона. Уменьшение дальности распространения в 160- и 80-метровом диапазонах, а также ухудшение приема

средневолновых станций в дневные часы в основном объясняется поглощением этих волн в слое D. В зимние месяцы, когда слой D ионизирован слабее, наблюдается увеличение дальности распространения этих волн в дневные часы. Слой E в ночные часы ослабевает. Волны длиной около 80 м частично поглощаются в слое E, а волны длиной около 40 м при достаточной электронной концентрации отражаются. Большое значение для распространения электромагнитных волн имеет слой F, так как благодаря ему увеличивается дальность связи на коротких волнах. Короткие волны, излучаемые антенной и проникающие в ионосферу, достигнув определенной высоты, на которой электронная концентрация достаточно велика, отражаются обратно к Земле. Чем выше частота волны, тем больше должна быть необходимая для отражения электронная концентрация. Отражения происходят с потерями энергии, причем волны, имеющие низкие частоты, испытывают большее поглощение, чем высокочастотные.

## Вертикальный угол излучения

Для получения наибольшей дальности связи в коротковолновом диапазоне можно указать определенные оптимальные углы излучения антенны; они зависят от рабочей частоты передатчика, а также от высоты и электронной концентрации отражающего слоя ионосферы. Из рис. 3.43 видно, какие вертикальные углы излучения следует выбирать для пространственных волн. Если угол излучения  $\alpha_1$  относительно большой, то основное излучение антенны, попав в слой  $F_2$  и отразившись, возвращается на Землю на сравнительно небольшом расстоянии от передатчика. Работа с такой антенной обеспечивает уверенную связь на небольших расстояниях, но не на дальних. Антенна с более пологим углом излучения дает значительно большее расстояние (скачок)  $d_2$ .

С увеличением числа скачков увеличивается дальность связи. Однако при этом следует учитывать, что скачки уменьшают энергию радиоволн, так как каждое прохождение через ионизированные слои сопровождается поглощением. Очевидно, что для дальних связей оптимальным является очень пологий угол  $\alpha_3$ .

Антенное устройство чаще всего является резонансной системой. Как и у всякого преобразователя энергии, одним из основных параметров, характеризующих его работу, является КПД. Он позволяет судить о том, какая доля подводимой мощности электрических колебаний преобразуется в мощность электромагнитных волн.



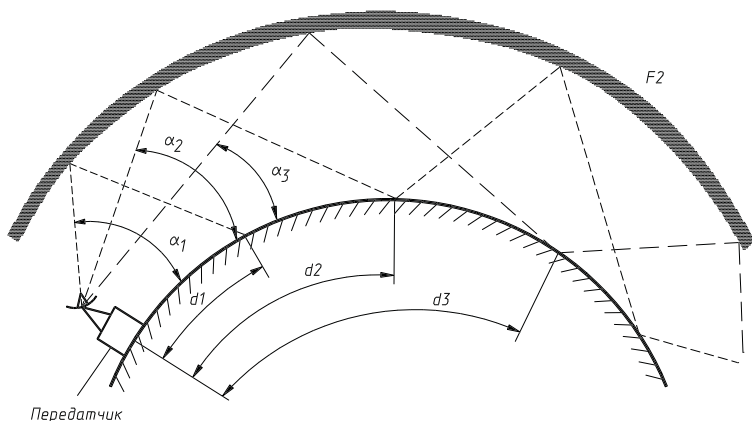


Рис. 3.43. Вертикальный угол излучения  
и его влияние на дальность распространения электромагнитных волн

Антенна излучает энергию в различных направлениях неодинаково или, иначе говоря, обладает известными свойствами, которые принято характеризовать диаграммами направленности, показывающими в относительных единицах, с какой интенсивностью антенна излучает энергию в различных направлениях.

Антенна может располагаться по отношению к земле горизонтально или вертикально, в связи с чем будут образовываться электромагнитные волны горизонтальной или вертикальной поляризации.

Вопрос о поляризации имеет в радиотехнике весьма существенное значение. Так, например, если в поле горизонтально поляризованных волн поместить вертикальную приемную антенну, то величина наведенной ЭДС будет совсем незначительной.

## Фидерные линии

Только в переносных малогабаритных радиостанциях возможно непосредственное подключение антенны к приемопередатчику, во всех остальных случаях между ними необходимо включить фидерную линию, которая служит для передачи высокочастотной энергии с минимальными потерями и без паразитного излучения.

Применяемые в радиотехнике фидеры с электрической точки зрения являются длинными линиями – так принято называть электрические линии, длина которых соизмерима с длиной распространяющихся вдоль них волн. Они могут равняться нескольким десяткам сантиметров, а в некоторых случаях измеряться десятками метров.

Важнейшим электрическим параметром линии является ее комплексное сопротивление  $Z$ . Волновое сопротивление линии имеет чисто активный характер и обозначается  $Z_0$  (иногда  $\rho$  или  $W$ ). Линию можно представить в виде соединения индуктивностей и емкостей, распределенных по ее длине (рис. 3.44).

Волновое сопротивление в основном зависит от поперечных размеров линии и вида применяемого диэлектрика между ее проводниками. Обычно встречаются волновые сопротивления от 30 до 600 Ом.

Высокочастотные линии, имеющие волновое сопротивление 30–300 Ом, изготавливаются промышленностью в виде ленточных и коаксиальных кабелей (рис. 3.45, 3.46).

Волновое сопротивление коаксиального кабеля можно определить по формуле:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg \frac{D}{d},$$

двухпроводной воздушной линии по формуле:

$$Z_0 = 276 \lg \frac{2D}{d}$$

или с помощью графика (рис. 3.47).

Рассмотрим простейшие длинные линии, состоящие из двух одинаковых параллельных проводов. Каждая единица длины провода линии обладает некоторой индуктивностью (рис. 3.44). Кроме того, противоположные участки проводов, образуя как бы обкладки конденсатора, имеют некоторую емкость. Индуктивность  $L$  и емкость  $C$ , приходящиеся на единицу длины линии, называются погонными. Разбив условно всю линию на элементарные единичные участки, можно изобразить эквивалентную электрическую схему длинной линии, представленную на рис. 3.44.

Если линия нагружена на активное сопротивление, то в нем всегда поглощается известная доля энергии и вдоль линии происходит перенос энергии. Если сопротивление нагрузки отличается от волнового сопротивления линии, то часть энергии падающей волны отражается

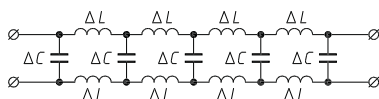


Рис. 3.44. Эквивалентная схема двухпроводной линии

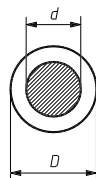


Рис. 3.45  
Поперечное сечение коаксиального кабеля

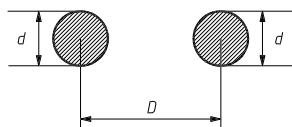


Рис. 3.46. Поперечное сечение двухпроводной линии

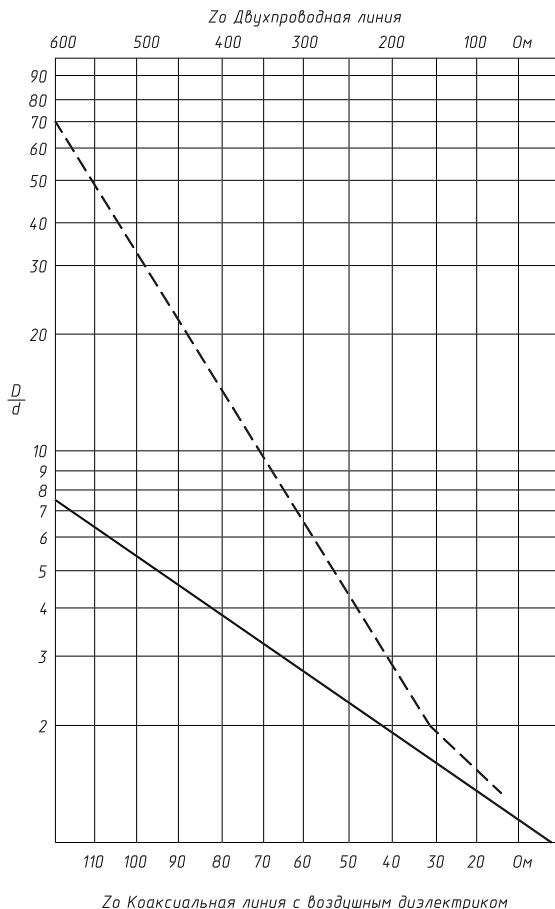


Рис. 3.47. График определения волнового сопротивления

от нагруженного конца линии обратно к источнику, при этом возникают стоячие волны, которые характеризуют потери в линии, и только часть энергии источника, выделяемая в сопротивлении нагрузки, является полезной. Конечная цель согласованной нагрузки – создать в линии бегущую волну, то есть передать всю энергию источника в нагрузку, которой является антенна. Входное сопротивление линии может иметь активную и реактивную составляющие. Изменяя значения величины  $R_n$ , можно легко построить картину распределения напряжения и тока в линии (рис. 3.48). При замыкании линии накоротко

(рис. 3.48а), где  $R_{\text{н}} = 0$ , коэффициент отражения равен максимуму, и в линии образуются только стоячие волны. С увеличением сопротивления нагрузки до  $R_{\text{н}} = \rho$ , где  $\rho$  – волновое сопротивление линии, коэффициент отражения станет равным нулю, в линии установится только бегущая волна и вся энергия источника будет передана в нагрузку (антенну) – см. рис. 3.48б. Таким образом, условие согласования линии с нагрузкой состоит в том, что последняя должна иметь чисто активный характер и быть равной волновому сопротивлению линии. На рис. 3.48в рассмотрен вариант, когда нагрузка  $R_{\text{н}} = \infty$ , то есть нагрузка отключена и в линии образуются стоячие волны, как и в случае, показанном на рис. 3.48а, только фаза отраженной волны изменилась на  $180^\circ$ . В результате максимумы и минимумы стоячих волн поменяются местами. На практике степень согласования фидерной линии с нагрузкой определяется с помощью измерительных приборов, которые будут рассмотрены отдельно.

Существуют два варианта измерений. В промышленности принято измерять коэффициент бегущей волны (КБВ), а в любительской практике – коэффициент стоячей волны (КСВ). Значения КБВ могут находиться в пределах от 0 до 1, где единице соответствует наилучшее согласование линии с нагрузкой, то есть в линии образуется чистая бегущая волна, а нулевое значение указывает максимальное значение стоячей волны. При использовании любительского метода измерения КСВ следует учесть, что произведение КБВ и КСВ равно единице. Поэтому КСВ может изменяться в пределах от 1 до  $\infty$ , причем значению КСВ равному единице соответствует наилучшее согласование линии с нагрузкой.

При использовании проводов в качестве линии передачи всегда стремятся сделать так, чтобы система была неизлучающей. Рассматривая противоположную задачу, разведем провода линии на некоторый угол и получим V-образную симметричную антенну. Если развернуть провода на  $180^\circ$ , образуется симметричный вибратор (диполь).

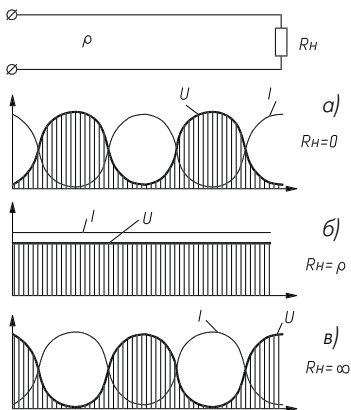


Рис. 3.48. Распределение тока напряжения вдоль линии, нагруженной на активное сопротивление различной величины

Исключая компенсирующее действие второго провода линии, укорачивая или вовсе ликвидируя его, получим так называемый несимметричный вибратор. К этому классу антенн принадлежат Г-образные, Т-образные и ряд других. При их питании второй зажим генератора (передатчика) заземляется, то есть земля играет роль второго провода. Все антенны, использующие данный принцип работы, относятся к классу несимметричных.

Антенны могут быть четвертьволновые, полуволновые и более длинные, на линейной длине которых укладывается несколько длин волны. Последние относятся к так называемым гармониковым антеннам.

*Пример.* Если линейная длина антенны 80 м, то на этой длине разместится полволны 160-метрового диапазона, волна 80-метрового, две волны 40-метрового, четыре волны 20-метрового и восемь волн 10-метрового диапазонов. Питание антенны может осуществляться в середине и с конца антенны.

Как осуществить питание антенны, на концах которой пучность напряжения? Входное сопротивление на конце полуволнового вибратора большое и согласовать его с низкоомным волновым сопротивлением коаксиального кабеля невозможно. Для согласования низкоомного коаксиального кабеля с высоким входным сопротивлением антенны необходимо создать трансформатор сопротивлений. Это делается с помощью П-контура, входное сопротивление которого должно быть низким, легко согласуемым с низкоомным коаксиальным кабелем, а выходное сопротивление – высоким, легко согласуемым с антенной.

Входная емкость выбирается такой величины, чтобы емкостное сопротивление было равно 50–75 Ом, то есть соответствовало значению используемого для фидера коаксиального кабеля. Индуктивность П-контура и выходная емкость имеют такие значения, чтобы обеспечить резонанс на частоте передатчика на конкретном диапазоне.

|          |                                   |     |
|----------|-----------------------------------|-----|
| <b>1</b> | Аппаратура для караоке            | 7   |
| <b>2</b> | Электронная охрана и сигнализация | 63  |
| <b>3</b> | Любительская радиосвязь           | 107 |

## **4 ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕЛЕФОНИЯ**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Переговорные устройства</b>          | <b>166</b> |
| <b>Приставки к телефонным аппаратам</b> | <b>193</b> |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| <b>5</b> | Электронные автоматы, устройства        | 219 |
| <b>6</b> | Справочная информация<br>для начинающих | 265 |

Описываемые здесь устройства предназначены для установления телефонной связи между двумя абонентами или для связи телефониста центрального пульта с любым из нескольких других абонентов, а также абонентов между собой. Первые из них будем называть переговорными устройствами, а остальные – телефонными коммутаторами.

## ПЕРЕГОВОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Переговорные устройства применяются для связи между собой, например, двух квартир, дач, гаражей и других объектов бытового и производственного назначения. Телефонные коммутаторы целесообразно использовать в школах, конструкторских бюро и производственных подразделениях. Центральный пульт устанавливают у руководителя, а телефонные аппараты – у подчиненных. Дальность связи во всех случаях ограничивается сопротивлением линии 1–2 кОм и при использовании медного провода диаметром 0,5 мм может быть 5–10 км. Дальнейшее увеличение длины абонентских линий нецелесообразно даже при увеличении сечения провода, поскольку возрастающие индуктивность и емкость линии будут способствовать значительному затуханию передаваемого сигнала.

В качестве одного из проводов линии связи можно применять трубы водопровода или отопления, а также заземление. Это не представляет какой-либо опасности, поскольку элементы всех устройств не имеют гальванической связи с электросетью.

Подключать описываемые устройства к городской или местной телефонной сети недопустимо.

## Устройства телефонной связи для двух и более абонентов

Переговорные устройства обеспечивают телефонную связь между двумя абонентами. Вызов осуществляется через звонок, имеющийся в телефонном аппарате. В таких переговорных устройствах можно использовать телефонные аппараты, у которых исправны лишь трубка, звонок и рычажный переключатель.

В простейшем переговорном устройстве (рис. 4.1) телефонные аппараты Е1 и Е2 соединяются трехпроводной линией связи, в которую подают переменное и постоянное напряжения. Переменное напряжение снимают с обмотки II сетевого трансформатора Т1, а постоянное – с параметрического стабилизатора напряжения (R1, VD2, C1) двухполупериодного выпрямителя (VD1), питание которого осуществляется от обмотки III трансформатора.

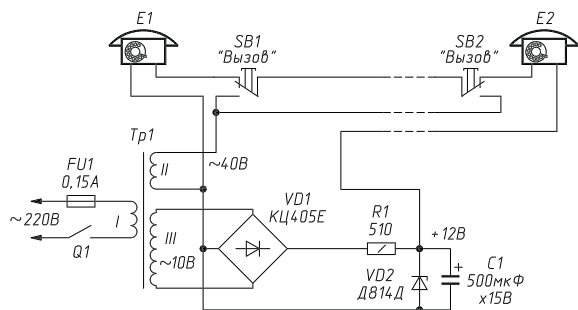


Рис. 4.1. Простейшее переговорное устройство для двух абонентов с трехпроводной линией связи

Если первый абонент (телефонный аппарат E1) хочет вызвать второго, он должен нажать кнопку переключателя SB1. При этом переменное напряжение с обмотки II трансформатора подается на телефонный аппарат E2 и раздается звонок. При снятых трубках обоих телефонных аппаратов источник постоянного напряжения включается последовательно с аппаратами, что позволяет вести разговор. Второй же абонент для вызова первого нажимает кнопку переключателя SB2.

Выпрямительный диодный мост VD1 – любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407. Его можно собрать и на четырех диодах серий 9, Д220, Д223, Д311, КД509, КД510. Конденсатор C1 – К50-6, К50-16, К50-24. Кнопочные переключатели – КМ-1, П2К, выключатель питания – тумблер ТВ2-1. Сетевой трансформатор выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ116×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка II – 400 витков ПЭВ-2 0,10, обмотка III – 100 витков ПЭВ-2 0,19.

Телефонные аппараты могут быть типов ТА-68, ТАН-66, ТАН-70, ТА-1146. В том случае, если используются аппараты с неисправными номеронабирателями, следует отключить от номеронабирателей проводники и соединить их с рычажным переключателем так, чтобы при опущенной трубке к линии был подключен через конденсатор емкостью 1 мкФ (он стоит в аппарате) звонок, а при поднятой трубке – последовательно соединенные микрофон и телефон трубки.

Трансформатор и детали выпрямителя монтируют в корпусе аппарата E1. 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 0,5 мм при больших расстояниях (до 1 км) и не менее 0,2 мм – при малых (до 200 м). Диаметр провода определяется в основном соображениями его механической прочности.

Несмотря на свою простоту, такое переговорное устройство имеет недостаток: линия связи содержит три провода. Путем некоторого усложнения устройства можно сократить число проводов до двух, как в городских телефонных сетях.

Принципиальная схема переговорного устройства, имеющего двухпроводную линию связи, представлена на рис. 4.2.

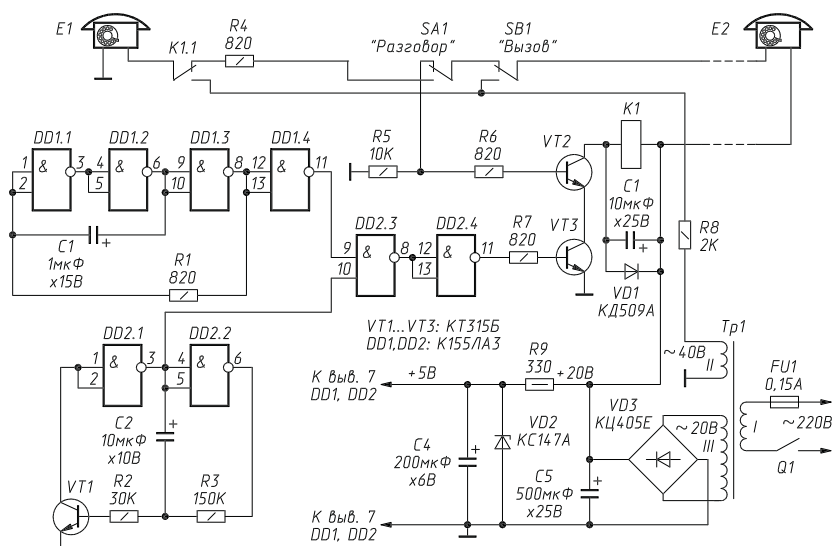


Рис. 4.2. Переговорное устройство с двухпроводной линией связи

Но прежде чем начать описание его работы, необходимо пояснить 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 следующие информационные сигналы:

- «Ответ станции» – непрерывная посылка электрических сигналов частотой 425 Гц;
- «Занято» – периодические посылки тока частотой 426 Гц длительностью 0,3–0,4 с и с интервалом 0,3–0,4 с («короткие гудки»);
- «Контроль посылки вызова» – периодические посылки тока частотой 425 Гц длительностью 1 с и с интервалом 4 с («длинные гудки»).

Кроме того, для сообщения абоненту дополнительной информации можно применять сигнал частотой 800 Гц (например, при установлении автоматического междугородного соединения).

Все эти сигналы будут также использованы в описываемых ниже коммутаторе с расширенными возможностями и автоматической телефонной станции, а пока продолжим рассмотрение работы переговорного устройства (рис. 4.2).

На логических элементах DD1.1...DD1.3 микросхемы DD1 выполнен генератор, вырабатывающий импульсы частотой около 400 Гц (примерно такую частоту имеют сигналы длинных, коротких гудков и ответа станции в городских телефонных сетях). Элемент DD1.4, включенный инвертером, повышает нагрузочную способность генератора. На логических элементах DD2.1 и DD2.2 собран генератор импульсов, период следования которых 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 микрофонную 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 через 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 микротелефонной трубке аппарата E2 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 передаются на аппарат E2.

Услышав звонок, первый абонент должен перевести переключатель SA1 «Разговор» в противоположное показанному на схеме положение. Это приведет к закрыванию транзистора VT2, поскольку цепь подачи положительного напряжения разомкнется и его база окажется соединенной с общим проводом через резисторы R5 и R6, а реле K1 отпустит; подача переменного напряжения на телефонный аппарат E1 прекратится. Абоненты могут вести разговор.

Как быть, если первый абонент захочет вызвать второго? Для этого он должен нажать кнопку SB1 «Вызов» (разумеется, напряжение питания подано на устройство выключателем Q1). При этом на телефонный аппарат E2 от обмотки II трансформатора T1 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), который 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.

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 соответствующим аналогом из серий K133, K158, K555, KP1533. Транзисторы VT1...VT3 – КТ312Б, КТ315 (В, Д, Е), КТ603 (А, Б), КТ608, КТ630, КТ503 (с любыми буквенными индексами), КТ3117А. Диод VD1 – любой из серий Д220, Д223, Д226, КД102, КД510; выпрямительный мост VD3 – любой из серий КЦ402, КЦ405, КЦ407. Оксидные конденсаторы – К50-6, К50-16, К50-12, К50-24. Все резисторы – типа МЛТ или С2-33. Реле K1 – 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 T1 аналогичен тому, который используется

в ранее описанном переговорном устройстве, но его обмотка III должна содержать вдвое большее число витков. Можно применять 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<sup>1</sup>.

Большая часть элементов переговорного устройства смонтирована на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5–2 мм (см. рис. 4.3: а – печатная плата; б – размещение деталей на плате). Установочные отверстия элементов рассчитаны под оксидные конденсаторы К50-6 или К50-16, реле РЭС15; типы остальных элементов указаны на принципиальной схеме.

Печатную 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 габариты трансформатора Т1 не позволяют разместить его и печатную плату в общем корпусе, переговорное устройство собирают в отдельном, выполненном в виде подставки под телефонный аппарат.

Когда устройство собрано из исправных деталей и без ошибок, налаживания оно не требует.

Такое переговорное устройство имеет недостаток: первый абонент должен переключать тумблер для ведения разговора (до и после него). Это неудобно, так как, во-первых, требуются дополнительные действия и, во-вторых, если по окончании разговора первый абонент забудет установить переключатель в исходное положение, то второй не сможет до него дозвониться. Кроме того, нажатие кнопки вызова – тоже дополнительное действие. Наиболее удобным в пользовании было бы переговорное устройство, где вызов абонента осуществляется простым снятием трубки.

Принципиальная схема устройства, отвечающего такому требованию, приведена на рис. 4.4. Здесь оба абонента равнозначны, а вызов осуществляется снятием трубки с аппарата.

Предположим, первому абоненту необходимо связаться со вторым. В этом случае он снимает трубку, и положительное напряжение через нормально замкнутые контакты реле К2.1, сопротивление телефонного аппарата Е1 и резистор R1 подается на базу транзистора VT1.

---

<sup>1</sup> Справочные данные приведены в журнале «Радио» за 1982 год, № 1, с. 59–60.

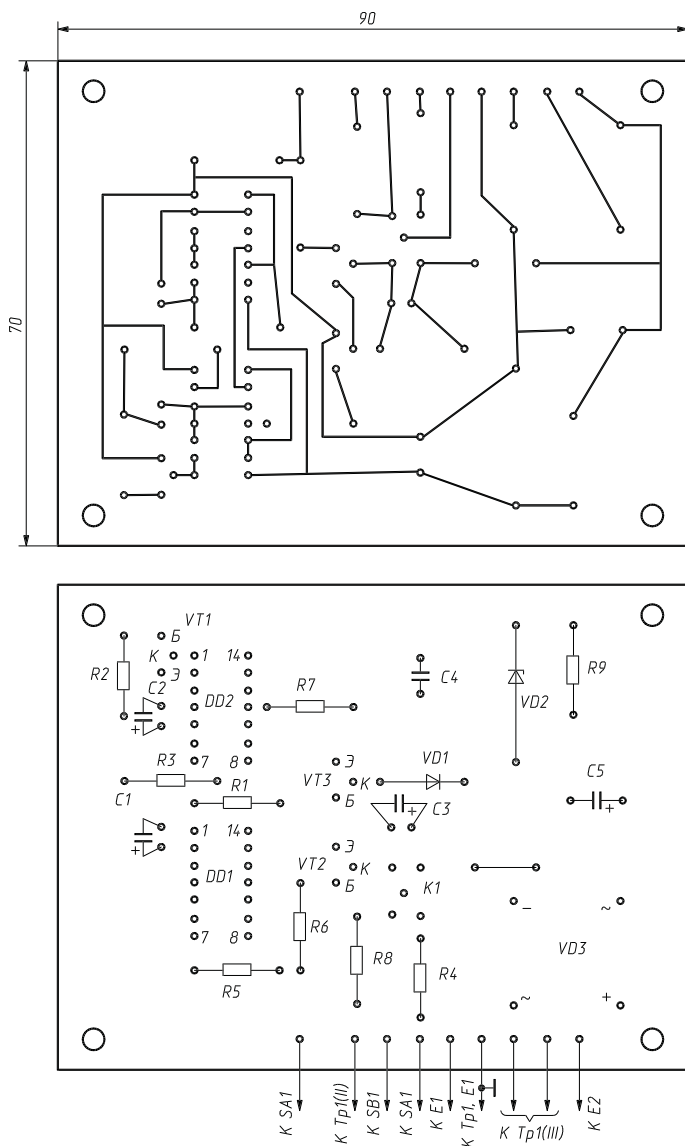


Рис. 4.3. Монтажная плата переговорного устройства с двухпроводной линией связи

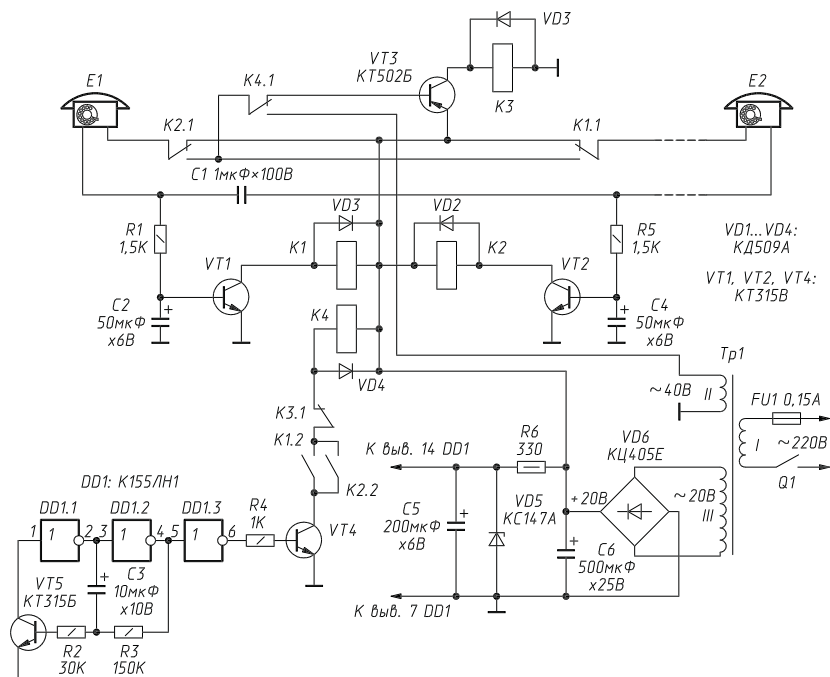


Рис. 4.4. Переговорное устройство с двухпроводной линией связи (вариант 2)

Реле K1 сработает и контактами K1.2 замкнет цепь питания реле K4, а контактами K1.1 – линию подачи вызывного тока на аппарат E2. Реле K4, управляемое импульсами генератора на логических элементах DD1.1 и DD1.2, будет периодически срабатывать с частотой 0,2–0,25 Гц, а его контакты K4.1 станут подавать на аппарат E2 вызывное переменное напряжение, в результате чего и в этом аппарате будет раздаваться звонок. При снятии телефонной трубки аппарата E2 на базу транзистора VT3 поступает открывающее его отрицательное напряжение, срабатывает реле K3 и контактами K3.1 обесточивает реле K4. Одновременно срабатывает реле K2 и контактами K2.1 подключает линию аппарата E1 к линии аппарата K2. Можно вести разговор. В течение разговора реле K1...K3 находятся под током, а после возвращения трубок обоих телефонных аппаратов на рычаги устанавливаются в исходное состояние.

Аналогично работает переговорное устройство и при вызове первого абонента вторым.

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. Наличие этого конденсатора позволяет также 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 случае.

Микросхема К155ЛН1 (DD1) заменяется аналогичной из серий К133, К555, КР1533. Можно также применить микросхему К155ЛА3 (или ее аналоги из других серий), соединив входы каждого ее элемента. Транзистор VT3 может быть серий КТ501 (Г...М), КТ502 (с любыми буквами), КТ203 (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, МБМ. Остальные детали – тех же типов, что и в предыдущем случае.

Все детали переговорного устройства, за исключением трансформатора Т1, предохранителя FU1 и выключателя питания Q1, размещены на печатной плате (рис. 4.5). Используются реле типов РЭС15 (К3, К4), РЭС48 (К1, К2), конденсатор С1 – К73-17.

На рис. 4.6 представлена схема еще одного варианта переговорного устройства с двухпроводной линией связи. Это устройство работает следующим образом.

Допустим, что контакты выключателя Q1 замкнуты, питание подано на элементы устройства, а трубки телефонных аппаратов Е1, Е2 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 К1...К5 обесточены.

Если первый абонент (обладающий телефонным аппаратом Е1) желает вызвать второго, он должен снять трубку своего аппарата. При этом к линии будет подключено сопротивление аппарата Е1, составляющее несколько сотен ом, и в линии потечет ток по цепи: «плюс» источника питания, обмотка реле К3, нормально замкнутые контакты К4.1, внутреннее сопротивление телефонного аппарата Е1,

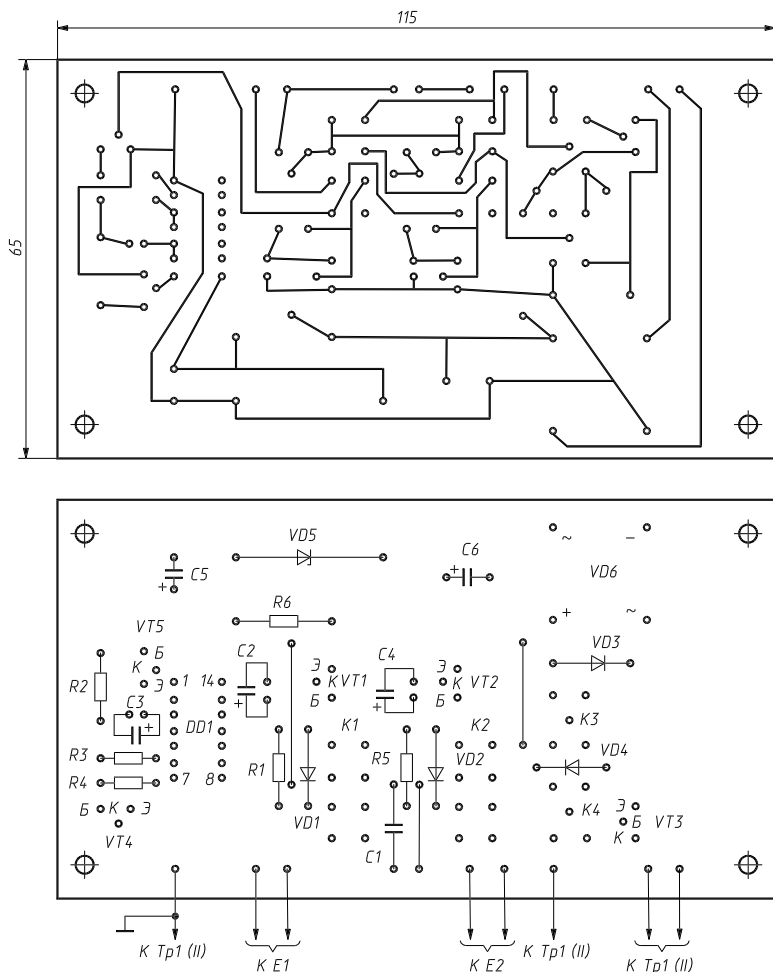


Рис. 4.5. Монтажная схема переговорного устройства (вариант 2)

обмотка реле К1, общий провод источника питания. Реле К1 и К3 срабатывают. Контакты К3.1 замкнут цепь обмотки реле К5, которое начнет срабатывать с частотой 0,5–1 Гц, вырабатываемой симметричным мультивибратором на транзисторах VT1, VT2. Через замыкающие 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



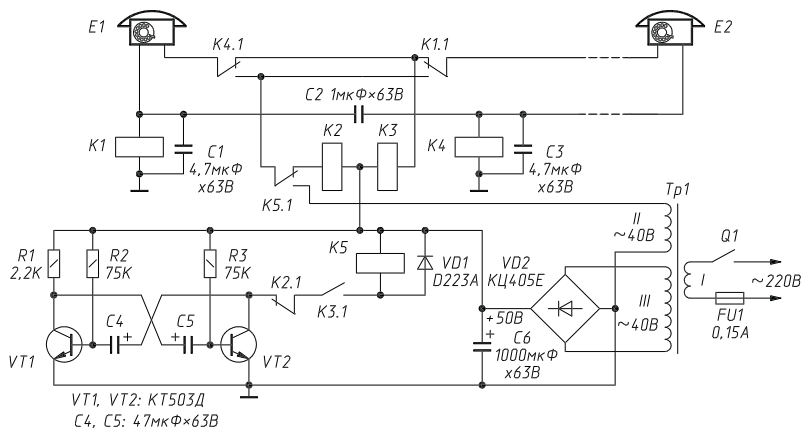


Рис. 4.6. Принципиальная схема переговорного устройства (вариант 3)

обмотки II трансформатора T1, замыкающие контакты K5.1 и K1.1, аппарат E2, параллельно соединенные обмотка реле K4 и конденсатор C3, общий провод, соединенный с нижним (по схеме) выводом обмотки II. Услышав звонок, абонент снимет трубку аппарата E2. Сработает реле K4. В момент нахождения контактов K5.1 в показанном на схеме положении сработает реле K2 и контактами K2.1 обесточит обмотку реле K5. Реле K3 также отпустит. Абоненты могут вести разговор. Разговорный ток протекает через обмотки реле K1, K4, K2, аппараты E1, E2, а также через конденсаторы C1...C3. В течение разговора под током находятся обмотки реле K1, K2, K4, а реле K3 и K5 обесточены. После возвращения трубок обоих аппаратов на рычаги все реле отпускают.

Аналогично работает переговорное устройство и при вызове первого абонента вторым.

Конденсаторы C2, C3 предотвращают вибрацию якорей реле K1, K4 при прохождении вызывного тока, а также замыкают по переменному току цепь вызывного сигнала. Кроме того, эти конденсаторы не позволяют отпускать реле K1 (K4) при переключении контактов K4.1 (K1.1). Конденсатор C2 замыкает разговорную цепь по переменному току, а также 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 K5 в момент его переключения. Шунтирование диодами обмоток

других реле не требуется, поскольку они не управляются транзисторами.

Постоянное напряжение +50 В получают с помощью выпрямительного моста VD2 и конденсатора С6.

В качестве транзисторов VT1, VT2 можно использовать транзисторы типов КТ503 (Д, Е), КТ608Б, КТ3117А, КТ815 (В, Г). При их замене следует иметь в виду, что предельное рабочее напряжение должно быть не менее 60 В, а статический коэффициент передачи тока базы – не менее 40. Диод VD1 – типов Д220 (А, Б), Д223 (А, Б), Д226, КД102 (А, Б), КД105, КД106; конденсаторы С1...С3 – К7-17; С4...С6 – К50-24. Разрешается 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 ШЛ16×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08; обмотка II – 410 витков провода ПЭВ-2 0,12; обмотка III – 410 витков провода ПЭВ-2 0,14.

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

В налаживании устройство не нуждается.

На рис. 4.7 представлена схема еще одного варианта переговорного устройства. Отличие его от предыдущего состоит в том, что

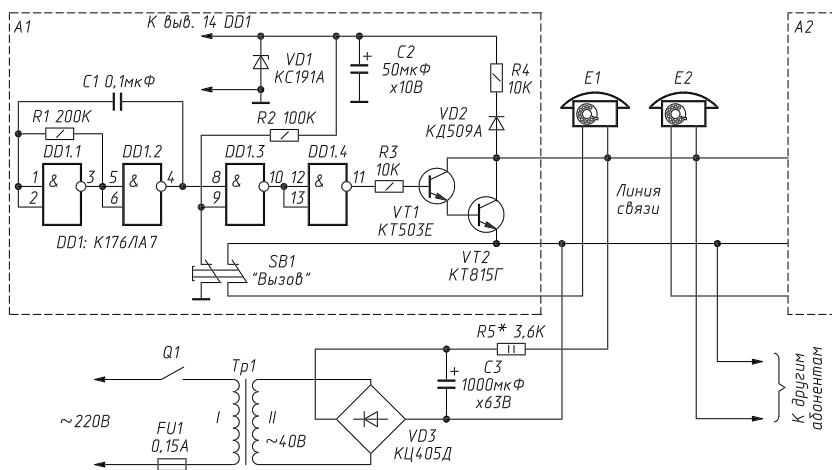


Рис. 4.7. Переговорное устройство для нескольких абонентов

допускается подключение к линии нескольких телефонных аппаратов. Кроме того, для питания аппаратов используется только одно напряжение, получаемое от трансформатора.

Каждый из двух телефонных аппаратов, показанных на схеме, снабжен абонентским комплектом (А1 или А2), который 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 25–30 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 первый должен нажать кнопку 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 станет воздействовать на телефонный аппарат E2, в котором раздастся звонок, а аппарат E1 на это время будет отключаться от линии второй парой контактов кнопки SB1.

Определим, каким образом импульсное однополярное напряжение заставляет звучать звонок. Путь прохождения тока через звонок телефонного аппарата показан на рис. 4.8. Когда транзистор VT2 находится в закрытом состоянии, он не воздействует на линию связи, и через резистор R5 и конденсатор C телефонного аппарата от источника напряжения E протекает зарядный ток в направлении, показанном на рис. 4.8а. При этом молоточек звонка HA отклоняется в одну сторону, ударяя по чашке. Открывание транзистора VT2 вызывает замыкание линии связи через небольшое (сотни омов) сопротивление открытого транзистора. (На рисунке оно не показано.) Конденсатор C разряжается на обмотку звонка HA. Направление тока, как видно из рис. 4.8б, противоположно показанному на рис. 4.8а. Таким образом, через катушку звонка протекает переменный ток, приводя в движение молоточки звонка.

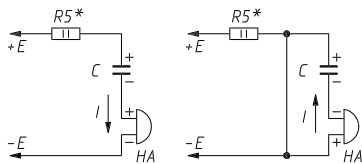


Рис. 4.8. Пути тока через звонок телефонного аппарата

После того как абоненты снимают трубки с аппаратов Е1 и Е2, можно вести разговор. При этом аппараты соединены параллельно и через резистор R5 подключены к источнику напряжения (мостовой выпрямитель VD3 и конденсатор С3). Наличие резистора R5 обеспечивает передачу разговорного тока от одного абонента к другому и ограничивает ток через открытый транзистор VT2.

Первый абонент может снимать трубку своего аппарата как до нажатия кнопки «Вызов», так и после. Это не имеет значения.

В переговорном устройстве разрешается использовать следующие детали. Микросхема DD1 – любая из серий К176, К561, К164, К564. Транзистор VT1 – КТ503 (Д, Е), КТ3117 (А, Б), КТ608 (А, Б), КТ630 (с любыми буквами); VT2 – КТ815 (В, Г), КТ817 (В, Г), КТ630 (с любыми буквами). Стабилитрон VD1 может быть типа Д814 (А, Б). Диод VD1 – КД510А, КД521А, КД102 (А, Б), Д223 (А, Б). Мостовой выпрямитель VD3 – КЦ402, КЦ405, КЦ407 (с любыми буквами). Конденсаторы С1 – КМ-6б, КЛС, К10-7в; С2 – К50-6, К50-16, К50-12; С3 – К50-24. Кнопка SB1 – КМ2-1, П2К; выключатель питания Q1 – ТВ2-1, Т1, МТ1. Трансформатор Т1 намотан на сердечнике ШЛ16×25. Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,11; обмотка II – 420 витков провода ПЭВ-2 0,2.

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

К линии связи могут быть подключены и другие телефонные аппараты совместно с абонентскими комплектами. Их число 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, соответствующих каждому абоненту. В этом случае трубку будет снимать только один абонент. Можно также условиться о сигнале общего вызова, когда трубки снимают одновременно все абоненты и ведут общий разговор. Это переговорное устройство удобно применять в здании с несколькими помещениями, когда неизвестно, в каком из них находится вызываемый абонент.

Налаживание переговорного устройства состоит в подборе резистора R5, что должно обеспечить достаточный вызывной ток для нормальной работы звонков всех аппаратов.

Сопротивление этого резистора определяет также протекающий через телефонные аппараты разговорный ток, который не должен

превышать 20–30 мА, при этом сопротивление резистора R5 не должно быть меньше 1 кОм. Если же для обеспечения нормальной работы звонков данный резистор имеет меньшее сопротивление, то для ограничения разговорного тока следует включить резисторы последовательно с каждым из телефонных аппаратов.

## **Телефонные коммутаторы на десять абонентов**

Прежде чем начать разговор о работе коммутаторов, сформулируем основные требования, которым должны отвечать устройства, обеспечивающие связью двух и более абонентов.

Во-первых, линия связи должна содержать не более двух проводов. Это минимальное число проводов, необходимое для передачи сигнала и в то же время вполне достаточное для выполнения логических функций управления телефонным аппаратом и приборами телефонной станции. Увеличение числа соединительных проводов позволило бы упростить устройство станции, но усложнило бы конструкцию передающей линии. А стоимость кабельных линий значительно превосходит стоимость станционного оборудования АТС. Поэтому в промышленных телефонных сетях повсеместно используют двухпроводные линии. Будем и мы придерживаться этих правил.

Во-вторых, абонент, сняв трубку, должен иметь возможность получить информацию о состоянии приборов станции путем прослушивания соответствующих звуковых сигналов (длинные или короткие гудки, непрерывный сигнал).

В-третьих, должна обеспечиваться проверка поступления вызова к абоненту. На исправность линии может указывать светящаяся лампочка-индикатор на центральном диспетчерском пульте или соответствующий сигнал в трубке.

В-четвертых, при разговоре двух абонентов другие абоненты не могут без их согласия включиться в разговор или прослушивать его.

В-пятых, при обеспечении автоматической связи приборы станции должны принимать исходное состояние только в том случае, когда трубки всех телефонных аппаратов находятся на своем месте.

И наконец, все устройства телефонной связи должны работать с выпускаемыми промышленностью телефонными аппаратами без каких-либо изменений в них.

Продолжим разговор о телефонном коммутаторе, который рассчитан на подключение десяти телефонных аппаратов. Каждый абонент может связываться с дежурным на центральном пульте, а через него – с любым другим абонентом. Коммутатор обеспечивает:

- выдачу в линии абонентов сигналов «длинные гудки» и «короткие гудки»;
- световую и звуковую индикации вызова на центральном пульте;
- одновременную связь диспетчера центрального пульта с несколькими абонентами (для проведения совещания);
- связь двух абонентов между собой (через центральный пульт);
- контроль исправности линий с центрального пульта.

Таким образом, коммутатор удовлетворяет всем требованиям, сформулированным выше.

Принципиальная схема такого варианта коммутатора приведена на рис. 4.9. Знакомство с его работой удобно начать с момента, когда с центрального пульта нужно связаться, например, с первым абонентом (владельцем телефонного аппарата E1). В этом случае подвижные контакты переключателя SA1 надо перевести в нижнее (по схеме) положение и нажать кнопку переключателя SB1 «Вызов». При этом переменное напряжение с обмотки II трансформатора T1 подается через диодный мост VD5...VD8, светодиод HL11, замкнутые контакты переключателя SB1 и группу SA1.1 переключателя SA1, резистор R1 на телефонный аппарат E1. В результате раздастся звонок. Одновременно загорается светодиод HL11, сигнализируя о том, что линия связи исправна и сигнал вызова проходит к аппарату абонента. Как только абонент снимает трубку, можно вести разговор (разумеется, кнопка переключателя SB1 уже отпущена). Разговорный ток проходит по цепи: общий провод источника питания, телефон BF1 и микрофон BM1 телефонной трубки центрального пульта, нормально замкнутые контакты переключателя SB1, замкнутые контакты группы SA1.1, резистор R1, телефонный аппарат E1, плюсовой вывод источника питания.

Предположим теперь, что абоненту аппарата E1 необходимо вызвать дежурного центрального пульта. Для этого ему достаточно снять трубку аппарата, и линия связи окажется соединенной через сопротивление аппарата и резистор R1. На базу транзистора VT1 будет подано положительное напряжение, отчего он откроется и загорится сигнальная лампа HL1. Одновременно откроется фототиристор оптрона и переменное напряжение с обмотки II трансформатора будет подано через диодный мост VD1...VD4 на звонок HA1. Дежурный переведет ручку переключателя SA1 в противоположное положение (по сравнению с показанным на схеме) и начнет разговор с абонентом.

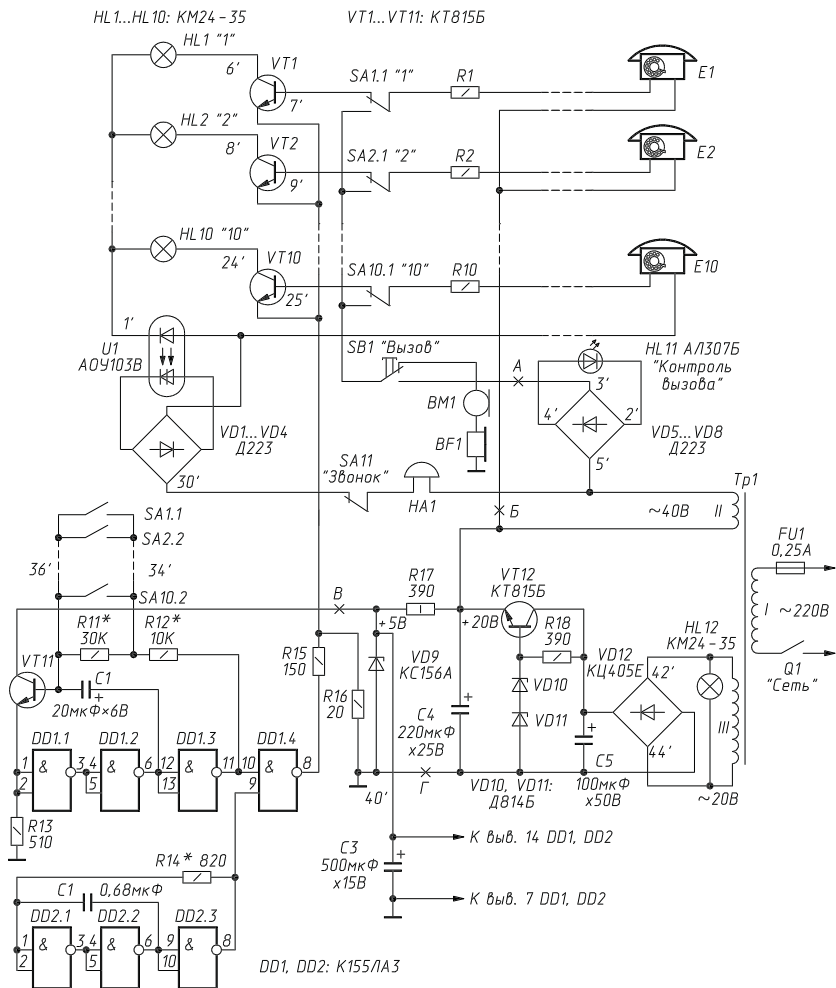


Рис. 4.9. Принципиальная схема коммутатора на десять абонентов (вариант 1)

Если же абонент телефонного аппарата E1 хочет связаться, например, с абонентом аппарата E10, дежурный с помощью переключателей SA10 и SB1 вызывает его. Тот поднимает трубку, и абоненты могут вести разговор. Правда, громкость звука будет меньше, чем при разговоре с дежурным.

Как только какой-либо абонент поднимает трубку своего телефонного аппарата, в ней прослушиваются сигналы «длинные гудки» или

«короткие гудки», поступающие в линию через эмиттерные переходы транзисторов VT1...VT10 с делителя, образованного резисторами R15 и R16. Сигналы вырабатываются двумя генераторами. Частота первого генератора, собранного на элементах DD2.1...DD2.3, составляет 300–500 Гц, частота второго (он собран на элементах DD1.1...DD1.3 и транзисторе VT11) – 0,3–1,5 Гц. Сигналы генераторов суммируются элементом DD1.4 и с его выхода поступают на делитель R15, R16.

Когда подвижные контакты переключателей SA1...SA10 находятся в исходном (показанном на схеме) положении, во времязадающую цепь второго генератора включены последовательно соединенные резисторы R11 и R12. В это время в поднятой трубке любого телефонного аппарата слышны длинные гудки. Если подвижные контакты хотя бы одного из переключателей находятся в другом (нижнем по схеме) положении, резистор R11 замыкается и в линию поступают сигналы «короткие гудки», свидетельствующие о том, что дежурный центрального пульта с кем-то разговаривает.

Выключателем SA11 при необходимости отключают звонок HA1. Резисторы R1...R10 ограничивают базовые токи транзисторов VT1...VT10.

Для питания телефонного коммутатора применен сетевой блок с двумя стабилизаторами выпрямленного напряжения. Первый из них, обеспечивающий питанием разговорные цепи аппаратов и сигнализаторы вызова, выполнен на стабилитронах VD10, VD11, балластном резисторе R18 и регулирующем транзисторе VT12. Второй, питающий генераторы, составлен из балластного резистора R17 и стабилитрона VD9.

В телефонном коммутаторе используют транзисторы VT1... VT10 – любые из серий КТ815, КТ801, КТ608, КТ3117; VT11 – любой из серий КТ301, КТ312, КТ315, КТ503; VT12 – любой из серий КТ801, КТ815, КТ817. Оптрон U1 – любой из серии АОУ103. Светодиод HL11 может быть АЛ102, АЛ112, АЛ307, АЛ310 с любыми буквенными индексами. Диоды VD1...VD8 – любые из серий Д101, Д102, Д220, Д223, КД509, КД510 или диодная сборка КДС628А; выпрямительный мост VD12 – любой из серий КЦ402, КЦ405. Конденсаторы С1, С3...С5 – К50-6, К50-16, К50-12; С2 – КМ-6А, К10-17. Резисторы – МЛТ-1 (R17) и МЛТ-0,25 (остальные). Переключатели SA1...SA10 – тумблеры ТП1-2, МТ-2, выключатели SA11, Q1 – ТВ2-1, кнопочный переключатель SB1 – КМ1, КП-3, П2К. Звонок HA1 – от любого телефонного аппарата с обмоткой сопротивлением 1–3 кОм, рассчитанный на работу от переменного напряжения. Телефон BF1 и угольный микрофон BM1 объединены в стандартной трубке телефонного аппарата.



Данные трансформатора питания Т1 приведены в описаниях предыдущих переговорных устройств.

Большая часть элементов телефонного коммутатора смонтирована на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 4.11). Для соединения выводов деталей с остальными цепями пульта на плате можно предусмотреть монтажные точки или установить пустотелые заклепки. Можно также применить малогабаритный многоконтактный соединитель МРН44-2. Для такого варианта нумерация контактов соединителя показана на принципиальной схеме цифрами со штрихами.

Налаживание коммутатора сводится к подбору резистора R14 по требуемому тону звукового сигнала (400 Гц), а также резисторов R11 и R12, чтобы добиться требуемой продолжительности длинных и коротких гудков.

Телефонный коммутатор изображен на рис. 4.10. Для соединения телефонных аппаратов с центральным пультом можно применить любой провод, руководствуясь в основном соображениями его механической прочности. Если в качестве общего провода использовать трубы водопровода или отопительной системы, то линия связи с абонентом будет однопроводной.

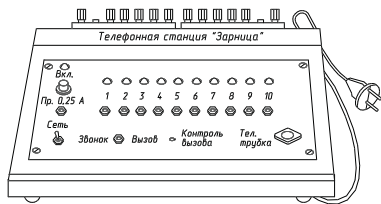


Рис. 4.10. Коммутатор на десять абонентов

На рис. 4.12 приведена схема еще одного варианта телефонного коммутатора. В нем для индикации сигнала вызова использованы светодиоды, следовательно, отпала

необходимость в транзисторных ключах. Вместо звонка переменного тока применяется тональный вызов, поэтому удалось обойтись без оптрона. Каждый из переключателей SA1...SA10 имеет всего лишь одну группу контактов.

Отметим особенности этого коммутатора. При снятии трубки любого телефонного аппарата загорается соответствующий светодиод и на выводе 10 элемента DD4.3 появляется напряжение высокого уровня, которое снимается с делителя напряжения R16...R18. Поскольку на второй вход этого элемента (вывод 9) поступает прерывистый сигнал частотой около 400 Гц, звуковой излучатель HA1 подает звуковые сигналы.

На элементах DD1.1...DD1.3 и DD3.4, DD4.1 собраны генераторы с частотами 1 и 400 Гц соответственно. D-триггеры DD2.1 и DD2.2,

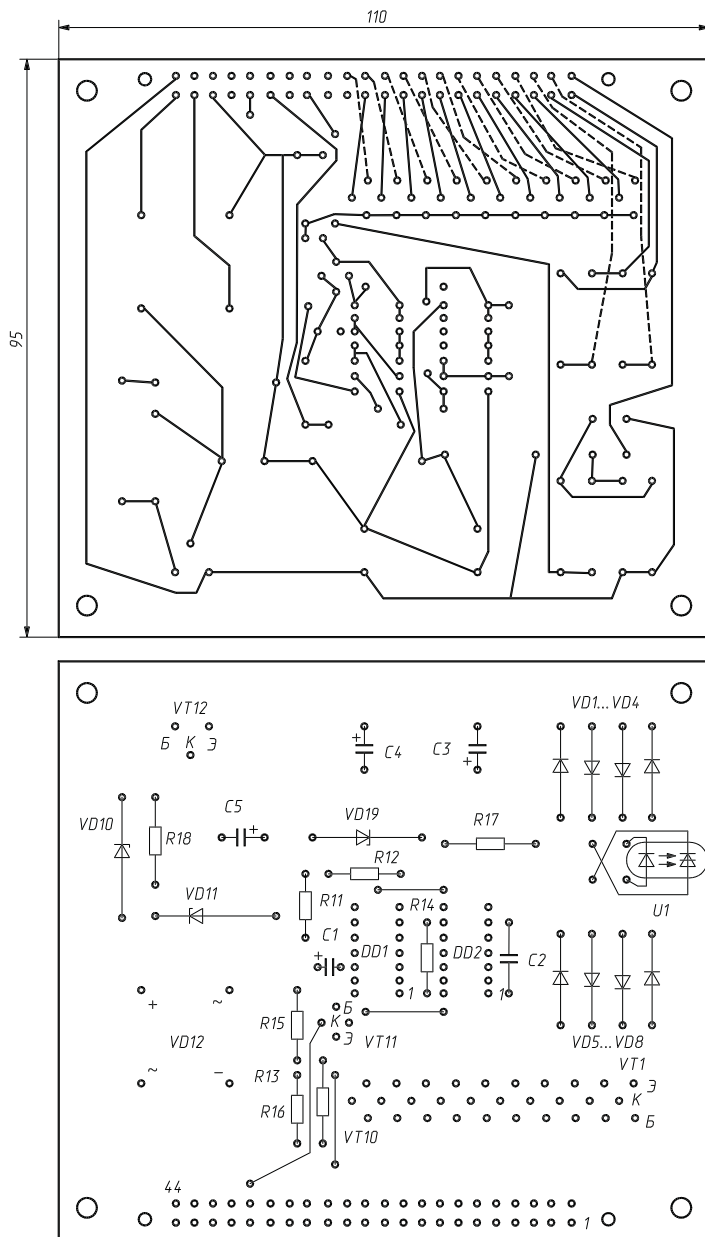


Рис. 4.11. Монтажная схема коммутатора на десять абонентов

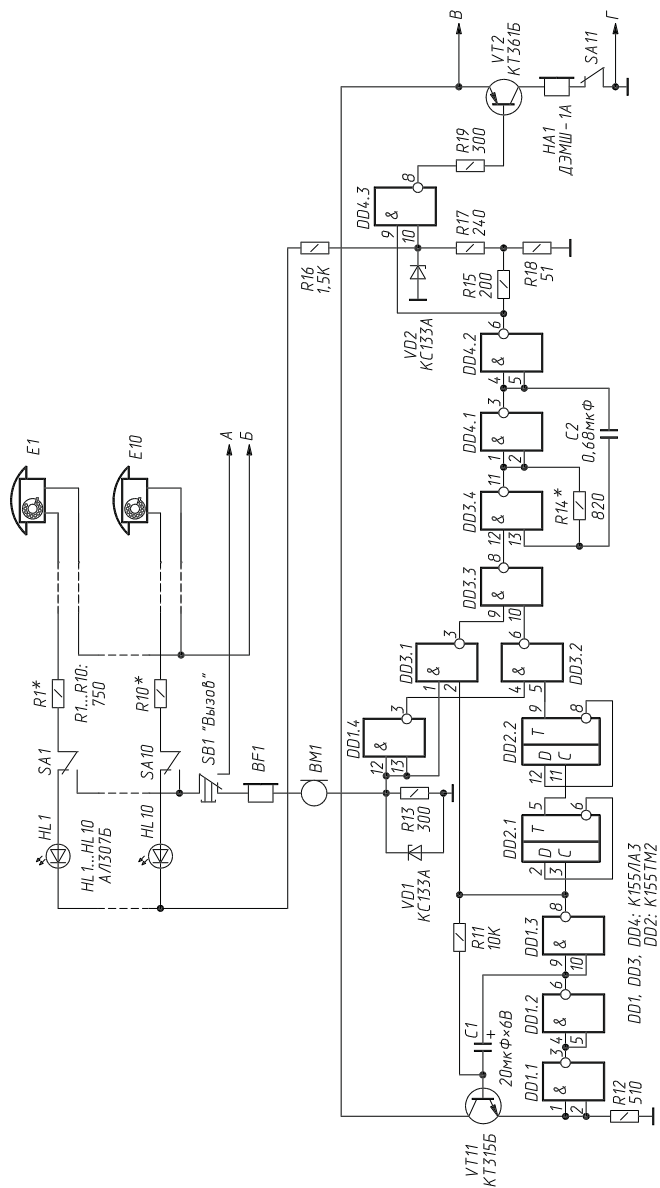


Рис. 4.12. Принципиальная схема коммутатора на десять абонентов (вариант 2)

работающие в счетном режиме, делят частоту импульсов первого генератора на 4, поэтому на выходе элемента DD2.2 имеется сигнал частотой 0,25 Гц. Элементы DD3.1 и DD3.2 переключают на входы элемента DD3.3 сигналы частотой 1 и 0,25 Гц. Если разговор не ведется (то есть все переключатели SA1...SA10 находятся в исходном состоянии), то на входах элемента DD1.4 действует напряжение низкого уровня, а на его выходе – напряжение высокого уровня, которое поступает на вход элемента DD3.2. В результате на выход элемента DD3.3 проходят импульсы частотой 0,25 Гц. Если же на входы элемента DD1.4 поступает напряжение высокого уровня (при протекании разговорного тока через резистор R13), то на выходе элемента DD3.3 появляются импульсы частотой 1 Гц. Через резистор R15 прерывистый сигнал частотой 400 Гц (короткие гудки) поступает в линии всех телефонных аппаратов, а также на базу транзистора VT2.

Стабилитроны VD1, VD2 ограничивают напряжение на входах логических элементов DD1.4 и DD4.3.

Налаживание телефонного коммутатора сводится в основном к подбору резистора R14 по требуемому тону гудков. Необходимо также подобрать номиналы резисторов R1...R10 так, чтобы при разговоре каждого из десяти абонентов с дежурным ток через телефон BF1 и микрофон BM1 составлял примерно 10–20 мА. Подбор этих резисторов следует производить только тогда, когда к коммутатору подключены все линии связи телефонных аппаратов. Источник питания тот же, что и у описанного выше коммутатора. Проводники подключения станции к источнику питания обозначены буквами А–Г.

### **Телефонный коммутатор с расширенными возможностями**

Отличием этого варианта коммутатора от описанных выше является возможность адресации вызовов, поступающих на центральный пульт, одному из абонентов. Такая необходимость возникает, например, если дежурного центрального пульта по каким-то причинам вызвать нельзя. Следовательно, коммутатор может работать в двух режимах: когда все вызовы поступают на центральный пульт и когда происходит переадресация вызовов с центрального пульта заранее определенному абоненту.

По принципиальной схеме (рис. 4.13) питание подано выключателем Q1, микротелефонные трубки всех аппаратов находятся в исходном состоянии, а все переключатели – в показанных положениях. Положение контактов переключателя SA11 определяет первый режим работы устройства.

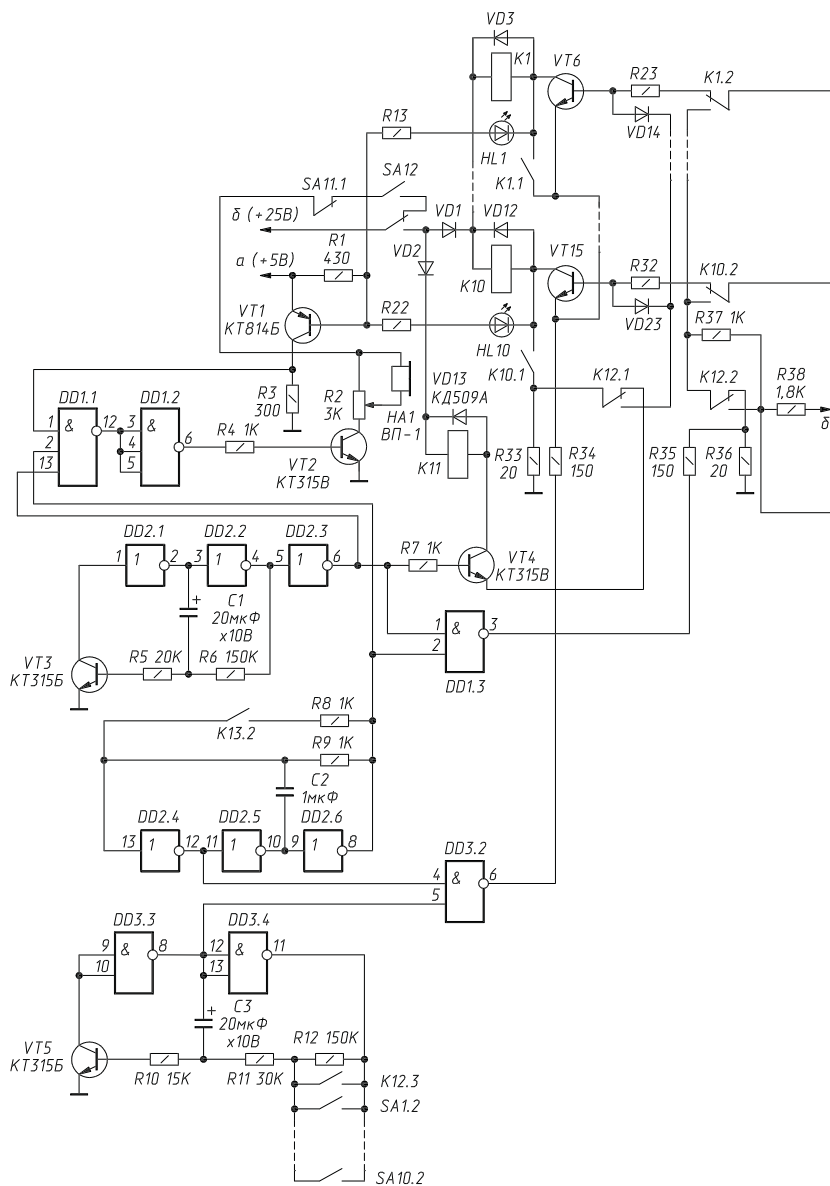


Рис. 4.13а. Схема коммутатора с расширенными возможностями

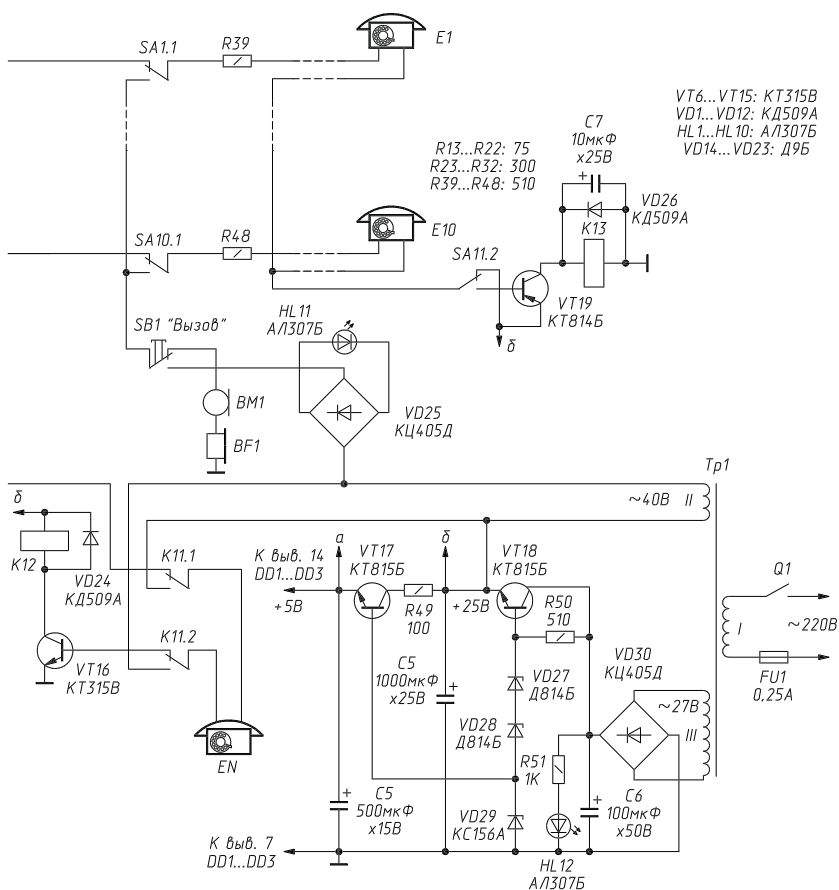


Рис. 4.136. Схема коммутатора с расширенными возможностями

Пусть дежурному на центральном пульте необходимо связаться с абонентом E1. Для этого контакты переключателя SA1 надо перевести в нижнее (по схеме) положение и нажать кнопку SB1 «Вызов». При этом переменное напряжение с обмотки II трансформатора Tr1 подается на телефонный аппарат E1 по цепи: верхний (по схеме) вывод обмотки II трансформатора Tr1, мостовой выпрямитель VD25 и светодиод HL11, контакты кнопки SB1 и переключателя SA1.1,

резистор R39, телефонный аппарат E1, нормально замкнутые контакты переключателя SA11.2, нижний (по схеме) вывод обмотки II трансформатора Tr1 (точка б). В аппарате E12 раздается звонок, абонент снимает трубку и начинает вести разговор. При этом разговорный ток протекает по цепи: плюсовой провод источника питания, телефонный аппарат E1, резистор R39, замыкающие контакты переключателя SA1.1, нормально замкнутые контакты кнопки SB1, микрофон BM1 и телефон BF1 телефонной трубки центрального пульта, общий провод источника питания.

Светодиод HL11 необходим для контроля исправности линии связи: если она исправна, то в момент нажатия кнопки SB1 светодиод горит.

Когда абонент E1 желает связаться с центральным пультом, он снимает микротелефонную трубку своего аппарата. При этом цепь замыкается через внутреннее сопротивление аппарата E1, на базу транзистора VT6 подается положительное напряжение, транзистор открывается и загорается светодиод HL1. Одновременно открывается транзистор VT1 и на входной вывод 1 элемента DD1.1 подается напряжение высокого уровня (падение напряжения на резисторе R3 при протекании через него коллекторного тока транзистора VT1). При этом на выходе элемента DD1.1 появляются импульсы звуковой частоты, следующие с периодом 4–5 с. Они вырабатываются двумя генераторами, выполненными на элементах HE микросхемы DD2. На элементах DD2.1, DD2.2 и DD2.3 выполнен генератор импульсов, следующих с периодом 3–5 с, а на элементах DD2.4...DD2.6 – генератор импульсов звуковой частоты. В зависимости от состояния контактов реле K13.2 генератор на элементах DD2.4, DD2.6 вырабатывает импульсы двух частот: 400 или 800 Гц. Таким образом, в данном случае на выходе элемента DD1.2 будут импульсы частотой 400 Гц. Они усиливаются по мощности транзистором VT2 и через переменный резистор R2, служащий регулятором громкости, поступают на звуковой излучатель HA1 (разумеется, контакты выключателя звукового сигнала SA12 при этом должны быть замкнуты). Дежурный центрального пульта слышит прерывистые звуковые сигналы вызова и видит горящий светодиод HL1, абонент же E1 прослушивает в микротелефонной трубке сигнал «длинные гудки», поступающий в линию через эмиттерный переход транзистора VT6 с делителя напряжения R33R34. Сигналы «длинные гудки», поступающие в линию, формируются генератором импульсов звуковой частоты и генератором инфранизкой частоты, собранным на элементах DD3.3, DD3.4.

Период следования импульсов на его выходе определяется состоянием контактов реле K12.3 и переключателей SA1.2...SA10.2. Следовательно, если все контакты переключателей SA1...SA10 находятся в исходном (показанном на схеме) положении, в линию поступают сигналы «длинные гудки», а если контакты хотя бы одного из этих переключателей будут в другом положении (то есть с центрального пульта ведется разговор с кем-либо из абонентов) – «короткие гудки» (период их следования около 1 с). Таким образом, при поступлении вызова дежурный центрального пульта должен переключить контакты одного или нескольких переключателей SA1...SA10 в соответствии с горящими светодиодами. В разговоре при этом могут участвовать несколько абонентов.

Обратимся к работе коммутатора во втором режиме, при котором подвижные контакты переключателя SA11 должны быть в нижнем (по схеме) положении. Телефонный аппарат, принимающий все вызовы, на схеме условно обозначен EN. Это может быть один из аппаратов E1...E10, который в этом случае отключают от соответствующей линии, а также дополнительный телефонный аппарат. В любом случае он должен находиться в другом помещении, нежели сам коммутатор, иначе теряется смысл работы во втором режиме.

Допустим, что абонент E1 снял трубку. При этом открывается транзистор VT19, срабатывает реле K13 и его контакты K13.1, переключаясь, подают напряжение питания на реле K1...K11. Открывается транзистор VT6, что приводит к срабатыванию реле K1, контактами K1.1 оно самоблокируется, а контакты K1.2 подключают линию аппарата E1 к делителю напряжения R35, R36. В линию поступают сигналы «длинные гудки». Частота звукового сигнала в данном случае составляет не 400, а 800 Гц (поскольку контакты K13.2 подключают резистор R8 параллельно времязадающему резистору R9). Повышенная частота звукового сигнала позволит вызываемому абоненту определить, в каком режиме работает коммутатор и есть ли кто-нибудь на центральном пульте. Очевидно, что высокий тон сигнала говорит об отсутствии телефониста.

В этом случае реле K11, управляемое импульсами генератора на элементах DD2.1...DD2.3, начинает периодически подавать переменное вызывное напряжение на аппарат EN от обмотки II трансформатора T1. Когда трубка этого аппарата снимается в момент нахождения контактов K11.1, K11.2 в исходном положении, открывается транзистор VT16 и срабатывает реле K12. При этом контакты K12.1



снимают напряжение питания с эмиттера транзистора VT4, что обесточивает реле K11, и соединяют базы транзисторов VT6...VT15 через диоды VD14...VD23 и резистор R33 с общим проводом. Поэтому снятие трубок телефонных аппаратов E2...E10 не приводит к срабатыванию реле K2...K10. Абоненты E1 и EN могут вести разговор. Ток протекает по цепи: общий провод, эмиттерный переход транзистора VT16, нормально замкнутые контакты K11.2, телефонный аппарат EN, нормально замкнутые контакты K11.1, замыкающие контакты K12.2 и K1.2, нормально замкнутые контакты SA1.1 переключателя SA1, резистор R39, телефонный аппарат E1, эмиттерный переход транзистора VT19, «плюс» источника питания.

При снятии телефонной трубки любого из аппаратов E2...E10 в ней прослушиваются сигналы «короткие гудки» высокого тона (800 Гц).

После возвращения всех трубок на рычаги приборы коммутатора принимают исходное состояние (реле K1...K13 обесточены).

Определим назначение других деталей коммутатора. Диоды VD3...VD13, VD24, VD26 защищают соответствующие им транзисторы от пробоя напряжением самоиндукции, возникающим на обмотках реле K1...K13. Диоды VD1, VD2 исключают протекание тока элемента DD2.3 через коллекторный переход транзистора VT4, реле K11, K1...K10 и далее на базу транзистора VT1. Без них через базу транзистора VT1 стал бы протекать небольшой ток, вызывающий открывание транзистора и подачу напряжения высокого уровня на входной вывод 1 элемента DD1.1 микросхемы DD1. Но такое может произойти лишь при снятии трубки одного из телефонных аппаратов. Резистор R1 исключает самопроизвольное открывание транзистора VT1, что повышает надежность работы устройства. Конденсатор C7 исключает дребезг якоря реле K13 при кратковременном размыкании его цепи питания переключающимися контактами реле K1...K10. Резистор R38 обеспечивает транзистору VT16 надежное открывание, подавая положительное напряжение на его базу.

В этом коммутаторе используются в основном такие же детали, как и в описанных ранее устройствах: реле K1...K11 и K13 – РЭС47 (паспорт РФ4.500.417); K12 – РЭС22 (паспорт РФ4.500.131). Трансформатор Tr1 выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×25. Его обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,10, обмотка II – 400 витков провода ПЭВ-2 0,12, обмотка III – 270 витков провода ПЭВ-2 0,23. Звуковой излучатель HA1 – типа ВП-1 или капсуль ДЭМШ-1А.

Коммутатор собран в корпусе, аналогичном по форме и размерам изображенному на рис. 4.10. Для обеспечения возможности быстрого переключения линий телефонных аппаратов использованы разъемные соединители типа ОНЦ-ВГ (магнитофонные гнездо и вилка).

## ПРИСТАВКИ К ТЕЛЕФОННЫМ АППАРАТАМ

Устройства, о которых пойдет речь, расширяют функциональные возможности телефонных аппаратов и более удобны в эксплуатации. Все они совместимы с аппаратами телефонных сетей общего применения, однако при соответствующей настройке могут работать также и с аппаратами самодельной АТС. В основном это достигается путем подключения к аппарату той или иной приставки.

### Световой сигнализатор вызова

Предназначенный для людей с пониженным слухом, он обеспечивает появление светового сигнала при поступлении вызова к абоненту (рис. 4.14). 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 цепи управляющего электрода триода VS1. Особенность такого способа включения транзистора –

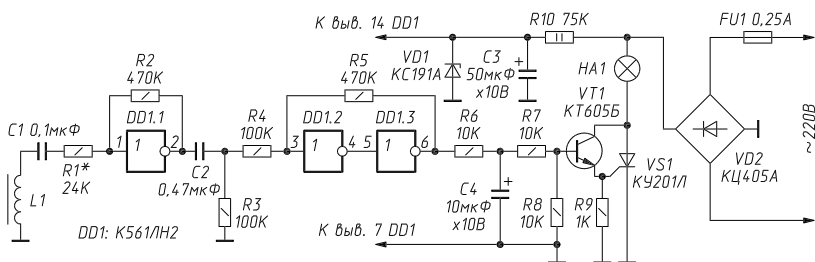


Рис. 4.14. Принципиальная схема светового сигнализатора вызова

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 к абоненту вызове.

Конденсатор С4 сглаживает пульсации вызывного напряжения и исключает мерцание сигнальной лампы HA1.

Питание микросхемы осуществляется от параметрического стабилизатора, в котором работают элементы R10, VD1, С3.

Микросхему К561ЛН2 можно заменить К561ЛН1, К561ЛА7, К561ЛА9 или соответствующими аналогами из серии К176. Транзистор VT1 – КТ605, КТ940 с любыми буквами. Тринистор VS1 – КУ201К (Л), КУ202 (К...Н). Конденсаторы – КМ-6, К10-7 (С1, С2), К50-6, К50-16, К50-12, К50-24 (С3, С4). 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. Разрешается применять и самодельный датчик. Его магнитопроводом может быть стальной прут диаметром 5–7 мм (например, отрезок обычного гвоздя).

Телефонный световой сигнализатор монтируют на плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 4.15). Плату размещают в корпусе размером 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.

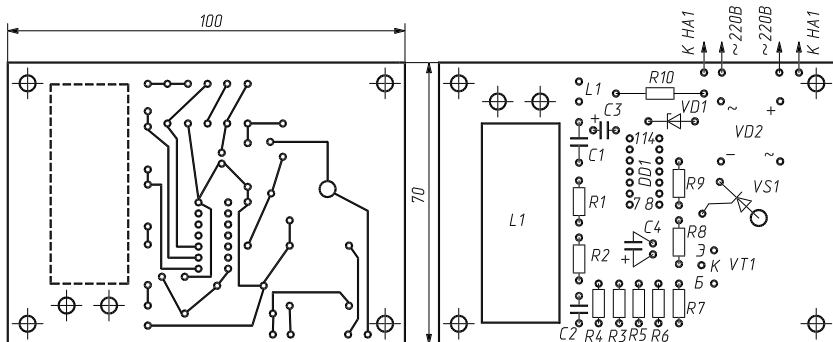


Рис. 4.15. Монтажная схема светового сигнализатора вызова

Необходимой чувствительности устройства добиваются подбором резистора R1.

Мощность лампы накаливания HL1 может быть 25–150 Вт.

### Сигнализатор с мелодичным звучанием

Сигнализатор с мелодичным звучанием (рис. 4.16) позволяет заметить резкий звук звонка приятной трелью. Его входная часть (датчик, усилитель и формирователь) аналогична соответствующим узлам предыдущего сигнализатора. Резисторы R6, R7, диод VD1 и конденсатор C3 образуют фильтр, преобразующий пульсирующее напряжение в постоянное. Генераторы на логических элементах DD1.4 и DD2.1, DD1.5 и DD2.2, DD1.6 и DD2.3 вырабатывают импульсы частотой примерно 1000, 10 и 500 Гц соответственно. Их суммарный сигнал и имитирует звуки, напоминающие пение соловья. С выхода логического элемента DD3.2 сигнал звуковой частоты поступает на вход ключевого усилителя на транзисторе VT1. Его нагрузкой служит переменный резистор R12. Снятый с него сигнал излучатель HA1 преобразует в звук.

Напряжение питания на элементы сигнализатора поступает от электросети через конденсатор C8 и выпрямитель VD3. Конденсатор

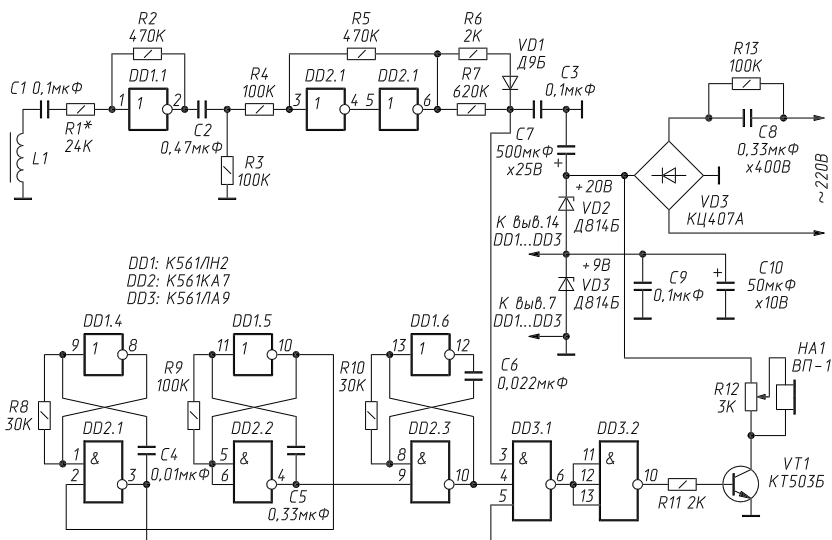


Рис. 4.16. Принципиальная схема мелодичного сигнализатора вызова

C8 выполняет функцию балластного сопротивления (емкостное сопротивление этого конденсатора переменному току частотой 50 Гц составляет около 10 кОм). Резистор R13 обеспечивает разрядку конденсатора после отключения устройства от сети. Напряжения для питания микросхем и звукового излучателя снимаются со стабилизаторов VD3 и VD2; конденсаторы C7 и C10 сглаживают пульсации выпрямленного напряжения; конденсатор C9 повышает помехоустойчивость сигнализатора.

### **Сигнализатор с селекцией числа звонков**

Сигнализатор с селекцией числа звонков начинает выдавать звуковой сигнал не сразу после подачи вызывных посылок-звонков, а лишь начиная с некоторого их числа. Другими словами, сигнализатор как бы пропускает определенное число звонков, не реагируя на них звуком, а лишь записывая в память (то есть производит количественную селекцию). Звонок телефонного аппарата, работающий с таким сигнализатором, должен быть несколько приглушен.

Данное устройство можно применять, например, для исключения вызовов от нежелательных абонентов. Известно, что в среднем абонент держит трубку в течение 4–5 звонков (этого вполне достаточно, чтобы вызываемый абонент подошел к телефону и ответил), а затем дает «отбой», возвращая трубку на рычаг аппарата. Если сигнализатор настроить на режим игнорирования такого числа звонков, то дозвониться смогут лишь те абоненты, которым сообщен секрет и которые будут держать трубку в течение 6 и более звонков. Другой возможный случай использования такого устройства – установление приоритетов в работе двух параллельно соединенных телефонных аппаратов, находящихся в разных помещениях. В этой ситуации один из двух телефонов работает совместно с сигнализатором. При появлении в линии вызывных посылок сначала на них реагирует только первый телефонный аппарат – раздается звонок. Сотрудники, находящиеся в этом помещении, снимают трубку. Если же в комнате, где находится первый аппарат, никого нет или никто не желает снимать трубку, то по прошествии некоторого времени начинает звучать сигнализатор, установленный рядом со вторым телефонным аппаратом. Сотрудники второй комнаты снимают трубку. Такой сигнализатор удобно использовать, когда в первой комнате находится начальник, который по договоренности должен брать трубку первым, а во второй комнате – его подчиненные. Если во вторую комнату поступил вызов,

значит, начальника нет на месте и надо снимать трубку. При этом часть вызовов проходит незаметно для служащих во второй комнате и не отвлекает их от работы. Возможны и другие случаи применения сигнализатора.

Принципиальная схема сигнализатора показана на рис. 4.17. Входные каскады, генератор сигнала звуковой частоты и источник питания – такие же, как и в предыдущем устройстве. При включении устройства в электросеть и отсутствии сигнала датчика L1 на выходе элемента DD1.2 появляется напряжение высокого уровня. Конденсатор C4 начинает заряжаться через резистор R9. Через 10–15 с напряжение на конденсаторе устанавливает счетчик DD3 в исходное состояние, при котором на всех выходах будет напряжение низкого уровня. Напряжение такого уровня, поступающее на входные выводы 4, 5 элемента DD4.1, запрещает подачу звукового сигнала на вход элемента DD4.2. Сигнализатор находится в ждущем режиме.

При появлении переменного магнитного поля в непосредственной близости от датчика L1 на выходе элемента DD1.3 возникают прямоугольные импульсы. Конденсатор C4 быстро разряжается через резистор R8 и диод VD2, на R-входе счетчика DD3 появляется напряжение низкого уровня, переводящее эту микросхему в счетный режим. За время паузы между двумя звонками (4–5 с) конденсатор C4 не успевает зарядиться через резистор R9 до напряжения, при котором происходит сброс триггеров счетчика DD3, поэтому микросхема DD3 работает в счетном режиме все время, пока подаются звонки.

При подаче звонка на входе элемента DD1.4 действует напряжение высокого уровня, а на его выходе – низкого уровня. Поскольку по входу C1 счетчик переключается положительным перепадом напряжения, то изменение состояния счетчика происходит по окончании первого звонка. При этом на первом выходе счетчика (вывод 2) устанавливается напряжение высокого уровня.

Когда появляется напряжение высокого уровня на выходе счетчика, к которому подключен подвижный контакт галетного переключателя SA1, напряжение такого же уровня будет и на входе C2, которое устанавливает счетчик в режим хранения. Теперь импульсы на входе C1 уже не будут изменять состояние счетчика. Одновременно на выводе 5 микросхемы DD4 устанавливается напряжение высокого уровня, и при появлении последующих звонков начинает работать звуковой сигнализатор устройства HA1. Звуковые сигналы будут



продолжаться до тех пор, пока вызываемый абонент не снимет трубку своего аппарата или вызывающий абонент не прекратит подачу сигналов вызова.

Детали устройства монтируют на печатной плате (рис. 4.18). Корпус его точно такой же, как у светового сигнализатора. На боковую стенку выводят ручки переменного резистора R14 и галетного переключателя SA1 (переключатель типа МПН-1 на 11 положений).

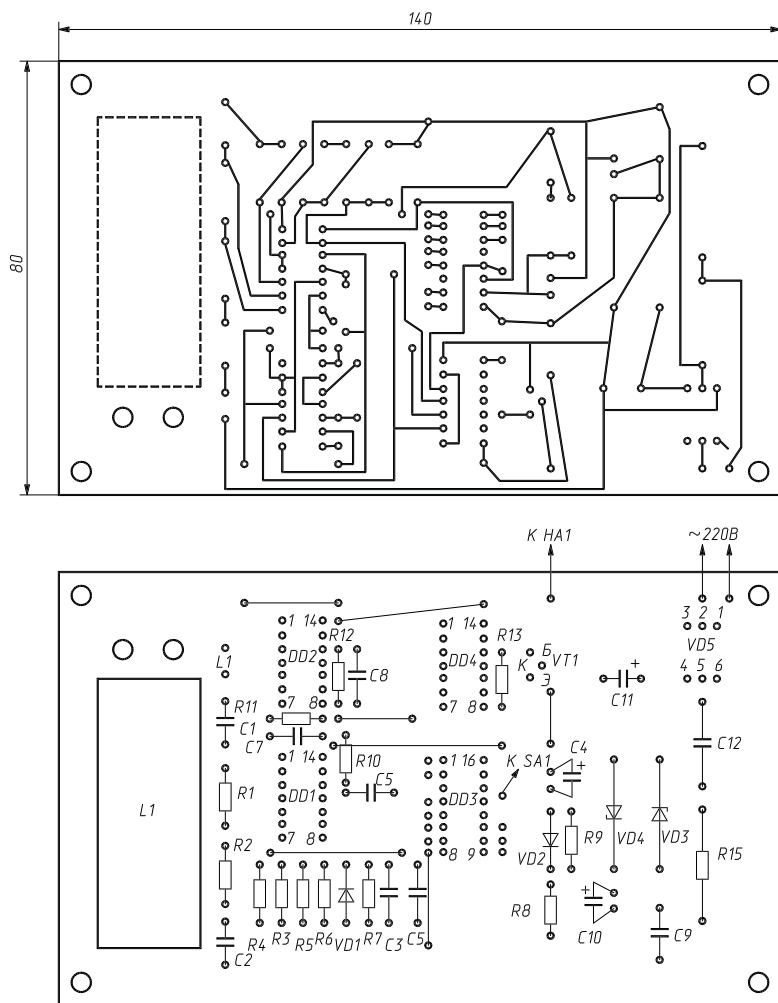


Рис. 4.18. Монтажная схема сигнализатора с селекцией числа звонков



Достоинством описанного выше сигнализатора является отсутствие гальванической связи с телефонной линией, а недостатком – питание от дополнительного источника (от сети).

Во втором варианте сигнализатора, описанном в [1], питание осуществляется от телефонной линии, а потому имеется гальваническая связь с ней. Рассмотрим работу этого варианта приставки по принципиальной схеме (рис. 4.19).

В исходном состоянии, когда трубка положена, напряжение на резисторе R8, являющемся датчиком тока, равно нулю. Транзистор VT2 закрыт, на выходе логического элемента DD1.3 напряжение лог. 1, транзистор VT1 открыт. Транзисторы ключа микросхемы DA1 закрыты, и через диоды мостового выпрямителя VD13...VD16 ток не протекает: телефонный аппарат E1 отключен от телефонной линии. На выводах аппарата имеется постоянное напряжение 40–60 В, поступающее через элементы VD18, R13, VD17. Однако это напряжение не образует тока через зажимы телефонного аппарата, поскольку в аппарате при положенной трубке в цепь зажимов включен конденсатор, создающий бесконечно большое сопротивление постоянному току.

При поступлении вызова от телефонной станции в линии действует переменное напряжение, которое через формирующие цепи подается на счетный вход C1 счетчика импульсов DD2. Как и в первом варианте сигнализатора, один импульс на счетном входе соответствует одному звонку. После поступления на этот вход числа импульсов, заданного положением подвижного контакта переключателя SA1, счетчик установится в режим хранения, а на подвижном контакте переключателя появится напряжение лог. 1. Это приведет к открыванию транзистора VT2 (через цепь VD21, R7), переключению логических элементов DD1.2, DD1.3, закрыванию транзистора VT1 и открыванию электронного ключа DA1. Телефонный аппарат E1 через мостовой выпрямитель окажется подключенным к линии и начнет звонить. Одновременно через диод VD3 будет заблокировано прохождение импульсов вызывного тока на логический элемент DD1.1.

Если подвижный контакт переключателя SA1 установить в верхнее (по схеме) положение, то все поступающие вызывные послышки будут проходить на телефонный аппарат.

Рассмотрим работу сигнализатора при установлении исходящего соединения. Когда трубку снимают, через цепь телефонного аппарата

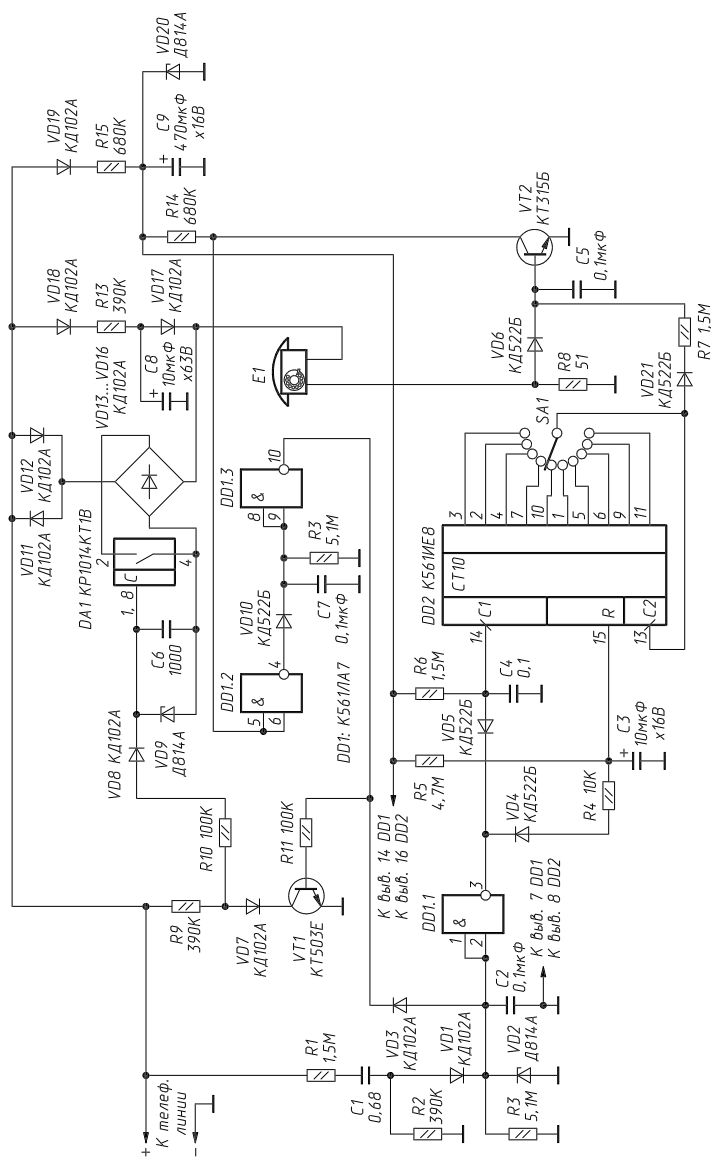


Рис. 4.19. Принципиальная схема сигнализатора с селекцией (вариант 2)

начинает протекать ток (разряжается конденсатор С8 через диод VD17 и внутреннее сопротивление аппарата), который создает падение напряжения на резисторе R8; открываются транзистор VT2 и электронный ключ DA1 (как это было описано выше). Через телефонный аппарат начинает течь ток (через диодный мост VD13...VD16), аппарат оказывается подключенным к телефонной линии, и можно набирать номер вызываемого абонента. Очевидно, что импульс тока, вызванного разрядкой конденсатора С8, должен быть такой длительности, чтобы за время его действия успели переключиться логические элементы DD1.2, DD1.3 и открылся электронный ключ DA1. Это достигается соответствующим выбором емкости конденсатора С8. Поскольку зарядка емкости конденсатора С7 напряжением высокого уровня с выхода элемента DD1.2 происходит практически мгновенно через прямое сопротивление диода VD10, включение электронного ключа DA1 успевает произойти даже при относительно небольшой емкости конденсатора С8. Возврат же элемента DD1.3 в исходное состояние выполняется не мгновенно, а примерно через 1 с, поскольку разрядка конденсатора С7 происходит через резистор R12. Этого времени достаточно, чтобы надежно удержать линию и не позволить закрыться электронному ключу DA1 при формировании импульсов набора номера. Этой же цели служат элементы VD6, С5, VD8 VD9, С6.

При возврате микротелефонной трубки более чем на 1 с устройство возвращается в исходное состояние, происходит отбой соединения.

Все типы элементов и конструкция сигнализатора аналогичны примененным в первом варианте.

Для настройки сигнализатора может потребоваться некоторое уточнение емкости конденсатора С8 по надежному срабатыванию электронного ключа при снятии трубки.

### **Сигнализатор числа поступивших вызовов**

Это устройство в отсутствие абонента ведет подсчет числа поступивших к нему вызовов. Такая информация может представлять определенный интерес для абонента.

Входные каскады сигнализатора (рис. 4.20) аналогичны соответствующим каскадам предыдущих сигнализаторов с индуктивными датчиками. На выходе элемента DD1.5 (вывод 8) формируются прямоугольные импульсы, период которых соответствует периоду следования поступающих вызовов. Эти импульсы не являются откликом

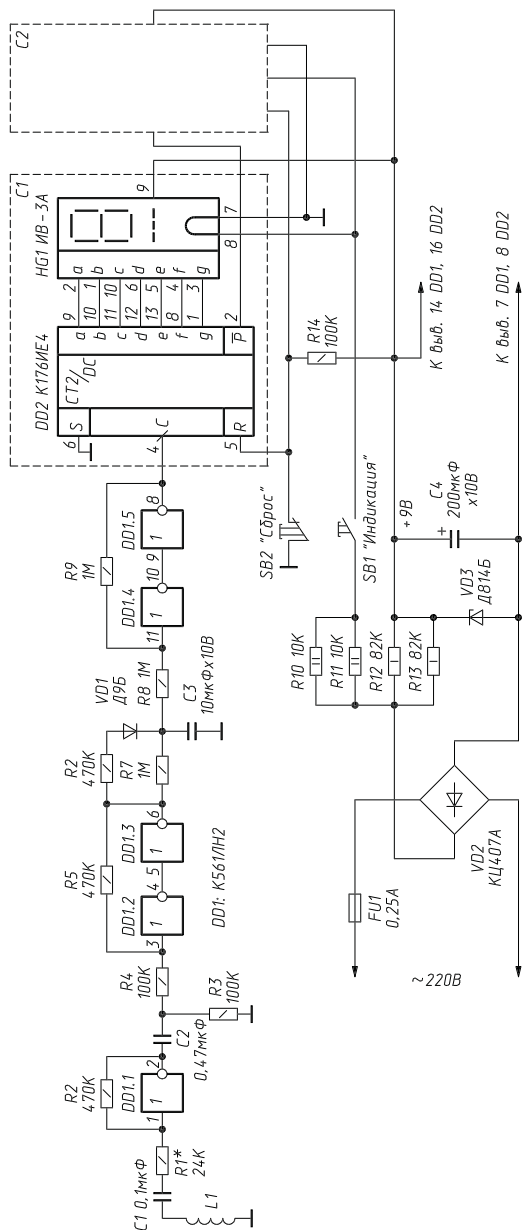


Рис. 4.20. Принципиальная схема сигнализатора числа вызовов

устройства на все поступившие звонки, а представляют собой реакцию сигнализатора на группы звонков, подаваемых одним абонентом. При поступлении первого звонка конденсатор С3 быстро заряжается до напряжения высокого уровня через резистор R6 и диод VD1. За время паузы между двумя звонками (4–5 с) конденсатор не успевает разрядиться, и напряжение высокого уровня на выходе формирователя сохраняется в течение действия всей группы звонков. По завершении действия вызывных посылок конденсатор С3 разряжается через резисторы R7 и R8, и на вход С микросхемы DD2 поступает один импульс.

Микросхема К176ИЕ4 (DD2) представляет собой двоично-десятичный счетчик с дешифратором, управляющим работой семисегментного цифрового индикатора. Ее вход С – счетный, вход S служит для выбора режима работы выходных каскадов: при действии на входе S напряжения высокого уровня состояние счетчика определяется напряжением низкого уровня на его выходах, при действии на входе S напряжения низкого уровня – напряжением высокого уровня на выходах счетчика. Установка счетчика в исходное состояние обеспечивается подачей напряжения высокого уровня на R-вход, для чего нужно нажать кнопку SB2 «Сброс». Кнопка SB1 «Индикация» служит для вывода требуемой информации: через ее контакты подается питание на нить накала люминесцентного индикатора НГ1.

Наличие двух счетчиков (С1 и С2) позволяет производить подсчет числа поступивших вызовов до 99. При одном счетчике наибольшее число подсчитываемых поступающих вызовов будет равно 9.

Цифровые индикаторы (НГ1, НГ2) могут быть как люминесцентными, так и светодиодными. Кнопки SB1 и SB2 – КМ1, МП7, П2К.

Можно также запретить прослушивание с параллельного телефонного аппарата. Схема соединения аппаратов, исключающая прослушивание разговора с одного из них, показана на рис. 4.21. Условно назовем аппарат Е1 основным, а Е2 – дополнительным. Действие приставки, включающей элементы VD1, VD2, VS1, основано на том, что при занятии линии АТС аппаратом Е1 напряжение в линии падает от величины 60–100 В до

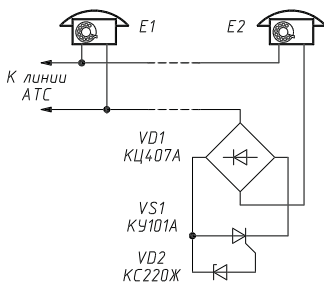


Рис. 4.21. Схема соединения против прослушивания

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. Но 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, прозвучит звонок). Однако если во время занятия линии абонентом E2 абонент E1 снимет трубку, то аппарат E1 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 представлять собой отдельный узел.

### Сигнализаторы занятости линии

Сигнализаторы занятости линии предназначены для работы совместно с параллельно включенными телефонными аппаратами. Они позволяют определить, не снимая трубки, разговаривает другой абонент по телефону или нет. Индикатором занятости линии являются светодиоды, установленные в каждом телефонном аппарате.

Познакомимся с работой первого варианта сигнализатора (рис. 4.22). Устройство представляет собой генератор релаксационных колебаний, в котором зарядка конденсатора C1 осуществляется током телефонной линии через резистор R1, а разрядка конденсатора происходит через диностор VS1 на светодиод HL1. Двухдиодный мост VD1 позволяет не заботиться о полярности подключения устройства к телефонной линии. Когда линия не занята (трубки лежат на аппаратах), напряжение на ее зажимах составляет 60–100 В (в зависимости от конкретной АТС). При этом работает релаксационный генератор, вызывая мигание светодиода HL1 с частотой около 1–2 с. Когда кто-либо из абонентов снимает трубку аппарата, напряжение в линии снижается до 10–20 В и работа генератора прекращается, поскольку напряжение открывания диностора VS1 превышает

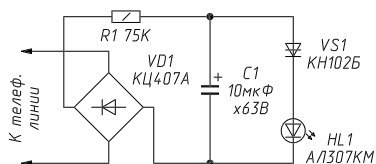


Рис. 4.22. Схема сигнализатора занятости линии (вариант 1)

указанное значение напряжения (для КН102Б оно составляет около 30 В). Светодиод при занятой линии мигать не будет.

Сигнализатор монтируют в корпусе каждого телефонного аппарата, работающего параллельно с другим. Светодиод располагают таким образом, чтобы он был виден с возможно большего расстояния.

В качестве диодистора VS1 можно использовать также экземпляры с буквами В, Г.

Схема второго варианта сигнализатора занятости линии представлена на рис. 4.23. Транзисторы VT1, VT2 работают в ключевом режиме. Когда телефонная линия не занята, через стабилитроны VD1, VD2

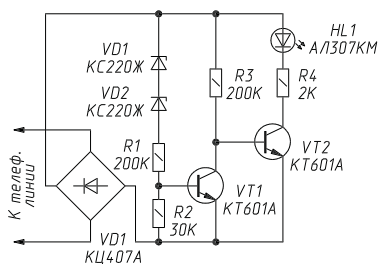


Рис. 4.23. Схема сигнализатора занятости линии (вариант 2)

протекает ток, открывающий транзистор VT1. При этом транзистор VT2 закрыт и светодиод HL1 не светится. Когда линия занята (снята трубка), стабилитроны закрываются, поскольку напряжение в линии становится меньше суммарного напряжения стабилизации стабилитронов. Транзистор VT1 закрывается, а транзистор VT2 открывается

током, протекающим через резистор R3, загорается светодиод HL1. Резистор R4 исключает шунтирование телефонной линии малым падением напряжения на открытых переходах транзистора VT2 и светодиода HL1.

## Устройство против подслушивания

Такая приставка исключает передачу сигнала в линию АТС с телефонного аппарата, микрофонная трубка которого покоится в исходном положении. Известно, что электромагнитный звонок телефонного аппарата или электромагнитный излучатель электронного вызывного устройства являются акустическими преобразователями, то есть способны улавливать звуки. Эти сигналы поступают в телефонную

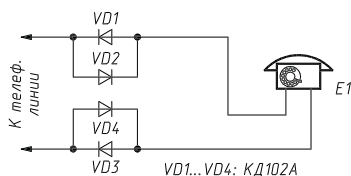


Рис. 4.24. Схема устройства против подслушивания

линию и могут быть использованы для подслушивания. Включение диодов VD1...VD4 (рис. 4.24) предотвратит 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.

### Громкоговорящая приставка к телефонному аппарату

Иногда возникает необходимость, чтобы несколько человек, находящихся в одном помещении, могли одновременно слышать телефонный разговор. Это можно обеспечить путем усиления сигнала телефонной линии от звонящего абонента. Схема громкоговорящей приставки показана на рис. 4.25.

Если контакты выключателя  $Q1$  замкнуты, то напряжение сети 220 В понижается трансформатором  $Tr2$  и подается на мостовой выпрямитель  $VD1$ . Конденсатор  $C7$  сглаживает пульсации. С выхода микросхемы  $DA2$ , которая является интегральным стабилизатором напряжения, стабилизированное напряжение +9 В подается для питания усилителя низкой частоты, выполненного на микросхеме  $DA1$ . Сигнал на вход усилителя поступает через разделительный конденсатор  $C2$  с подвижного контакта переменного резистора  $R1$ , которым регулируется громкость прослушиваемого разговора. Переменный

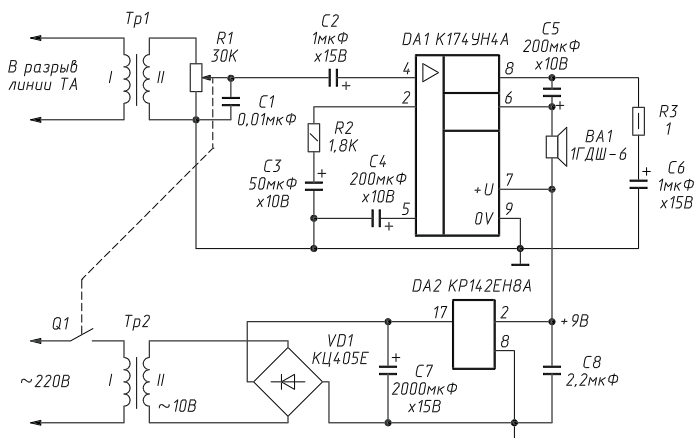


Рис. 4.25. Принципиальная схема громкоговорящей приставки



резистор является нагрузкой трансформатора Тр1, первичная обмотка которого включена в разрыв цепи телефонного аппарата. Через эту обмотку протекает разговорный ток линии АТС.

Конденсатор С1 уменьшает уровень шумов, поступающих с линии АТС на вход усилителя. Микросхема DA1 включена по типовой схеме. Элементы R2, С3, С4, R3, С6 обеспечивают необходимую коррекцию амплитудно-частотной характеристики усилителя.

В приставке в качестве микросхем DA1 и DA2 помимо указанных можно применить соответственно К174УН4Б и КР142ЕН8Г. Конденсаторы С2...С7 – типа К50-6, К50-16 или К50-35; С1, С8 – КМ-6, К10-17 или К73-17. Постоянные резисторы – МЛТ или С2-23. Переменный резистор R1 с выключателем – типа СПЗ-3, СПЗ-4, СПЗ-10, СПЗ-30, СПЗ-33 или др. Выпрямительный мост VD1 – КЦ405, КЦ407 с любыми буквами. Трансформатор Тр1 – 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, то есть трансформатор работает как повышающий. Сетевой трансформатор Тр2 типа ТП-133, 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, сопротивлением 4–16 Ом.

Приставка собрана в пластмассовом корпусе подходящих размеров. Большая часть элементов расположена на плате из текстолита или гетинакса, монтаж выполнен проводами. Провода, идущие от обмотки II трансформатора Тр1 к переменному резистору R1 и от него к конденсаторам С1, С2, должны 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, не требует налаживания. При прослушивании телефонного разговора переменным резистором R1 устанавливают такую громкость, чтобы она была достаточной, но в то же время не возникала акустическая обратная связь между динамической головкой ВА1 и микрофоном телефонного аппарата.

## **Электронная телефонная трубка**

Неотъемлемой частью любого телефонного аппарата является разговорный узел, который собирается по схеме с трансформатором (его функции были рассмотрены в начале раздела).

Основные недостатки подобного узла – наличие сравнительно громоздкого трансформатора и невозможность регулировки громкости звука. В последнее время все чаще разговорные узлы стали выполнять по бестрансформаторной схеме. Схема одного из вариантов электронного разговорного узла (см. [41]) показана на рис. 4.26. По существу, это электронная телефонная трубка со стандартными угольным микрофоном ВМ1 и телефонным электромагнитным капсюлем ВФ1, которую можно подключить к любому телефонному аппарату.

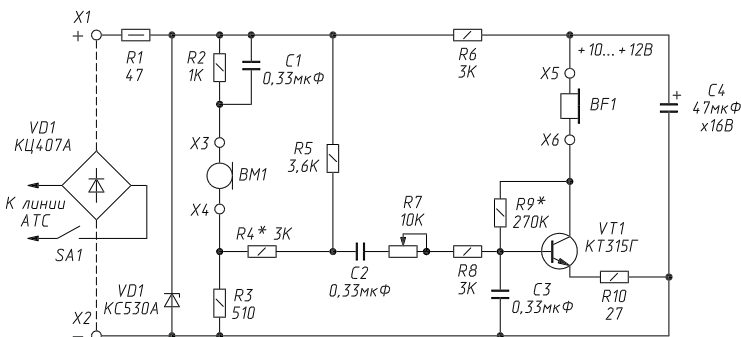


Рис. 4.26. Принципиальная схема электронной телефонной трубки

Электронную трубку можно использовать и как дополнительный аппарат, включенный параллельно с основным. Установленная, например, на кухне электронная трубка позволит отвечать на звонки абонентов, не подходя к основному аппарату, стоящему в другом помещении. Правда, в этом случае в состав трубки придется ввести диодный мост VD1 и выключатель SA1 (его контакты замыкают на время разговора).

Угольный микрофон ВМ1 включен по стандартной схеме последовательно с ограничительными резисторами R2, R3 и шунтирующим конденсатором C1. На транзисторе VT1, включенном по схеме с общим эмиттером, выполнен усилитель сигнала телефонной линии. Телефон ВФ1 является коллекторной нагрузкой транзистора.

Сигнал с телефонной линии поступает на вход усилителя через резистор R5, конденсатор C2 и резисторы R7, R8. Уровень громкости устанавливают переменным резистором R7.

Питается усилитель током линии АТС через фильтр R6, C4. Конденсатор C3 защищает усилитель от высокочастотных помех и наводок,

которые могут возникать в линии (в традиционных аппаратах полосу пропускания ограничивается сверху трансформатором).

Подавление местного эффекта осуществляется подачей на вход усилителя сигнала с микрофонной цепи (в данном случае с резистора R3), противофазного сигналу микрофона в телефонной линии. Глубину подавления местного эффекта можно регулировать резистором R4.

Для защиты элементов электронной трубки от вызывного напряжения АТС, которое может достигать 120 В, используют резистор R1 и стабилитрон VD1. Напряжение ограничивается на уровне около 30 В. В разговорном режиме напряжение на входе устройства составляет 15–25 В, и стабилитрон не влияет на работу трубки.

Электронную трубку подключают к линии АТС через диодный мост VD1 типов КЦ405, КЦ407 или выполненный из диодов серий КД102, КД105. Если трубка будет работать совместно с телефонным аппаратом, диодный мост монтируют в его корпусе, а при использовании трубки в качестве самостоятельного разговорного устройства его размещают внутри трубки или в телефонной вилке.

Конденсаторы C1...C3 – КМ-6, К73-17, К10-17; C4 – К50-6, К50-16, К50-35. Переменный резистор R7 – любой малогабаритный, например СПЗ-9, СПЗ-4, СПО.

Элементы электронной трубки монтируют на печатной плате с габаритными размерами 55×15 мм, которую размещают в корпусе микротелефонной трубки. Переменный резистор располагают таким образом, чтобы можно было вращать его ручку.

Правильно собранное устройство практически не требует налаживания. Подключив трубку через диодный мост к телефонной линии, вольтметром постоянного тока измеряют напряжение на конденсаторе C4. Оно должно составлять 15–25 В, в противном случае следует подобрать резистор R9.

## **Индикатор набираемого номера**

Такая приставка, подключаемая к телефонному аппарату, позволяет визуально контролировать число импульсов, посылаемых в линию АТС при наборе номера вызываемого абонента. Достоинством этого устройства перед импортными телефонными аппаратами, которые выводят на табло набираемый с клавиатуры номер, является то, что в данном случае контролируется непосредственно число импульсов, поступающих в линию. В импортных же аппаратах высвечиваются

цифры, занесенные в память телефонного аппарата. В случае каких-либо помех в линию может поступить другое число импульсов, отличающееся от информации на табло. Кроме того, описываемая здесь приставка может работать не только с телефонным аппаратом с кнопочным номеронабирателем, но и с аппаратами, имеющими дисковый номеронабиратель с механическими контактами. Важно лишь, чтобы частота импульсных посылок составляла  $10 \pm 1$  имп/с.

На рис. 4.27 показана принципиальная схема работы приставки.

Датчиком импульсов, поступающих в линию АТС, служит трансформатор Т1, обмотка I которого включается последовательно с выводами телефонного аппарата. Обмотка II – повышающая. Импульсы, возникающие на ней, являются двуполярными. На логических элементах DD1.1, DD1.2, резисторе R1 и конденсаторе C1 выполнен узел, эквивалентный по своему действию интегрирующей цепи и триггеру Шмитта. В результате на выходе элемента DD2.1 при наборе цифры формируются прямоугольные импульсы, очищенные от дребезга контактов механического номеронабирателя.

При появлении первого импульса на выходе логического элемента DD1.3 появляется напряжение низкого уровня, которое через цепь R2 VD1 быстро разряжает конденсатор C2. Напряжение низкого уровня, поданное на вход R микросхемы DD2, разрешает работу счетчика, входящего в ее состав. На счетный вход С микросхемы DD2 подаются импульсы набора номера, изменяющие состояние счетчика.

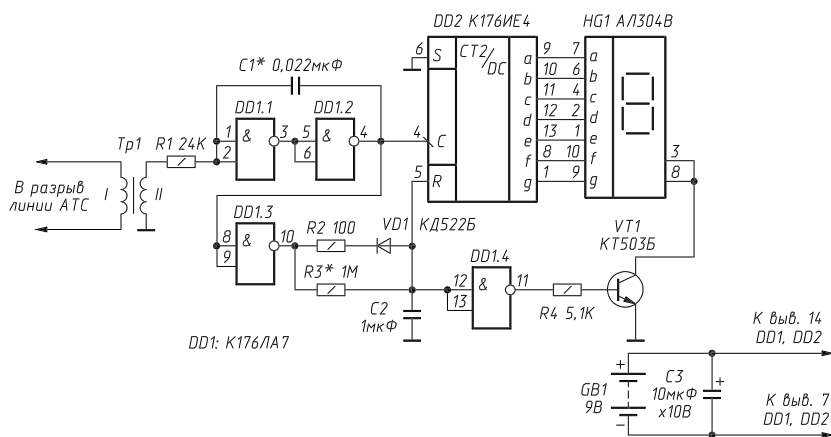


Рис. 4.27. Принципиальная схема индикатора набираемого номера (вариант 1)

Счетные импульсы воздействуют на вход С своим срезом, а подача напряжения низкого уровня на вход осуществляется по фронту первого импульса. Таким образом, к моменту поступления среза первого импульса на вход С микросхема уже готова к работе.

Следует заметить, что в режиме ожидания на входе R микросхемы DD2 имеется напряжение высокого уровня, которое устанавливает все триггеры микросхемы в исходное (нулевое) состояние.

Счетчик микросхемы DD2 совмещен с дешифратором, выходы которого подключены к анодам цифрового светодиодного индикатора HG1. Использован индикатор с общим катодом, то есть зажигание соответствующего сегмента происходит при подаче на входы индикатора напряжения высокого уровня. Чтобы обеспечивалась работа дешифратора в коде высоких выходных уровней, на вход S микросхемы подано напряжение низкого уровня.

Транзистор VT1 регулирует подачу напряжения низкого уровня на катоды индикатора HG1 только в момент работы счетчика; в остальное время индикатор погашен. Поскольку микросхемы потребляют очень малый ток в статическом режиме (не более 2–5 мкА), батарея GB1 от устройства не отключается.

По окончании набора очередной цифры номера конденсатор C2 заряжается через резистор R3 до напряжения высокого уровня и счетчик устанавливается в исходное состояние. Постоянная времени цепи R3 C2 выбрана так, чтобы в течение гарантированной паузы между пачками импульсов набора (0,2–0,8 с) счетчики микросхемы DD2 устанавливались в исходное состояние.

Резистор R2 предохраняет выход логического элемента DD1.3 от импульсов тока, возникающих при перезарядке конденсатора C2 (ограничивается выходной ток логического элемента, соответствующий напряжению низкого уровня на его выходе).

Микросхему K176ЛА7 можно заменить на K176ЛЕ5 или использовать аналоги из серии K561. Микросхема K176ИЕ4 полных аналогов не имеет. Диод VD1 – любой из серий Д9, КД503, КД509, КД510, КД521, КД522. В качестве светодиодного цифрового индикатора HG1 разрешается применять приборы типов АЛ304А...АЛ304В, АЛ305Ж...АЛ305Л, АЛС321А, АЛС324А. Транзистор VT1 – КТ315, КТ503 с любыми буквами. Конденсаторы C1, C2 – КМ-6, К10-17, К73-17; C3 – К50-6, К50-16, К50-35. В качестве трансформатора Т1 использован выходной трансформатор от транзисторных приемников

любого типа (ТВ-12 и др.), в качестве обмотки I – обмотка с меньшим числом витков. Все резисторы – типа МЛТ или С2-23. Батарея GB1 – типа «Крона» или «Корунд».

Устройство может быть собрано в корпусе телефонного аппарата, совместно с которым оно будет работать, либо в отдельном корпусе как приставка к аппарату.

Настройка индикатора номера состоит в подборе сопротивления резистора R3: оно должно быть таким, чтобы в течение паузы между импульсными посылками (0,2–0,8 с) конденсатор C2 успевал заряжаться до напряжения высокого уровня, устанавливающего по входу R счетчики микросхемы DD2 в исходное состояние. Поскольку длительность паузы различна для разных типов номеронабирателей, резистор R3 следует подобрать индивидуально. В некоторых случаях может потребоваться подбор конденсатора C1, если счетчик микросхемы DD2 будет неточно фиксировать число импульсов, поступивших с номеронабирателя.

Рассмотренная схема проста, но у нее есть недостаток: цифровой индикатор загорается только во время набора цифр, а в паузах между импульсными посылками гаснет; кроме того, высвечиваются все цифры от 0 до набираемой, то есть индицируются все промежуточные состояния счетчика (цифры мерцают).

На рис. 4.28 представлена принципиальная схема второго варианта индикатора набираемого номера, в котором за счет некоторого усложнения отмеченные недостатки устранены.

Формирователь импульсов, выполненный на логических элементах DD1.1 и DD1.2, ничем не отличается от уже рассмотренного.

Для устранения мерцания цифр во время набора пришлось использовать дешифратор K176ИД2 – преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора, в состав которого входят также триггеры, позволяющие запомнить входной код. Микросхема (DD4) имеет четыре информационных входа для подачи двоичного кода: 1, 2, 4, 8 – и три управляющих входа. Вход S, как и в микросхеме K176ИЕ4, определяет уровень выходных сигналов, возбуждающих сегменты цифрового индикатора. Поскольку в данном случае применяется индикатор HG1 с общим катодом, свечение соответствующего сегмента достигается подачей напряжения высокого уровня с выходов дешифратора а–г. Для обеспечения работы дешифратора в коде высоких выходных уровней вход S соединен с общим проводом.

(При использовании совместно с дешифратором цифрового индикатора с общим анодом на вход S следовало бы подать напряжение высокого уровня.)

Вход К дешифратора управляет зажиганием/гашением индицируемого знака: при подаче на этот вход напряжения низкого уровня индикация разрешена, при подаче напряжения высокого уровня происходит гашение знака.

Вход С управляет работой триггеров памяти: при подаче напряжения высокого уровня триггеры превращаются в повторители, и изменение входных сигналов на входах 1, 2, 4, 8 вызывает соответствующее изменение выходных сигналов. Если же на вход С подано напряжение низкого уровня, происходит запоминание сигналов, имевшихся на входах дешифратора перед подачей напряжения низкого уровня на вход С, и микросхема не реагирует на изменение сигналов на входах 1, 2, 4, 8.

Микросхема K176ИЕ2 (DD3) – пятиразрядный счетчик, который может работать как двоичный в коде 1-2-4-8-16 при напряжении высокого уровня на управляющем входе А или как декада с подключенным к выходу триггером при напряжении низкого уровня на входе А. Именно такой режим работы использован в данном случае. Вход R служит для установки триггеров счетчика в нулевое состояние подачей на этот вход напряжения высокого уровня. Первые четыре триггера счетчика могут быть установлены в единичное состояние подачей напряжения высокого уровня на входы S1...S8 независимо от уровня напряжения на входе R.

На входы С1 или С2 подаются счетные импульсы, причем по входу С1 счетчик реагирует на фронт импульса, а по входу С2 – на срез импульса. В обоих случаях на второй неиспользуемый вход должно быть подано напряжение высокого уровня.

После изучения особенностей микросхем счетчика и дешифратора остановимся на работе устройства, обратившись к его принципиальной схеме (рис. 4.28) и временным диаграммам (рис. 4.29).

В исходном состоянии на выходе логического элемента DD1.2 присутствует напряжение низкого уровня, на выходах DD1.3 и DD2.2 – высокого. На вход R микросхемы DD3 через резистор R6 подано напряжение высокого уровня, поэтому все триггеры микросхемы находятся в нулевом состоянии. На вход С микросхемы DD4 через резистор R8 и эмиттерный переход транзистора VT1 поступает напряжение низкого уровня. Транзистор VT1 закрыт, и на входах

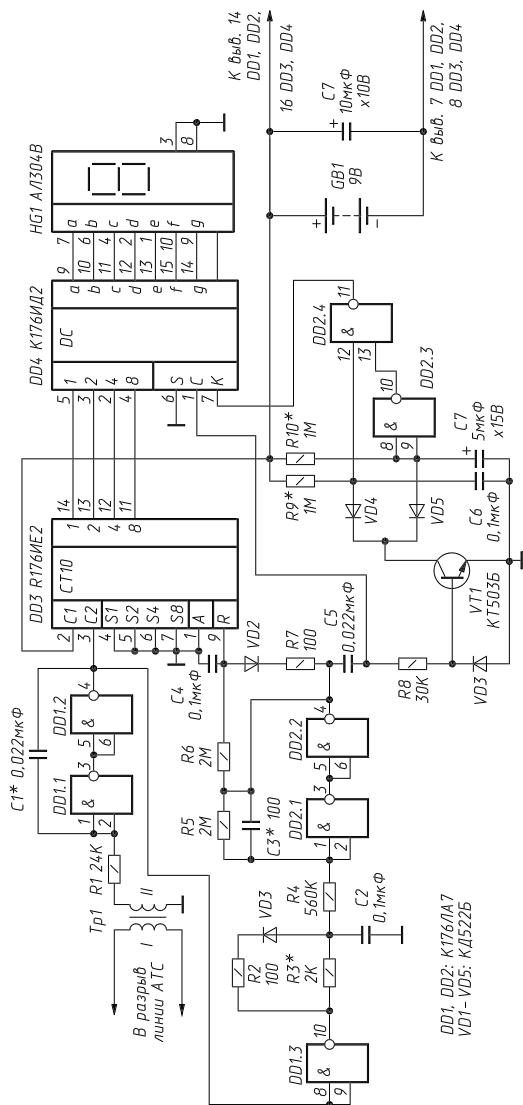


Рис. 4.28. Принципиальная схема индикатора набираемого номера (вариант 2)



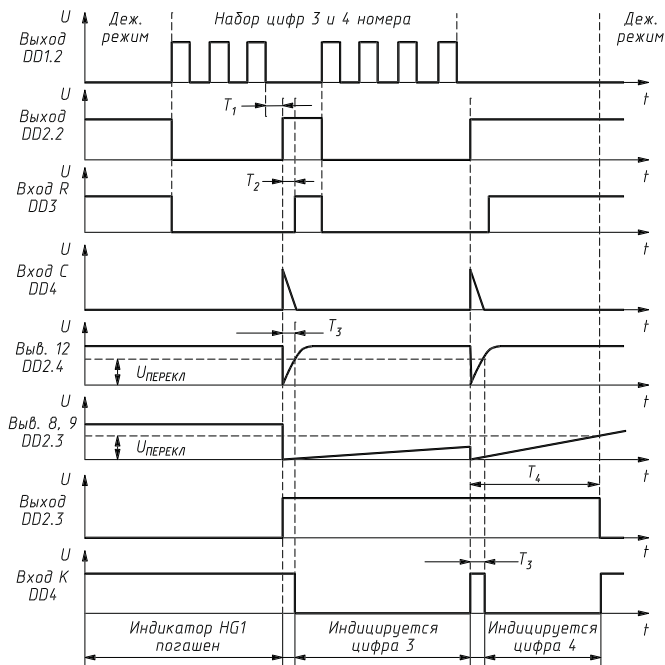


Рис. 4.29. Временные диаграммы счетчика и дешифратора

логического элемента DD2.3, на верхнем по схеме входе элемента DD2.4 – напряжение высокого уровня. На входе К дешифратора DD4 – напряжение высокого уровня, и сегменты индикатора HG1 погашены. В дежурном состоянии устройство может находиться до тех пор, пока поступившие на обмотку I трансформатора T1 импульсы не выведут устройство из такого режима.

При наборе первой цифры номера фронт первого импульса на выходе логического элемента DD1.2 приведет к быстрой разрядке конденсатора C2 и установлению на выходе триггера Шмитта DD2.1, DD2.2 напряжения низкого уровня, которое быстро разрядит через резистор R7 и диод VD2 конденсатор C4, после чего на входе R счетчика DD3 установится напряжение низкого уровня, разрешающее работу счетчика.

По каждому срезу очередного импульса число, записанное в счетчик DD3, увеличивается на единицу. Окончив набор первой цифры номера через интервал времени  $T_1 \sim R3C2$ , триггер Шмитта DD2.1, DD2.2 переключится в противоположное состояние, и на выходе

дифференцирующей цепи R8 C5 сформируется короткий импульс, который воздействует на вход С микросхемы DD4. При этом информация из триггеров счетчика DD3 перепишется в дешифратор DD4. На период действия импульса перезаписи откроется транзистор VT1, и конденсаторы C6 и C7 через диоды VD4 и VD5 разрядятся до напряжения, соответствующего уровню лог. 0 на входах логических элементов DD2.3, DD2.4 (выводы 8, 9, 12 микросхемы DD2). Постоянная времени зарядки конденсатора C6 (T3) ~R9C6 составляет около 0,1–0,2 с, а конденсатора C7 (T4) ~R10C7 – около 5–7 с. В результате совместного действия двух интегрирующих цепей R9 C6 и R10 C7 напряжение низкого уровня на вход К микросхемы DD4 подается с задержкой T3 относительно момента записи информации, и после набора каждой цифры номера в течение интервала T3 индикатор HG1 гаснет. Такое кратковременное гашение введено для того, чтобы визуально различать две одинаковые цифры номера. При отсутствии цепи R9 C6 две, три и более одинаковых цифр номера на индикаторе воспринимались бы как одна цифра, поскольку перезапись по входу С происходит практически мгновенно и смена одинаковых цифр на индикаторе HG1 незаметна для глаза.

Окончив набор номера, индикатор HG1 в течение интервала времени T4 высвечивает последнюю цифру, после чего устройство вновь переходит в дежурный режим, потребляя ток не более 2–5 мкА, поэтому батарея GB1 подключена к элементам устройства постоянно.

Задержка T2 ~R6C4 необходима для того, чтобы сброс счетчика обеспечивался только после перезаписи его состояния в триггеры дешифратора DD4. Сумма величин T1 и T2 не должна превышать длительности гарантированной паузы между набором соседних цифр номера и в зависимости от типа номеронабирателя составляет 0,2–0,8 с. Это следует учитывать при настройке счетчика и дешифратора.

Конденсатор C3 повышает четкость работы триггера Шмитта, блокируя прохождение коротких импульсов помех на его выход, конденсатор C7 улучшает надежность работы устройства при увеличении внутреннего сопротивления батареи GB1 в конце срока ее службы. Резисторы R2, R7, как и в первом варианте устройства, предохраняют выходы соответствующих логических элементов от перегрузки по току. Диод VD3 необходим для перезарядки конденсатора C5.

Настройка индикатора набираемого номера состоит в подборе элементов, обозначенных на схеме звездочками: конденсатора C1 аналогично схеме первого варианта, резисторов R3, R6, R9, R10 до получения

требуемых значений временных интервалов  $T_1...T_4$  в соответствии с временными диаграммами работы устройства.

Заметим, что включение в линию АТС последовательно с телефонным аппаратом обмотки I трансформатора  $T_1$  не нарушит нормальную работу АТС, поскольку сопротивление обмотки I постоянному току не превышает 1–10 Ом, что в 100–1000 раз меньше допустимого сопротивления шлейфа линии АТС.

|          |                                   |     |
|----------|-----------------------------------|-----|
| <b>1</b> | Аппаратура для караоке            | 7   |
| <b>2</b> | Электронная охрана и сигнализация | 63  |
| <b>3</b> | Любительская радиосвязь           | 107 |
| <b>4</b> | Любительская телефония            | 165 |

## **5 ЭЛЕКТРОННЫЕ АВТОМАТЫ, УСТРОЙСТВА**

|  |            |
|--|------------|
| <b>ПДУ телевизора,<br/>управляющий освещением</b>                                | <b>220</b> |
| <b>Кибернетическая игрушка-вездеход</b>  | <b>230</b> |
| <b>Обзор электронных<br/>автоматических переключателей<br/>световых эффектов</b> | <b>250</b> |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| <b>6</b> | Справочная информация<br>для начинающих | 265 |
|----------|---|-----|

В домашних условиях часто приходится выполнять разные рутинные операции. Так, с наступлением вечера нужно отвлекаться от исполнения дела, чтобы включить искусственное освещение, однако это можно сделать, не вставая с места. Поэтому, безусловно, представляют интерес публикуемые ниже описания некоторых автоматических устройств и игрушек.

## **ПДУ ТЕЛЕВИЗОРА, УПРАВЛЯЮЩИЙ ОСВЕЩЕНИЕМ**

Пульты дистанционного управления (ПДУ) имеют много кнопок, часть из которых практически не используется. Интересно применить их для управления другими бытовыми приборами, например освещением в комнате, где расположен телевизор. Особенно это удобно для больных людей или инвалидов.

Кодировка команд в системах дистанционного управления телевизоров различных фирм довольно разнообразна. В большинстве случаев команда передается последовательностью нескольких (десяти и более) пачек импульсов различной продолжительности, причем длительность пауз между импульсами также несет определенную информацию. Для ПДУ телевизора СК-3338ZR фирмы SAMSUNG в команде содержится 11–13 пачек, в каждой из которых 32 или 64 импульса, с частотой заполнения около 40 кГц. Длительность пауз также соответствует 32 или 64 периодам указанной частоты. При продолжительном нажатии на кнопку командные послышки повторяются с частотой примерно 9 Гц. Первые три пачки послышки не зависят от передаваемой команды, но для четных и нечетных нажатий на кнопки они разные: короткая – длинная – короткая или короткая – короткая – длинная.

В табл. 5.1 приведены коды команд ПДУ этого телевизора. Приняты следующие обозначения: «0» – короткая пачка, «1» – длинная пачка, «|» – длинная пауза. Короткие паузы не указаны, поскольку во всех случаях между пачками есть какая-либо пауза. Приведены части команд, следующие за первыми тремя пачками, они содержат от восьми до десяти пачек. В таблице они выровнены по концам, так как после приема располагаются в сдвигающем регистре приемника команд.

Автором разработано устройство, дешифрующее команду SLEEP. Выбор именно этой команды пояснен далее.

Схема предлагаемого устройства приведена на рис. 5.1. Сигнал с инфракрасного фотодиода VD1 усиливается специально предназначенной для этого микросхемой DA1 в стандартном включении. Пачки импульсов положительной полярности с ее выхода (рис. 5.2)

Таблица 5.1. Коды команд ПДУ

| Кнопка  | Выходы регистра D D 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |
|---------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
|         | -                     | - | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |  |  |  |  |  |
| ПДУ     | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| POWER   | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 0       | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 1       | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 2       |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 3       | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 4       |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| 5       |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| 6       |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| 7       | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 8       | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| 9       |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| -/-     |                       |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |
| DISPLAY | 0                     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| P+      |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| P-      |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| VOL+    |                       |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| VOL-    |                       |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| MENU    |                       |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |  |  |  |  |  |
| HELP    |                       |   | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| SLEEP   |                       |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |
| MUTE    |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |
| PRE-CH  |                       | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  |

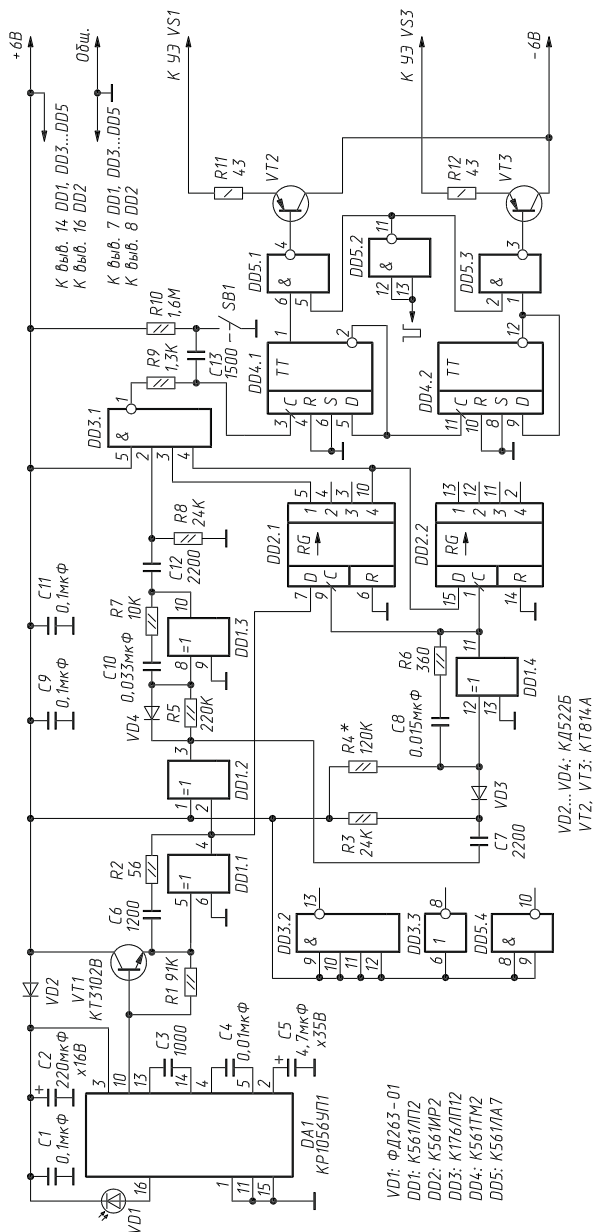


Рис. 5.1. Принципиальная схема дешифратора

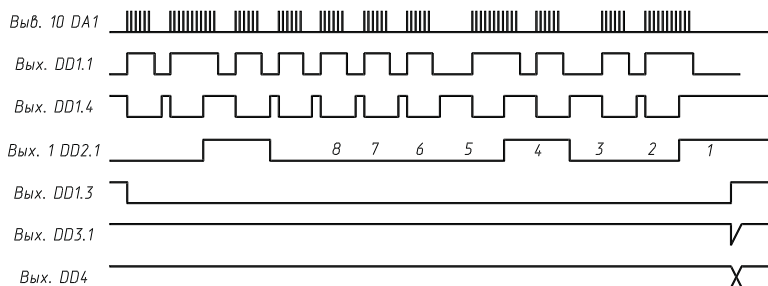


Рис. 5.2. Временные диаграммы дешифратора

поступают на вход узла, собранного на элементах VT1, R1, R2, C6, DD1.1. Этот узел превращает пачки в одиночные импульсы, длительность которых несколько превышает длительность пачек [3]. Установка транзистора VT1 вместо обычного для такого узла диода уменьшает нагрузку на микросхему DA1.

Импульсы с выхода элемента DD1.1 инвертируются элементом DD1.2 и через дифференцирующую цепочку C7, R3 запускают одновибратор на элементе DD1.4. Длительность импульсов низкого уровня на выходе одновибратора – около 1,2 мс, что соответствует полусумме длительностей короткой и длинной пачек. Спадом импульсов с выхода одновибратора (перепадом из лог. 0 в лог. 1) производится запись информации с выхода элемента DD1.1 в первый разряд сдвигающего регистра DD2.1 и DD2.2 и сдвиг ее в сторону возрастания номеров выходов. Если очередная принятая пачка была короткой, в момент окончания импульса одновибратора на выходе элемента DD1.1 – лог. 0, и он запишется в разряд 1 регистра. Соответственно при длинной пачке на выходе DD1.1 – лог. 1, она же и запишется в регистр. В результате после окончания приема команды в регистре DD2.1 и DD2.2 сформируется информация о последних ее восьми пачках, причем о последней в разряде 1. Результат приема команды SLEEP проиллюстрирован на рис. 5.2 – в разрядах 1 и 4 регистра лог. 1, в остальных – лог. 0. Информация о длительности пауз при таком приеме теряется.

Узел на элементе DD1.3 работает подобно узлу на DD1.1: пока на выходе элемента DD1.2 присутствуют импульсы низкого уровня, на выходе DD1.3 – лог. 0, после окончания команды с небольшой задержкой на этом выходе появляется высокий логический уровень. Такой перепад дифференцируется цепочкой C12, R8 и в виде импульса положительной полярности поступает на вход элемента И-НЕ DD3.1.





При такой скважности импульсов ток, расходуемый на включение одновременно двух симисторов, в среднем составляет около 12 мА — это вполне может обеспечить гасящий конденсатор С14 узла питания емкостью 0,68 мкФ. Импульсный характер потребления основной части тока приводит к большим пульсациям на конденсаторе фильтра С15. Поэтому для их сглаживания установлен интегральный стабилизатор напряжения DA2. Это дешевле, чем использовать конденсатор С15 вдвое большей емкости.

Устройство собрано на двух печатных платах, изготовленных из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 5.4 и 5.5). Платы рассчитаны на установку в корпус выключателя-«дергалки», который располагается в жилых домах под потолком. На первой плате (рис. 5.4) смонтированы элементы схемы, показанной на рис. 5.1. На той стороне платы, где установлены элементы схемы,

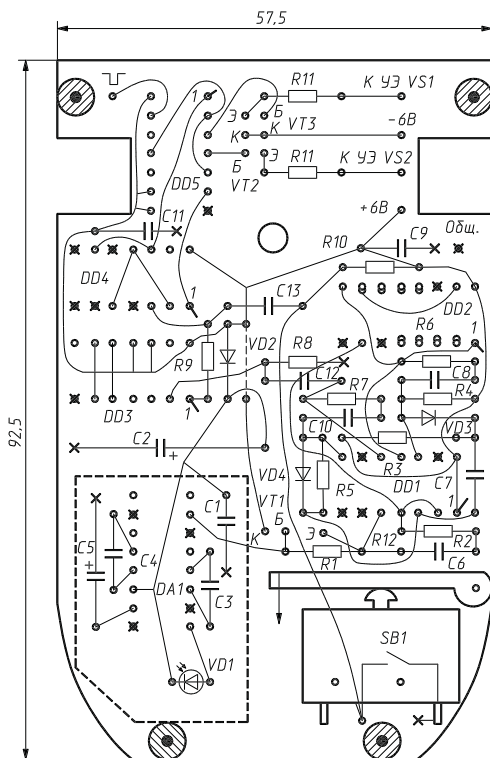


Рис. 5.4. Монтажная схема платы дешифратора

фольга сохранена полностью и выполняет функции экрана и общего провода. Отверстия, кроме помеченных на рис. 5.4 крестиками, означающими пайку к фольге общего провода, на стороне установки элементов раззенкованы. Выводы 3 и 4 элемента DD3.1 соединены с выводами 5 и 10 регистра DD2 навесными проводниками.

Микросхема DA1 вместе с относящимися к ней деталями для защиты от электрических наводок прикрыта припаянным в нескольких точках экраном из тонкой меди, латуни или луженой жести (его контур показан на рис. 5.4 штриховой линией). В экране напротив фотодиода VD1 пробито отверстие; такое же отверстие, но несколько большего диаметра выполнено и в корпусе устройства.

Микровыключатель SB1 снабжен рычагом, выпиленным из органического стекла. На конце рычага закреплена тонкая бечевка, дергая за которую, можно управлять включением люстры вручную. Элементы схемы, показанной на рис. 5.3, установлены на плате (рис. 5.5) пайкой к площадкам без сверления отверстий. На другой стороне фольга сохранена, подключена к общему проводу и служит электростатическим экраном между силовыми и низковольтными цепями устройства. Проводники для соединения с первой платой пропущены в раззенкованные отверстия. Для подключения выключателя к сети и люстре к плате припаяны пять латунных брусочков с отверстиями для проводов и зажимными винтами от контактной колодки. На рис. 5.3 они показаны кружками с цифрами 0, 1, 2 и надписью ~220 В, на рис. 5.5 контактные площадки для них помечены теми же знаками.

Платы соединены между собой четырьмя латунными стержнями диаметром 1 мм (контакты от разъема 2PM), впаянными в отверстия плат по углам.

В устройстве можно применить микросхемы серий K176, K561, KP1561. В качестве VT1 – любой маломощный кремниевый pnp-транзистор с коэффициентом передачи тока базы  $h_{21э}$  не менее 100, транзисторы VT2, VT3 средней или большой мощности с  $h_{21э}$  не менее 80 при токе коллектора 100 мА. Транзисторы VT4 и VT5 – практически любые кремниевые типа pnp. Симисторы VS1 и VS2 – серии КУ208 в пластмассовом корпусе с индексами В1, Г1, Д1 или ТС-106-10 на напряжение не менее 400 В (индекс после указанного обозначения – 4 или больше).

Диоды VD2, VD3, VD4, VD6 – любые кремниевые маломощные, стабилитрон VD5 – на напряжение 15 В и рабочий ток не менее 20 мА. Микросхема DA2 – любой интегральный стабилизатор на напряжение 6 В, например KP1162ЕН6, KP1179ЕН6 или импортный 79L06, 79M06, 7906 с любыми префиксами и суффиксами.

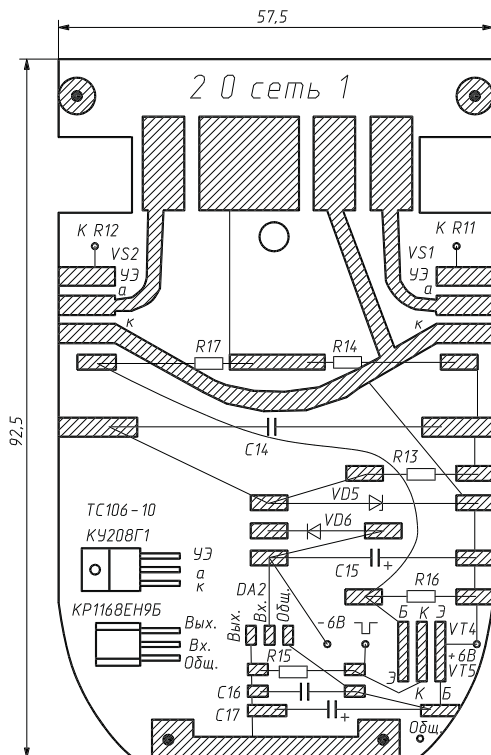


Рис. 5.5. Монтажная схема блока питания

Используемые резисторы – типа МЛТ соответствующей мощности, конденсаторы – КМ-5, КМ-6, К73-16 и К52-1Б. Вместо оксидных можно с успехом установить К50-35 или их импортные аналоги.

Настройка проводится следующим образом. На первой плате соединить входы элемента DD5.2 с общим проводом, между верхними по схеме выводами резисторов R11 и R12 и цепью +6 В включить по светодиоду, подать на контакт +6 В и контакт «Общ.» платы напряжение 6 В от лабораторного источника питания.

Нажимая на шток микровыключателя SB1, необходимо убедиться в поочередном включении и выключении светодиодов. Подавая команду SLEEP с ПДУ на фотодиод VD1 (с расстояния 0,5–1 м и при неярком освещении), следует проверить четкость работы устройства, при необходимости подобрать сопротивление резистора R4 для получения длительности импульсов на выходе одновибратора DD1.4

в пределах 1,1–1,3 мс. Эту работу лучше выполнить с помощью осциллографа со ждущей разверткой. При его отсутствии можно поставить вместо R4 переменный резистор сопротивлением 220 кОм последовательно с ограничительным 51 кОм и определить диапазон сопротивлений, в котором осуществляется прием команды. После этого установить R4 с сопротивлением, соответствующим середине данного диапазона.

Для проверки платы с блоком питания между ее контактами +6 В и «Общ.» следует впаять резистор 910 Ом любой мощности, подключить плату к сети и осторожно (все элементы платы находятся под напряжением) проверить напряжение между общим проводом платы и цепями +6 В и –6 В. Если они отличаются от номинальных не более чем на 0,5 и 1 В соответственно, платы можно соединить между собой и проверить работу устройства в сборе с нагрузками в виде осветительных ламп.

Чувствительность изготовленного автором устройства обеспечивает четкий прием команды при расстоянии между ПДУ и фотоприемником до 6 м.

Если в комнате нет других устройств, управляемых инфракрасным ПДУ, дешифратор можно упростить. В этом случае удобнее использовать команду HELP, поскольку только она имеет единицы, попадающие при приеме в разряды 5 и 8 регистра DD2. Роль элемента И-НЕ DD3.1 выполнит DD5.4 при подаче на один из его входов импульса с дифференцирующей цепочки C12, R8, а на другой – сигнала с разряда 5 или 8 регистра DD2, при этом микросхема DD3 становится ненужной.

Однако если в комнате эксплуатируется видеомэгнитофон той же фирмы (например, SVR-405), то устройство с упрощенной дешифрацией чувствительно к его командам PLAY, что недопустимо. Экспериментально установлено, что все команды ПДУ видеомэгнитофона оканчиваются на 0 (в разряде 1 регистра DD2), поэтому и была выбрана команда SLEEP, имеющая 1 в последнем разряде.

Что надо изменить в устройстве, если вы захотите использовать ПДУ от телевизора другой фирмы или от другого прибора?

Чтобы сохранить способность управления только одной выбранной кнопкой, необходимо при помощи осциллографа со ждущей разверткой (еще лучше, когда есть возможность задерживать начало развертки относительно начала сигнала) определить структуру команд ПДУ. Последовательности инфракрасных вспышек превращаются в электрические импульсы, если соединить последовательно фотодиод

ФД263-01 с резистором 10 кОм и подключить получившуюся цепочку к источнику 9–10 В так, чтобы напряжение на фотодиод было подано в закрывающей полярности. При подаче команд пультом с расстояния в несколько сантиметров импульсы на резисторе имеют амплитуду порядка 1 В. Если структура совпадает с описанной, но отличаются от указанных длительности пачек и пауз, надо изменить постоянные времени RC-цепочек, определяющих работу устройства. Постоянная времени R1, C6 должна быть примерно в 4–5 раз больше периода повторения импульсов заполнения пачки (здесь период – 25 мкс, произведение R1, C6 = 110 мкс). Для R4, C8 постоянная времени должна быть примерно в 2,2 раза больше длительности коротких пачек (в данном устройстве R4C8 = 1,8 мс). Постоянная времени R5C10 должна как минимум в несколько раз превышать максимальную длительность пауз между пачками, но быть меньше интервала между кодовыми послышками при длительном нажатии на кнопку ПДУ (здесь R5C10 = 7 мс).

Для того чтобы не проверять осциллографом каждую команду, можно между выходами регистра DD2 собранной по схеме (рис. 5.1) платы и общим проводом подключить восемь любых светодиодов с ограничивающими ток резисторами сопротивлением 3–4 кОм. Подавая с ПДУ разные команды, необходимо составить таблицу их кодов и по ней выбрать редко используемый код, который можно отличить от других при такой дешифрации (без учета длительности пауз). Дешифратор для выбранной команды легко составить, применяя свободные элементы микросхем DD3 и DD5. Для примера на рис. 5.6 приведена схема дешифрации кода, содержащего пять единиц и два нуля.

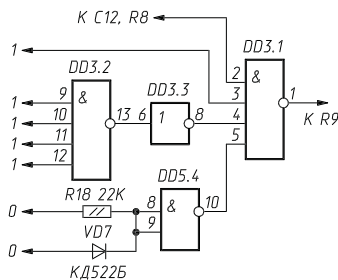


Рис. 5.6. Вариант схемы дешифратора

Однако без предварительного изучения команд по осциллографу есть определенный риск не подобрать команду.

Если же необходим анализ длительности пауз между пачками, устройство необходимо дополнить мультивибратором, аналогичным узлу на DD1.4, и еще одним сдвигающим регистром (его роль в ряде случаев может выполнить и DD2.2). Вход мультивибратора следует подключить (также через дифференцирующую цепочку) к выходу элемента DD1.1, а информационный вход регистра – к выходу

DD1.2. В результате в регистр будет записываться информация о длительности пауз.

Если же анализ при помощи осциллографа недоступен, можно отказаться от дешифрации команд – пусть свет включается по любой команде ПДУ. При этом необходимо несколько ухудшить чувствительность фотоприемника, чтобы он срабатывал лишь при точном наведении на него ПДУ. Достигается это установкой между его входом 16 и общим проводом резистора сопротивлением порядка нескольких сотен килоом – единиц мегаом. Кроме того, из устройства исключают микросхемы DD2 и DD3 и элементы, относящиеся к DD1.4, а также C12 и R8. Верхний по схеме вывод резистора R9 следует подключить к выходу элемента DD1.3.

В результате триггеры будут переключаться независимо от кода приходящей команды. Печатные платы для такого упрощенного варианта рекомендуется изготовить так, как показано на рис. 5.4 и 5.5: когда-нибудь появится возможность проанализировать коды команд и необходимость ввести их дешифратор.

## КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ ИГРУШКА-ВЕЗДЕХОД

В предлагаемой конструкции, собранной на основе игрушечного вездехода, реализована возможность автоматического объезда препятствий. Электронная часть устройства выполнена на четырех микросхемах серии K561 и 16 транзисторах, непосредственно управляющих двумя электродвигателями игрушки без электромагнитных реле.

Столкнувшись с препятствием, вездеход отъезжает назад, потом, двигаясь вперед, поворачивает в сторону, противоположную препятствию, затем поворачивает в сторону препятствия, после чего продолжает движение вперед в исходном направлении.

Для определения направления необходимого маневра в передней части вездехода установлен бампер. За ним находятся два микропереключателя, которые срабатывают при столкновении с препятствием. Их включение приводит к запуску электронной части вездехода, которая, управляя двигателями, обеспечивает необходимый порядок работы.

Принципиальная схема электронной части приведена на рис. 5.7 и 5.8. Микропереключатели S1 и S2, установленные за бампером, управляют триггером DD1.1 и запускают цепочку из трех реле времени (ждущих мультивибраторов), собранных на основе D-триггеров DD1.2, DD2.1, DD2.2. Выходные сигналы триггера DD1.1 и ждущих

мультивибраторов через логические элементы микросхем DD3 и DD4 и усилители на транзисторах VT1...VT16 управляют двигателями игрушки.

Познакомимся подробнее с работой электронной части вездехода. При помощи выключателя S3 напряжение питания подается на микросхемы и через конденсатор C1 и резистор R3 на вход R триггера DD1.1, в результате чего этот триггер устанавливается в нулевое состояние. То же происходит с DD1.2, DD2.1 и DD2.2 за счет соответствующего

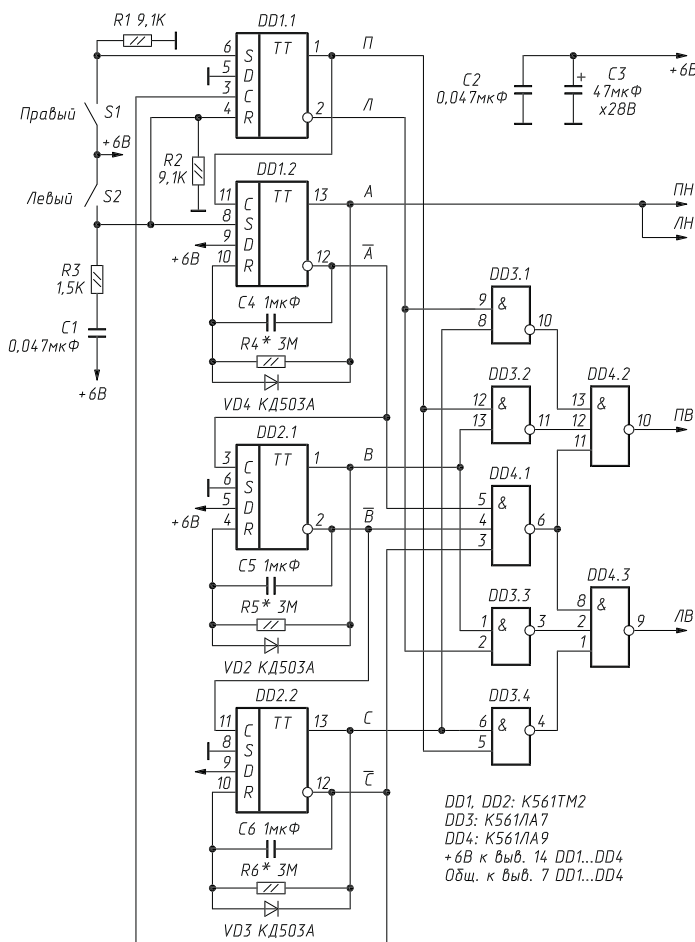


Рис. 5.7. Принципиальная схема вездехода



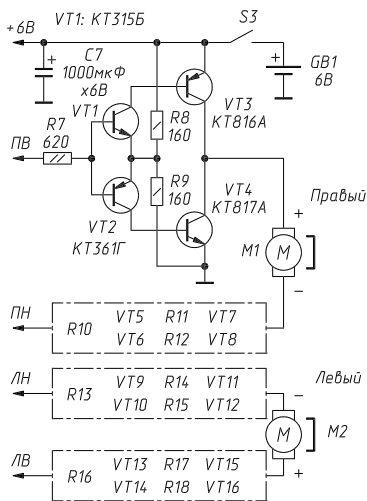


Рис. 5.8. Схема выходных усилителей вездехода

коллекторным током отпирает транзистор VT3, на вывод «+» двигателя M1 подается напряжение +6 В. Лог. 0 на выходе ПН включает транзисторы второго усилителя, и вывод «-» двигателя подключается к общему проводу. Двигатель начинает вращаться вперед. Аналогично включается двигатель M2, вездеход движется прямо вперед. Предположим, что при столкновении с препятствием сработает микропереключатель S1 (препятствие справа). Триггер DD1.1 переключится в единичное состояние, на выходе П появится лог. 1, на выходе Л – лог. 0.

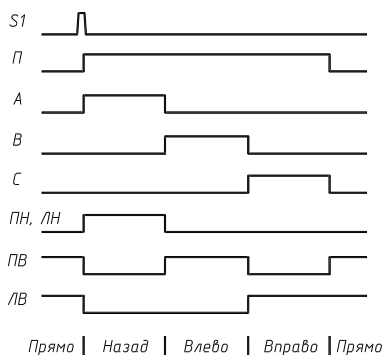


Рис. 5.9. Временные диаграммы

подключения конденсаторов C4...C6. Сигналы П (правый), А, В, С принимают значения лог. 0, сигнал Л (левый) – лог. 1. На все входы элемента DD4.1 приходят лог. 1, этот элемент включается, на его выходе появляется лог. 0, в результате элементы DD4.2 и DD4.3 выключаются и на их выходах появляются лог. 1. Выходы указанных элементов обозначены как ПВ (правый вперед) и ЛВ (левый вперед). Выход А ждущего мультивибратора DD1.2 обозначен как ПН (правый назад) и ЛН (левый назад). В исходном состоянии на выходах ПВ и ЛВ – лог. 1, на выходах ПН и ЛН – лог. 0.

Лог. 1 на выходе ПВ включает транзистор VT1 (рис. 5.8), который своим коллекторным током отпирает транзистор VT3, на вывод «+» двигателя M1 подается напряжение +6 В. Лог. 0 на выходе ПН включает транзисторы второго усилителя, и вывод «-» двигателя подключается к общему проводу. Двигатель начинает вращаться вперед. Аналогично включается двигатель M2, вездеход движется прямо вперед. Предположим, что при столкновении с препятствием сработает микропереключатель S1 (препятствие справа). Триггер DD1.1 переключится в единичное состояние, на выходе П появится лог. 1, на выходе Л – лог. 0. Изменение сигнала П с лог. 0 на лог. 1 установит триггер DD1.2 в единичное состояние, так как на входе D этого триггера – лог. 1. Сигнал А (а следовательно, ПН и ЛН) примет значение лог. 1. Поскольку на вывод 5 элемента DD4.1 придет лог. 0, этот элемент выключится, элементы DD4.2 и DD4.3 включатся, на выходах ПВ и ЛВ появится лог. 0. Сочетание ПН и ЛН лог. 1, ПВ и ЛВ лог. 0 приведет к вращению обоих двигателей назад (рис. 5.9).

Однако такое состояние триггера DD1.2 неустойчиво. Лог. 1 с выхода А через резистор R4 заряжает конденсатор C4, напряжение на входе R триггера медленно повышается. Через 2 с оно достигает порога переключения триггера, он лавинообразно (за счет подключения правой обкладки конденсатора C4 к инверсному выходу триггера) переключится в исходное состояние, при котором на выходе А – лог. 0.

При переключении триггера DD1.2 в исходное состояние изменение сигнала на его инверсном выходе с лог. 0 на лог. 1 запустит ждущий мультивибратор на триггере DD2.1. Через 2 с этот мультивибратор возвратится в исходное состояние и запустит ждущий мультивибратор на триггере DD2.2. Еще через 2 с этот ждущий мультивибратор возвратится в исходное состояние, и изменение сигнала на его инверсном выходе установит в исходное состояние триггер DD1.1, так как на его входе D – лог. 0.

Последовательное включение ждущих мультивибраторов приводит к следующим результатам. Включение DD1.2, как уже указывалось, обеспечит движение модели назад. При включении DD2.1 на выходе В появляется лог. 1, на оба входа элемента DD3.2 приходят лог. 1, этот элемент включается и выключает элемент DD4.2. На выходе ПВ появляется лог. 1, на выходе ПН – лог. 0, поэтому двигатель М1 вращается вперед. На выходах ЛВ и ЛН – лог. 0, поэтому двигатель М2 не вращается, и вездеход, двигаясь вперед, поворачивает влево.

При включении DD2.2 включается элемент DD3.4, выключается элемент DD4.3, на выходе ЛВ появляется лог. 1. Поскольку при этом на выходах ПН, ЛН, ПВ – лог. 0, двигатель М2 вращается вперед, двигатель М1 не вращается, вездеход движется вперед и поворачивает вправо.

После выключения DD2.2 все элементы устанавливаются в исходное состояние, и вездеход продолжает движение вперед.

Если препятствие оказывается слева, срабатывает микропереключатель S2, и ждущий мультивибратор DD1.2 запускается по входу S. Триггер DD1.1 остается в исходном состоянии, поэтому на его выходе П – лог. 0, Л – лог. 1. Порядок работы двигателей меняется: вначале оба двигателя вращаются назад, потом включается элемент DD3.3 и происходит движение вперед с поворотом вправо. Затем включается элемент DD3.1, вездеход движется вперед с поворотом влево – и снова вперед.

Если препятствие вызывает включение обоих микропереключателей S1 и S2, модель также откатывается назад и направление маневра

определяется тем, какой из микропереключателей выключится последним.

Все детали электронной части вездехода, кроме микропереключателей S1 и S2, размещены на двух печатных платах. Первая из них двусторонняя, размером 105×37,5 мм. На ней размещены детали по схеме, приведенной на рис. 5.7. На рис. 5.10б показана сторона платы с установленными деталями, а на рис. 5.10а – обратная. На второй, односторонней плате размером 105×27,5 мм, представленной на рис. 5.11, установлены транзисторы и резисторы схемы (рис. 5.8). Конденсатор С7 также впаян в эту плату, но расположен за ее габаритами между электродвигателями игрушки.

В вездеходе использованы детали следующих типов: резисторы МЛТ-0,125 и 0,25; в качестве R4...R6 – КИМ-0,05; конденсаторы

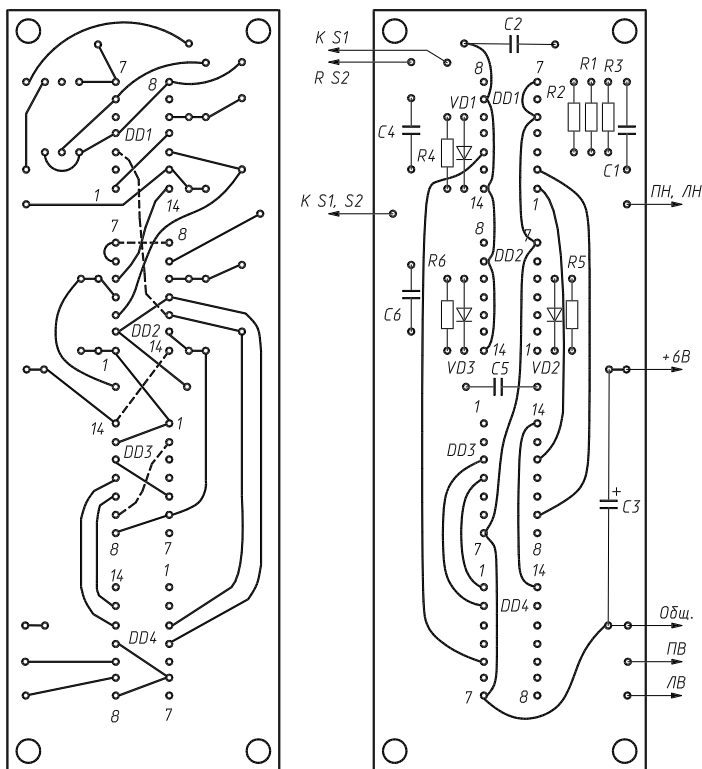


Рис. 5.10. Монтажная схема платы вездехода

С1, С2 – типа КМ-5, С3 – К53-4, С4...С6 – КМ-6, С7 – ЭТО-2. В качестве конденсаторов С4...С6 можно применять и другие неполярные конденсаторы, например МБМ. Микросхемы серии К561 разрешается заменить аналогичными серии КР1561, а при переработке печатной платы – и микросхемами серии 564. Транзисторы КТ816 и КТ817 используются с любым буквенным индексом, возможна также установка транзисторов КТ814 и КТ818 вместо КТ816, КТ815 и КТ819 вместо КТ817. Транзисторы КТ315 и КТ361 допустимо заменить практически любыми маломощными кремниевыми или германиевыми транзисторами соответствующей структуры.

Вместо двух усилителей сигналов ПН и ЛН можно применить один, если в его выходном каскаде установить транзисторы с коэффициентом передачи тока базы не менее 60. Это, однако, уменьшит возможности модернизации модели, в частности ее нельзя будет заставить развернуться на месте.

Число транзисторов легко уменьшить до восьми или даже шести, если использовать электромагнитные реле. Схема одного усилителя мощности с реле приведена на рис. 5.12. В нем можно применить любые маломощные германиевые ррр-транзисторы: МП14...МП16, МП40...МП42, МП20, МП21. Реле К1 должны срабатывать при напряжении не более 4 В, это реле типа РЭС-9 (паспорта РС4.524.203, 214, 216, 219), РЭС-10 (паспорта РС4.524.304, 315), РЭС-34 (паспорта РС4.524.374, 377), РЭС-47 (паспорт РФ4.500.421),

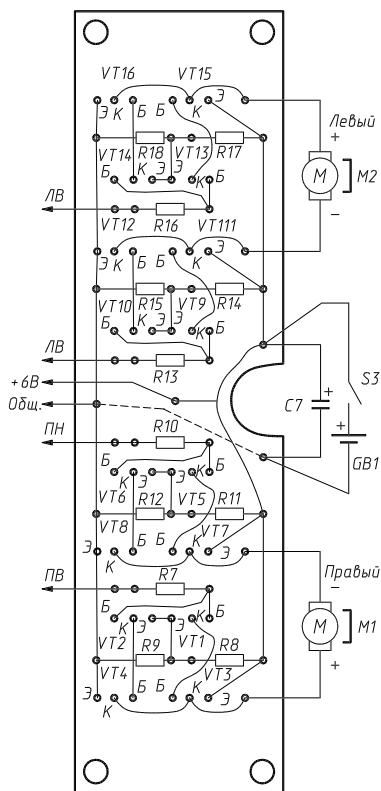


Рис. 5.11. Монтажная схема платы

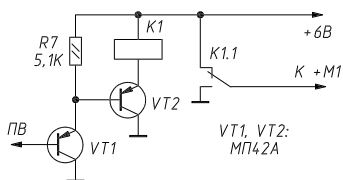


Рис. 5.12. Принципиальная схема релейного усилителя

РЭС-48 (паспорта РС4.590.204, 216), РЭС-59 (паспорт ХП4.500.021), РЭС-60 (паспорта РС4.569.439, 440) и др.

Печатные платы крепятся винтами М2 к бобышкам из органического стекла, подклеенным к корпусу вездехода. Первая печатная плата расположена в передней части вездехода, вторая – в задней. Между ними предусмотрено место для установки приемника системы радиуправления.

Микропереключатели S1 и S2 типа МП7 подклеены снизу к плоской фаре вездехода, для них в корпусе сделаны вырезы. Бампер, изготовленный из органического стекла толщиной 3 мм, закреплен снизу фары винтом М2,6 с шайбой. Винт ввернут в бобышку из органического стекла, которая вклеена во внутреннюю полость фары. Для того чтобы бампер мог не только поворачиваться, но и сдвигаться средней частью при наезде на препятствие, крепежное отверстие сделано вытянутой формы (рис. 5.13).

Для включения игрушки использован движковый переключатель типа ПД1, установленный в прямоугольном отверстии, через которое выводился кабель дистанционного управления вездеходом.

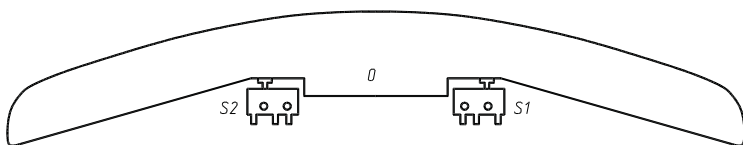


Рис. 5.13. Бампер вездехода

При сборке модели к выходам усилителей сигналов ПВ и ЛВ следует подключить те выводы двигателей (они помечены знаком «+»), при подаче на которые положительного напряжения питания вращение двигателей вызывает движение вперед.

Налаживание правильно собранного из неповрежденных деталей вездехода несложно и заключается в подборе резисторов R4...R6 для обеспечения правильного маневра. При свежих батареях поворот модели во время включения второго мультивибратора должен быть немного больше 90° (подбор резистора R5), что обеспечит правильное маневрирование и при частичном разряде батарей. На такой же угол модель должна поворачивать и при срабатывании третьего мультивибратора (подбор резистора R6), что обеспечит сохранение направления движения после объезда препятствия. Если угол поворота

модели при срабатывании третьего мультивибратора сделать меньше, чем второго, вездеход будет поворачивать в сторону от обнаруженного препятствия. В этом случае, например, несколько раз натолкнувшись на стену, он начнет двигаться вдоль нее.

Если электронная часть не заработает сразу, настройку плат следует произвести отдельно. Подключение входа ПВ второй платы к выходу +6 В, а ПН – к общему проводу должно приводить к вращению правого двигателя вперед, подключение ПВ к общему проводу, а ПН – к +6 В – назад. Аналогично следует проверить действие входов ЛВ и ЛН.

Проверяя первую плату, следует при помощи вольтметра убедиться в правильном переключении триггера DD1.1 и поочередном включении мультивибраторов при кратковременном нажатии на штоки микропереключателей S1 и S2 и формировании выходных сигналов платы в соответствии с рис. 5.9.

Представленную кибернетическую игрушку можно дополнить системой радиоуправления. Описанная далее система отличается повышенной помехоустойчивостью. Эта идея заложена в принципе многократной передачи команд. Дешифратор выдает сигнал о приеме соответствующей команды лишь в том случае, когда из трех как минимум в двух принятых подряд командах содержится одна и та же информация.

Для передачи команд используется числоимпульсный код. Шифратор передатчика построен на двух микросхемах серии К561 DD1, DD2 (рис. 5.14). Семи командам соответствуют пачки из одного-семи импульсов. Пачки из восьми импульсов обозначают отсутствие команды.

На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор, работающий на частоте около 200 Гц. Учитывая, что порог переключения элементов КМОП не равен точно половине напряжения питания, для симметрирования импульсов в традиционную схему генератора добавлены элементы R2 и VD1.

Импульсы генератора подаются на счетчик с дешифратором (микросхема DD2), нормально имеющий коэффициент пересчета 10. В те моменты, когда счетчик находится в состоянии 0 или 1, на выходах 0 или 1 (выводы 3 и 2 соответственно) присутствует лог. 1, которая запрещает прохождение импульсов генератора через элемент DD1.3 на выходной ключ дешифратора, выполненный на транзисторе VT1. При остальных состояниях счетчика импульсы с генератора

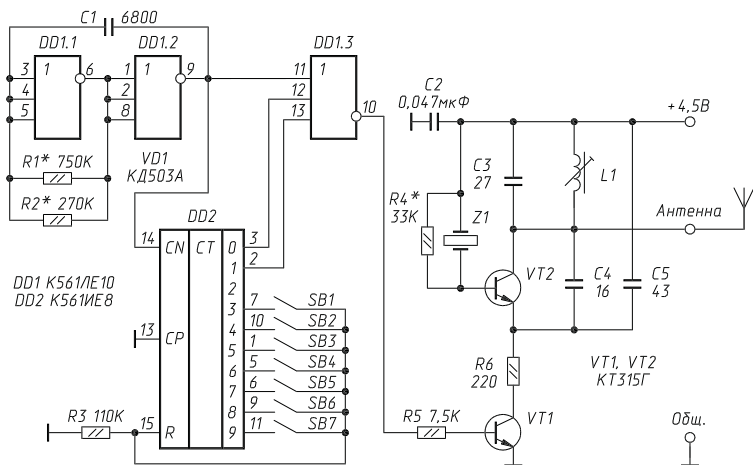


Рис. 5.14. Принципиальная схема передатчика

в положительной полярности проходят на базу транзистора VT1 и включают его.

Если ни одна из кнопок SB1...SB7 не нажата, счетчик DD2 работает с коэффициентом пересчета 10 и на выходе DD1.3 формируются пакеты из восьми импульсов, разделенные интервалом в 2,5 периода импульсов, подаче таких пакетов соответствует отсутствие команды.

Определим, как происходит формирование команд на примере команды, содержащей пять импульсов. Если нажать кнопку SB5, счетчик, как и ранее, запрещает прохождение на выход первых двух импульсов. Затем на VT1 проходят пять импульсов, после чего счетчик устанавливается в состояние 7, и на его выходе 7 (вывод 6 DD2) появляется лог. 1. Этот сигнал через замкнутые контакты кнопки SB5 поступает на вход R счетчика DD2 и сбрасывает его в 0. В результате на выводе 10 элемента DD1.3 формируются пакеты из пяти импульсов, разделенные интервалами такой же длительности, что и при отсутствии передачи команды.

При нажатии на любую другую кнопку генерируются пакеты с соответствующим номеру кнопки числом импульсов от одного до семи, разделенные таким же интервалом.

Генератор передатчика собран по простейшей схеме с кварцевой стабилизацией частоты на транзисторе VT2. Колебательный контур L1, C3 настроен на частоту кварцевого резонатора 27,12 МГц.

В передатчике не предусмотрено специальных мер для согласования его колебательного контура с антенной, поэтому излучаемая мощность передатчика невелика и радиус действия системы радиопереуправления составляет 5–10 м. Для увеличения дальности можно повысить напряжение питания передатчика до 9 В и применить согласующий СLC-контур и удлиняющую катушку.

Схема приемника системы радиопереуправления приведена на рис. 5.15. Входной каскад приемника собран по схеме сверхрегенеративного детектора на транзисторе VT1. Сверхрегенератор обладает замечательными свойствами: высокой чувствительностью, малой зависимостью уровня выходного сигнала от уровня входного, простотой; однако ему свойственны и недостатки: малая избирательность, излучение сигнала, в результате которого он работает как маломощный передатчик и может мешать другим приемникам. Работа сверхрегенеративного детектора описана во многих книгах по радиопереуправлению и здесь не рассматривается.

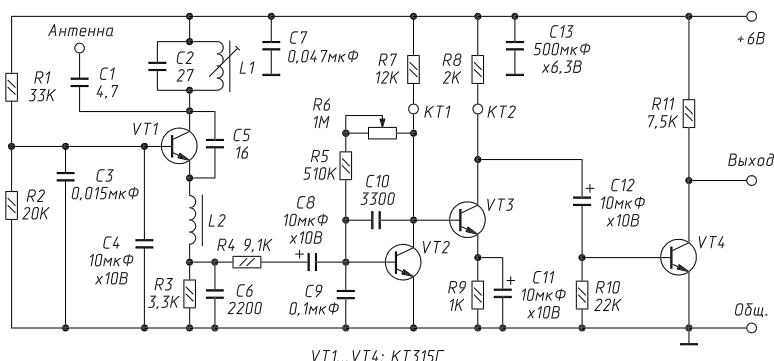


Рис. 5.15. Принципиальная схема приемника

На нагрузочном резисторе R3 входного каскада выделяются кроме полезного сигнала пилообразные импульсы гашения с частотой 40–60 кГц, для их фильтрации используется RC цепь R4, C9; той же цели служит конденсатор C10. Эти элементы подавляют и кратковременные импульсные помехи (например, от электродвигателей модели) и частично шумы сверхрегенеративного детектора.

Примерная форма полезного сигнала на коллекторе транзистора VT2, работающего в режиме линейного усиления, показана на первой диаграмме (рис. 5.16). Этот сигнал еще далек от пачек импульсов,



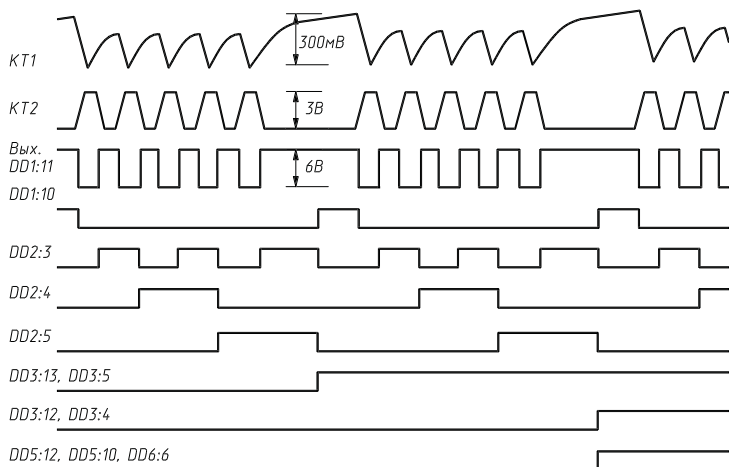


Рис. 5.16. Временные диаграммы приемника и дешифратора

необходимых при работе дешифратора. Для получения хорошей прямоугольной формы импульсов служит усилитель-формирователь на транзисторе VT3. При отсутствии полезного сигнала, когда на коллекторе транзистора VT2 существует шумовой сигнал сверхрегенератора небольшой амплитуды, транзистор VT3 находится в состоянии неглубокого насыщения, напряжение между его коллектором и эмиттером составляет 250–300 мВ и он не усиливает входной сигнал. Такая рабочая точка транзистора VT3 устанавливается подстроечным резистором R6.

При появлении пачек радиочастотных импульсов сверхрегенеративный детектор подает на базу транзистора VT2 пачки импульсов положительной полярности, на коллекторе VT2 и базе VT3 появляются сигналы в соответствии с первой диаграммой (рис. 5.16). Отрицательная полуволна сигнала закрывает транзистор VT3, и на его коллекторе формируются импульсы положительной полярности, открывающие ключевой каскад на транзисторе VT4. На его коллекторе формируются пачки импульсов отрицательной полярности с амплитудой, равной напряжению источника питания, и подаются на вход дешифратора команд.

Схема дешифратора приведена на рис. 5.17. Пачки входных импульсов отрицательной полярности поступают на формирователь, собранный на элементах R1, C1, DD1.1. Такой формирователь обладает

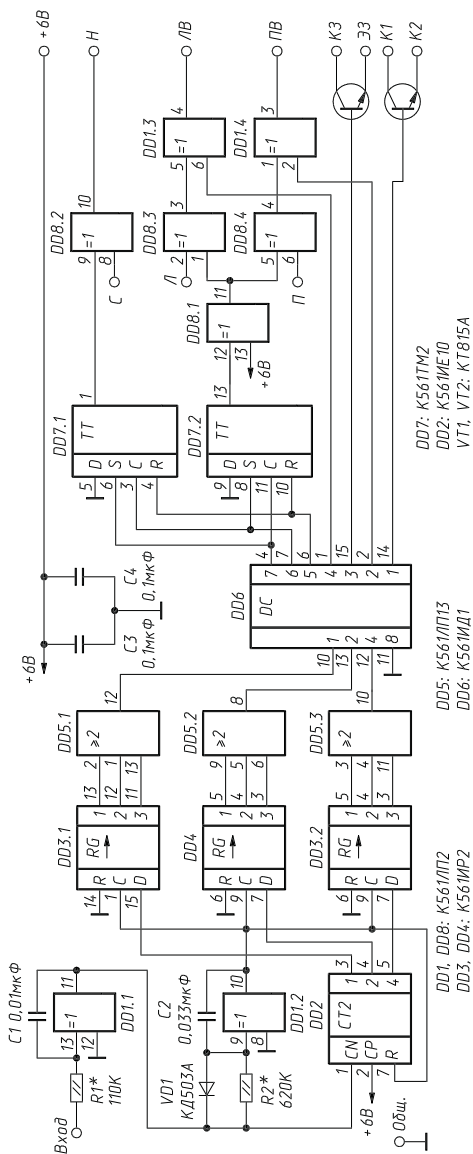


Рис. 5.17. Принципиальная схема дешифратора

свойствами интегрирующей цепочки и триггера Шмитта. На его выходе импульсы несколько задержаны относительно входных и имеют крутые фронты независимо от крутизны фронтов входных импульсов; кроме того, этот формирователь подавляет импульсные помехи малой длительности.

С выхода элемента DD1.1 импульсы поступают на детектор паузы. Он собран на элементах R2, C2, VD1, DD1.2. Первый отрицательный импульс пачки, проходя через диод VD1 на вход элемента DD1.2, переключает его в состояние 0. В паузе между импульсами происходит постепенный заряд конденсатора C2 током, текущим через резистор R2, напряжение при этом, однако, не доходит до порога переключения данного элемента. Каждый последующий входной импульс через диод VD1 быстро разряжает конденсатор C2, поэтому во время действия пачки на выходе DD1.2 – лог. 0. В паузе между пачками напряжение на входе элемента DD1.2 достигает порога переключения, этот элемент лавинообразно переключается (за счет положительной обратной связи через конденсатор C2) в состояние 1. В результате в паузе между пачками на выходе 8 элемента DD1.2 формируется положительный импульс, сбрасывающий счетчик DD2 в 0.

Импульсы с выхода формирователя DD1.1 поступают также на счетный вход CN счетчика DD2, в результате после окончания пачки счетчик устанавливается в состояние, соответствующее числу импульсов в пачке.

В качестве иллюстрации на рис. 5.16 показана работа счетчика в случае приема пачек из пяти импульсов. К моменту окончания пачки на выходах 1 и 4 счетчика появляются лог. 1, на выходе 2 – лог. 0 (диаграммы DD2:3, DD2:4, DD2:5 на рис. 10). Фронтом импульса с детектора паузы DD1.2 происходит перепись состояния счетчика в сдвигающие регистры DD3.1, DD4, DD3.2, в результате чего на их выходах 1 появляются соответственно лог. 1, лог. 0, лог. 1.

После окончания второй пачки из пяти импульсов импульс с выхода детектора паузы DD1.2 сдвигает ранее записанную информацию из разрядов 1 сдвигающих регистров в разряды 2, а в разряды 1 записывает результат подсчета числа импульсов очередной пачки и т.д. В результате при непрерывном приеме пачек из пяти импульсов на всех выходах сдвигающих регистров DD3.1 и DD3.2 будут лог. 1, на всех выходах DD4 – лог. 0. Эти сигналы поступают на входы мажоритарных клапанов микросхемы DD5, на их выходах появляются сигналы, соответствующие входным, они поступают на входы дешифратора

DD6. На выходе 5 дешифратора появляется лог. 1, которая и служит признаком приема команды с числом импульсов равным пяти.

Так происходит прием сигналов при отсутствии помех. Если же уровень помех силен, число импульсов в пачке может отличаться от необходимого. В этом случае сигналы на выходах каждого из сдвигающих регистров будут отличаться от правильных. Предположим, что при приеме одной из пачек счетчик вместо пяти насчитает шесть импульсов. После приема двух пачек из пяти импульсов и одной из шести состояния выходов регистров DD3.1, DD4 и DD3.2 будут соответственно следующими: 011, 100, 111.

На входы элемента DD5.1 поступят две лог. 1 и один лог. 0. Поскольку выходной сигнал мажоритарного клапана соответствует большинству сигналов на его входах, он выдаст на вход 1 дешифратора DD6 лог. 1. Аналогично элемент DD5.2 выдаст лог. 0, элемент DD5.3 – лог. 1. На выходе 5 дешифратора будет лог. 1, как и в случае приема сигналов без помех.

Таким образом, если в последовательности пачек импульсов, поступающих на вход дешифратора команд, в любых трех подряд идущих пачках две имеют правильное число импульсов, на нужном выходе микросхемы DD6 будет постоянно поддерживаться лог. 1.

Если не нажата ни одна из кнопок передатчика, на выходах 1, 2, 4 счетчика после окончания пачки из восьми импульсов – лог. 0 и на всех используемых выходах дешифратора DD6 также лог. 0.

Правая часть схемы, представленной на рис. 5.17, описывает применение системы радиуправления в вездеходе. В табл. 5.2 приведено соответствие команд числу импульсов пачек и выходные сигналы дешифратора системы в соответствии с обозначениями схемы (рис. 5.17). Пачкам из пяти импульсов соответствует команда «Стоп», при ее

Таблица 5.2. Кодовая таблица вездехода

| Кнопка<br>(рис. 5.14) | Число<br>импульсов | Команда | Выходные сигналы |   |    | Открытый<br>транзистор |
|-----------------------|--------------------|---------|------------------|---|----|------------------------|
| SB1                   | 1                  | Фара    | –                | – | –1 | VT2                    |
| SB2                   | 2                  | Вправо  | 0                | 1 | 0  | –                      |
| SB3                   | 3                  | Сигнал  | –                | – | 0  | VT1                    |
| SB4                   | 4                  | Влево   | 1                | 0 | 0  | –                      |
| SB5                   | 5                  | Стоп    | 0                | 0 | 0  | –                      |
| SB6                   | 6                  | Вперед  | 1                | 1 | 0  | –                      |
| SB7                   | 7                  | Назад   | 0                | 0 | 1  | –                      |

приеме, как уже указывалось, лог. 1 появляется на выходе 5 DD6. Эта лог. 1 поступает на входы R триггеров DD7.1 и DD7.2 и устанавливает их в 0. Пока роль микросхемы DD8 рассматриваться не будет, и в этом случае сигнал при прохождении ее элементов не меняется. В результате приема команды «Стоп» на выходах ПВ, ЛВ и Н (назад) появляются лог. 0, двигатели, подключенные к указанным выходам через усилители, будут остановлены.

При подаче команды «Вперед» лог. 1 появится на выходе 6 DD6, она установит триггер DD7.2 по входу S в состояние 1, триггер DD7.1 независимо от своего исходного состояния установится в состояние 0 по входу C, так как на его входе D – лог. 0. В результате на выходах ПВ и ЛВ появятся лог. 1, на выходе Н – лог. 0, оба двигателя вездехода вращаются, обеспечивая движение модели вперед. При подаче команды «Назад» триггер DD7.1 будет в состоянии 1, DD7.2 – в состоянии 0, двигатели обеспечат движение модели назад.

Указанные команды хранятся в триггерах микросхемы DD7 и после отпускания кнопок SB5 – SB7. Предположим, что при движении модели вперед будет нажата кнопка SB2 «Вправо». В этом случае лог. 1 появится на выходе 2 DD6, она поступит на вывод 2 элемента DD1.4 и изменит лог. 1 на его выходе на лог. 0. В результате сигнал ПВ станет равным нулю и правый двигатель остановится. Модель будет разворачиваться вправо за счет левой гусеницы (вторая строка табл. 5.2). При движении назад нажатие кнопки SB2 также заставит измениться сигнал на выходе элемента DD1.4 на противоположный, но теперь уже с лог. 0 на лог. 1, правый двигатель затормозится, и модель будет разворачиваться вправо. Аналогично ведет себя модель и при нажатии кнопки SB4 «Влево».

Команды «Вправо» и «Влево» не запоминаются, они действуют лишь во время нажатия соответствующей кнопки. Не запоминаются и команды «Фары» и «Сигнал» (SB1 и SB3). При нажатии на эти кнопки включаются соответственно транзисторы VT2 и VT1. Их базы подключены к выходам дешифратора DD6 без ограничительных резисторов, что допустимо при напряжении питания микросхем серии K561 в пределах 3–6 В.

Микросхема DD8 служит для сопряжения дешифратора системы радиоуправления с платой вездехода, обеспечивающей маневр при объезде препятствий. Использование микросхемы «Исключающее ИЛИ» обеспечивает управляемость модели и в те моменты, когда она выполняет автоматический маневр. Полная схема соединения узлов

вездехода приведена на рис. 5.18, где А1 – приемник по схеме, представленной на рис. 5.15, А2 – плата с микросхемами DD1...DD4 (рис. 5.7), А3 – дешифратор системы (рис. 5.17), А4 – усилители двигателей (рис. 5.8). На схеме (рис. 5.18) показано также подключение лампы фары НЛ1. Команда «Сигнал» не была использована, источник звукового сигнала может быть включен в коллекторную цепь транзистора VT1 аналогично включению НЛ1 в цепь коллектора VT2.

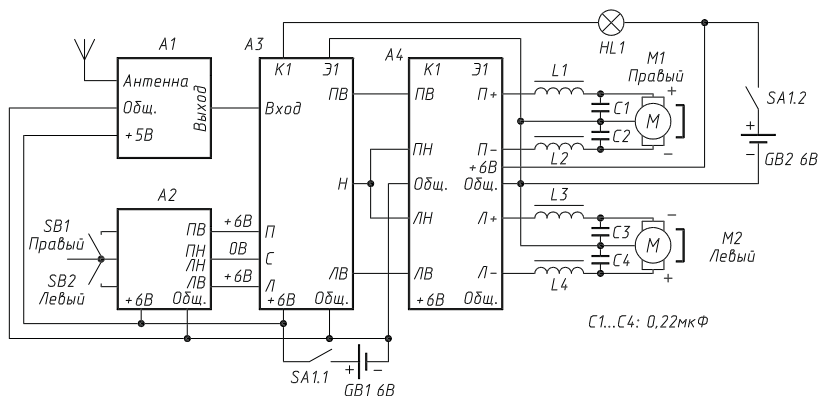


Рис. 5.18. Схема соединения узлов вездехода

Питание электродвигателей и узлов А1...А3 разделено для исключения влияния помех от двигателей на электронную часть вездехода. Общие провода обеих цепей питания объединяются лишь в узле А4, на это надо обратить внимание при монтаже. Для исключения влияния помех от двигателей в их цепи питания включены дроссели L1...L4 и конденсаторы C1...C4, металлические корпуса двигателей соединены с общим проводом.

При отсутствии узла А2 на входы П, Л, С узла А3 можно подать напряжения в соответствии с указаниями на рис. 5.18, можно также исключить микросхему DD8 на рис. 5.17, соединив непосредственно выход триггера DD7.1 с выходом Н6, а выход триггера DD7.2 – со входами DD1.3 и DD1.4.

Все узлы системы радиоуправления собраны на печатных платах: передатчик – на односторонней размером 60×40 мм (рис. 5.19), приемник – на односторонней размером 105×40 мм (рис. 5.20), дешифратор – на двусторонней того же размера (рис. 5.21). На указанных рисунках односторонние платы показаны со стороны, противоположной стороне установки деталей, плата дешифратора – с двух сторон.

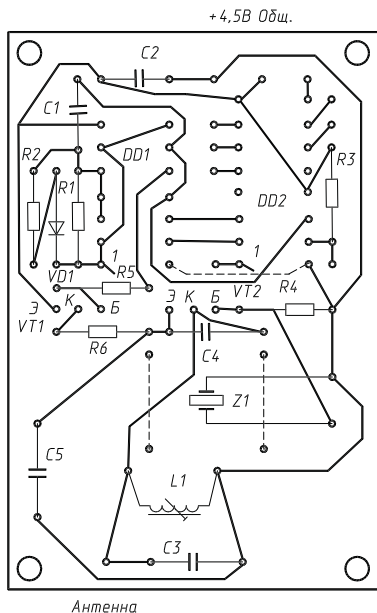


Рис. 5.19. Монтажная схема  
платы передатчика

В системе радиуправления использованы резисторы МЛТ, керамические конденсаторы КТМ (C1 на рис. 5.15), КМ-5 и КМ-6, электролитические конденсаторы К50-6 (C4, C8, C11, C12 на рис. 5.15), К50-16 (C13 на рис. 9). Подстроечный резистор R6 на рис. 5.15 типа СПЗ-16, его выводы отогнуты под прямым углом. Стандартные дроссели ДМ-0,2 30 мкГн (L2 на рис. 5.15) и ДМ-3 12 мкГн (L1...L4 на рис. 5.18), допустимо применять и самодельные с близкими параметрами. Кварцевый резонатор в передатчике в стеклянном корпусе диаметром 10 мм на частоту 27,12 или 28–28,2 МГц. При отсутствии кварцевого резонатора передатчик можно собрать по любой из опубликованных схем, сохранив схему формирователя пачек и модулятора по рис. 5.14.

Катушка L1 колебательного контура передатчика намотана на каркасе диаметром 5 мм и подстраивается сердечником из карбонильного железа диаметром 4 мм и длиной 6 мм. Она содержит 12 витков провода ПЭЛШО-0,38. Катушка L1 приемника намотана на каркасе диаметром 8 мм тем же проводом и содержит 9 витков, она подстраивается сердечником из карбонильного железа диаметром 6 мм. В передатчике можно использовать такую же катушку, как и в приемнике.

Батарея питания передатчика – 3336, на модели для питания двигателей использованы четыре элемента А343, электронная часть работает от четырех элементов А316. Антенной приемника служит велосипедная спица длиной 300 мм, антенна передатчика телескопическая, состоит из четырех колен общей длиной 480 мм. Передатчик собран в пластмассовом корпусе размером 75×150×30 мм, в нем установлен специальный пульт управления, описанный ниже.

Сборку системы радиуправления и ее настройку необходимо проводить в нижеприведенной последовательности. На плате передатчика нужно собрать цифровую часть, установить все резисторы, кроме R5, и транзисторы, но не располагать кварцевый резонатор, катушку L1

и конденсаторы C3...C5. Подбором резисторов R1 и R2 установить частоту импульсов на выходе DD1.2 180–220 Гц со скважностью близкой к 2, затем проверить правильность генерации пачек, как это описано выше.

Затем можно собрать дешифратор команд и, установив в передатчик резистор R5, соединить коллектор транзистора VT1 передатчика с входом дешифратора. Напряжение питания обеих плат – 4,5 В. Нагрузкой транзистора VT1 передатчика будут последовательно соединенные резисторы R4, R6 и переход база-эмиттер транзистора VT2. Дешифратор следует проверить так, как уже было описано.

Дальнейшую проверку можно производить, предварительно соединив входы Л и П с «плюсом» источника питания, вход С – с общим проводом. В этом случае сигналы на выходах Н, ЛВ, ПВ при нажатии кнопок передатчика должны соответствовать указанным в табл. 5.2. После этого можно соединить узлы АЗ и А4 и двигатели модели по схеме (рис. 5.18). Дроссели L1...L4 и конденсаторы C1...C4 следует подпаять непосредственно к выводам двигателей.

Далее нужно проверить четкость управления моделью по паре проводов, соединяющих платы передатчика и дешифратора. Если все работает нормально, можно полностью собрать передатчик и приемник. После сборки приемника необходимо предварительно подстроить резистор R6. Для этого следует сорвать сверхрегенеративный режим транзистора VT1, замкнув накоротко колебательный контур L1, C2,

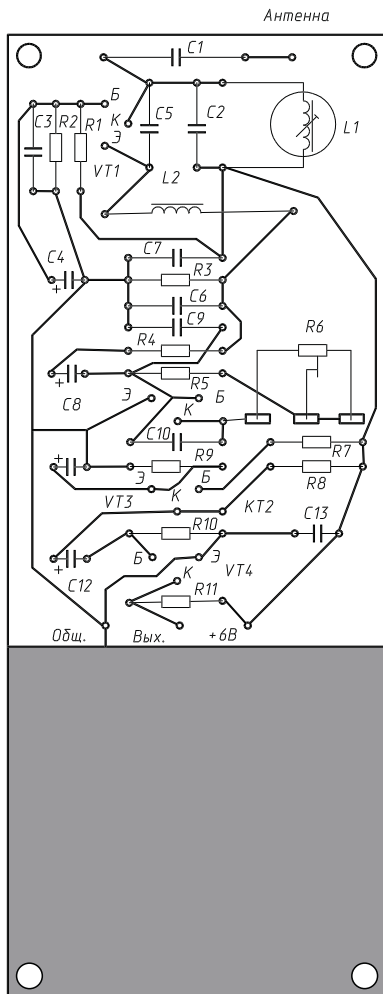


Рис. 5.20. Монтажная схема приемника



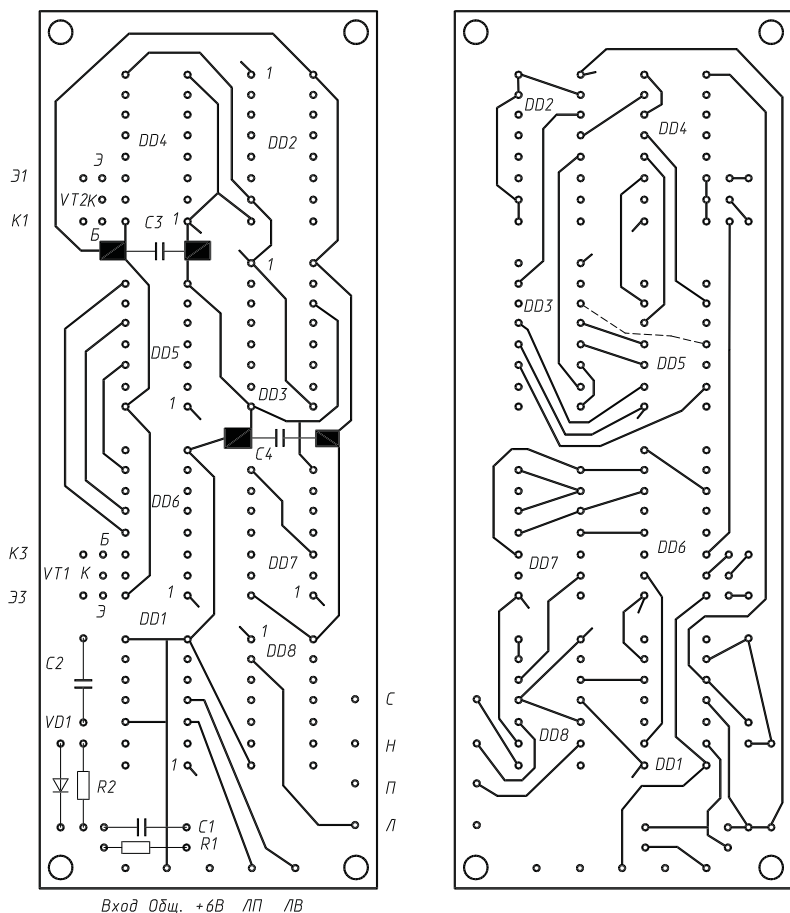


Рис. 5.21. Монтажная схема дешифратора

подключить между коллектором и эмиттером VT3 вольтметр, установить движок R6 в положение минимального сопротивления и, плавно увеличивая его сопротивление, установить по вольтметру напряжение 250–300 мВ. При этом, возможно, придется подобрать резистор R5, снять перемычку с контура L1, C2.

Включив передатчик и приемник и постепенно увеличивая расстояние между ними, нужно подстроить их контуры по максимуму амплитуды сигнала, наблюдаемого при помощи осциллографа или

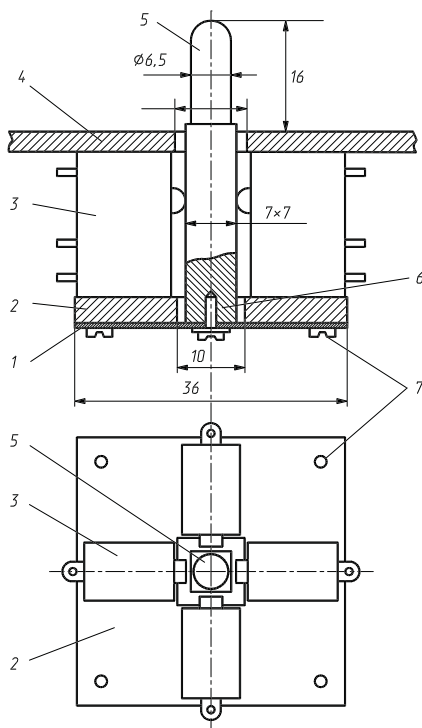


Рис. 5.22. Пульт управления передатчиком

вольтметра переменного напряжения в контрольной точке КТ1. Далее необходимо подстроить резистор R6 для получения правильной формы импульсов в контрольной точке КТ2 в соответствии с рис. 5.16. Собрал модель целиком (рис. 5.18) и убедившись в нормальной работе системы управления на расстоянии 2–3 м, следует добиться максимальной дальности действия подстройкой резистора R6.

В передатчике и приемнике допустимо использовать практически любые высокочастотные кремниевые рпн-транзисторы (КТ316, КТ312, КТ3102, КТ315 с любыми буквенными индексами). Микросхему К561ЛП13 можно поменять на К561ИК1. В передатчике в качестве кнопок SB2, SB4, SB6, SB7 применяется специальный пульт, удобный для подачи команд с четким направленным значением. Он позволяет подавать одновременно и две не исключающие друг друга команды, например «Вперед» и «Вправо», что, однако, здесь не используется.

В качестве контактной системы пульта использованы четыре микропереключателя. На рис. 5.22 приведена его конструкция, размеры указаны применительно к микропереключателям ПМ2-1, существует много типов микропереключателей с такими же размерами. Микропереключатели 3 приклеены к основанию 2, изготовленному из текстолита толщиной 2–3 мм. Снизу к основанию 2 с помощью четырех винтов 7 или заклепок прикреплена пластина 1, изготовленная из латуни или жести толщиной 0,2–0,3 мм. В центре к этой пластине винтом М2,6 с шайбой прикреплен рычаг 5 из органического стекла.

При покачивании рычага 5 он давит на штоки микропереключателей 3 и переключает их. Если на рычаг надавить по диагонали, включаются два соседних микропереключателя.

Сборку пульта целесообразно произвести в следующем порядке. Соединить между собой пластины 1 и 2, винтом с шайбой закрепить на пластине 1 рычаг 5. Приклеить эпоксидным клеем микропереключатели 3 к пластине 2 так, чтобы штоки микропереключателей касались рычага 5. После полимеризации клея соединить получившийся блок с крышкой пульта 4 или – для обеспечения ремонтпригодности – закрепить его каким-либо другим способом, центрируя при этом блок по квадратному отверстию в крышке пульта.

В качестве SB1 и SB5 использованы кнопки КМ1-1.

## **ОБЗОР ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ СВЕТОВЫХ ЭФФЕКТОВ**

Для оживления новогодней елки и для получения различных световых эффектов в рекламных целях, а также на эстраде или в демонстрационных установках служат различные переключатели источников света – ламп накаливания, светодиодов или целых гирлянд, составленных из таких источников.

В настоящее время опубликовано множество самых разных схемных решений. Здесь будут представлены схемы лишь некоторых переключателей, созданных на основе бесконтактных элементов.

### **Транзисторный переключатель лампочек накаливания**

Принципиальная схема одного из таких бесконтактных переключателей показана на рис. 5.23. Это симметричный мультивибратор, транзисторы VT1 и VT2 которого попеременно открываются и закрываются. Если открыт транзистор VT1, то горит гирлянда лампочек HL1...HL20; при открывании транзистора VT2 эти лампочки гаснут,

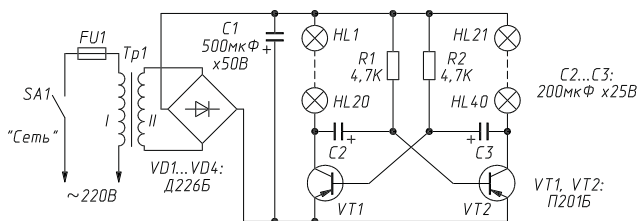


Рис. 5.23. Принципиальная схема переключателя гирлянд из лампочек от карманного фонаря

а гирлянда лампочек HL21...HL40 загорается. Продолжительность горения гирлянд зависит от емкостей C2 и C3 и сопротивлений R1 и R2. Некоторые лампочки гирлянд можно разместить внутри елочных игрушек, что будет создавать интересные световые эффекты.

В переключателе использованы следующие детали: транзисторы VT1 и VT2 типа П201Б (возможны П213, П213А...Б, П214, П214Г, П215); конденсаторы C2 и C3 – электролитические; выключатель SA1 – типа ТВ1; лампочки HL1...HL40 – на напряжение 2,5 В и ток 0,28 А. Сердечник сетевого трансформатора Tr1 набран из пластин Ш20×20 мм. Обмотка I содержит 2750 витков провода ПЭЛ 0,15, обмотка II – 580 витков провода ПЭВ 1,0.

В наладке этот переключатель не нуждается. Во избежание перегрева транзисторов их следует установить на радиаторы-теплоотводы.

## Переключатель светодиодов

На настольную елку-малютку можно повесить гирлянды из светодиодов. Принципиальная электрическая схема переключателя гирлянд из светодиодов показана на рис. 5.24.

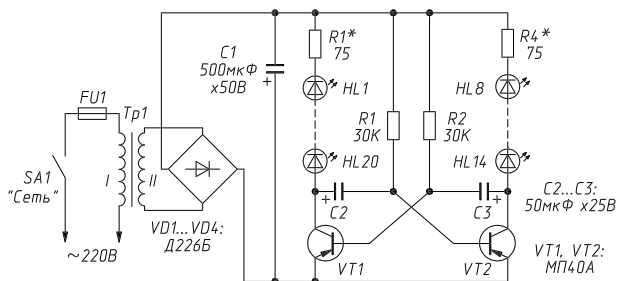


Рис. 5.24. Транзисторный переключатель светодиодов

Работает этот переключатель аналогично описанному выше. В гирляндах можно использовать светодиоды типа АЛ102Б (ЗЛ102Б), они дают красное свечение, но можно применить и светодиоды типа АЛ102В с зеленым свечением. Сопротивления резисторов R1 и R4 необходимо подобрать так, чтобы ток через светодиоды не превышал допустимый (10–20 мА). В этом переключателе используются конденсаторы C2 и C3 типа К50-6; транзисторы VT1 и VT2 – типа МП40А (можно применить МП20А...Е; МП25А, Б, МП26А, Б); выключатель SA1 – типа ТВ1. Сердечник сетевого трансформатора Т1 набран из пластин Ш20×20 мм. Обмотка I имеет 2350 витков провода ПЭЛ 0,15; обмотка II – 200 витков провода ПЭЛ 0,31.

### Переключатель гирлянд с мерцающими вспышками

На рис. 5.25 приведена схема, позволяющая получить гирлянды, в которых свечение лампочек изменяется как по длительности, так и по яркости.

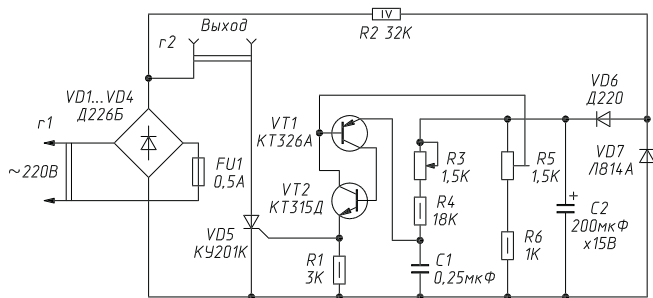


Рис. 5.25. Принципиальная схема гирлянды мерцающих вспышек

Работа устройства основана на изменении сдвига фаз между началом полупериодов сетевого напряжения и импульсами, поступающими на управляющий электрод тиристора от релаксационного генератора, собранного на аналоге однопереходного транзистора (транзисторы VT1, VT2). Частоту следования импульсов можно грубо устанавливать подстроечным резистором R5 и плавно переменным резистором R3.

Настройка устройства на желаемый световой эффект проста. Сначала движок подстроечного резистора R5 устанавливают в верхнее (по схеме) положение, а переменного резистора R3 – в среднее. К устройству (к гнездам Г2 «Выход») подключают гирлянду (или осветительную лампу для настройки) и включают его в сеть. Перемещая движок подстроечного резистора, устанавливают его примерно

в середине участка между режимами плавного зажигания и плавного гашения гирлянды. После этого резистором R3 можно подобрать желаемый режим работы устройства.

### Получение эффекта «бегущая волна»

Для получения эффекта «бегущая волна» лампы трех гирлянд (секций) нужно расположить так, чтобы они чередовались. Тогда при поочередном включении гирлянд создается впечатление, что свет «бежит» по гирляндам, например слева направо или снизу вверх.

Переключатель гирлянд в этом случае можно собрать на тиристорах (рис. 5.26) по схеме трехфазного мультивибратора.

При включении устройства в сеть тиристоры окажутся закрытыми, а конденсаторы C1...C3 начнут заряжаться через соответствующие резисторы. Напряжение на управляющих электродах тириستоров будет возрастать. Но поскольку напряжение открывания тиристоров неодинаково, то через некоторое время откроется лишь один из них, с меньшим напряжением открывания. Допустим, это будет тиристор VD3. Тогда гирлянда HL2 загорится, а конденсатор C3 разрядится через диод VD4 и открытый тиристор VD3. Конденсатор же C1 продолжает заряжаться, поэтому вскоре откроется тиристор VD1 и загорится гирлянда HL1, а тиристор VD3 закроется, поскольку конденсатор C2 разрядится через цепочку VD2...VD1. Таким образом, тиристоры будут открываться строго поочередно, включая соответствующие гирлянды.

Частота переключения гирлянд зависит от номиналов резисторов R1, R3, R5 и конденсаторов C1...C3.

Гирлянды могут быть выполнены из ламп с последовательным или параллельным соединением с общим напряжением 180–200 В, подводимым к концам каждой гирлянды, и током потребления не более 2 А.

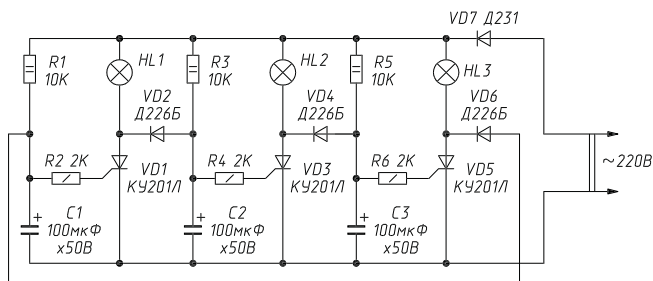


Рис. 5.26. Схема получения эффекта «бегущая волна» (вариант 1)

Вторая схема – переключатель четырех гирлянд (вариант Сенина). С его помощью можно переключать гирлянды плавно или получать эффект «бегущий огонь» при соответствующем расположении ламп гирлянд. Переменным резистором изменяют скорость переключения гирлянд, а также скорость и направление «бегущего огня».

Схема этого автомата приведена на рис. 5.27. На транзисторах VT1, VT2 собран задающий генератор, выполненный по схеме несимметричного мультивибратора. Он питается от простого стабилизатора напряжения, составленного балластным резистором R6 и стабилитроном VD7. Импульсы, снимаемые с выходов мультивибратора, подаются на управляющие электроды тиристоров через разделительные конденсаторы C1 и C4.

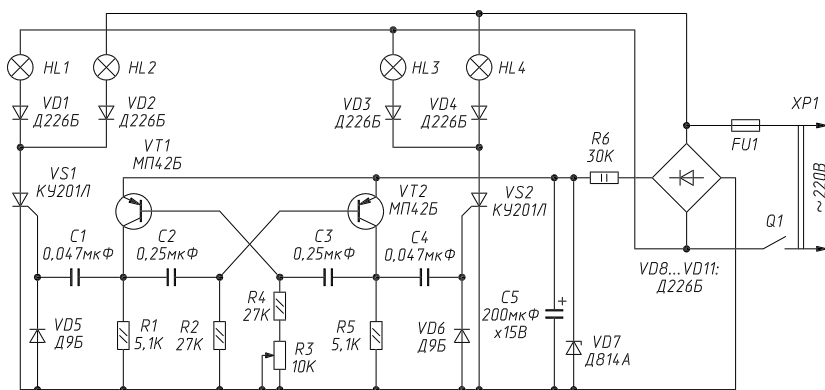


Рис. 5.27. Схема получения эффекта «бегущая волна» (вариант 2)

К каждому тиристоры подключены две гирлянды, но зажигаются они неодновременно. К примеру, когда открыт тиристор VS1, зажигается гирлянда HL1 во время положительного полупериода напряжения на ее верхнем по схеме выводе или HL2 во время такого же полупериода напряжения на ее верхнем выводе. Аналогично включаются гирлянды HL3 и HL4.

Поскольку задающий генератор не синхронизирован с частотой сети, фаза управляющих тиристорами импульсов непрерывно изменяется относительно фазы сетевого напряжения, что и определяет скорость переключения гирлянд, а также скорость «бегущего огня». Направление движения «бегущего огня» зависит от частоты генератора – ее устанавливают переменным резистором R3. При среднем положении движка резистора гирлянды горят постоянно.

В автомате можно использовать тиристоры КУ201 или КУ202 с буквенными индексами К...Н. Вместо МП42Б подойдут транзисторы серий МП39...МП42. Диоды VD1...VD6 и VD8...VD11 – КД105, КД202 и другие с обратным напряжением не менее 300 В, стабилитрон VD7 – Д814А, Д814Б, Д808, Д809. Постоянные резисторы – МЛТ-2 (R6) и МЛТ-0,125 (остальные), переменный резистор – СП0-0,5, СПЗ-12, СП-1.

Налаживать переключатель лучше всего при пониженном (например, с помощью автотрансформатора) переменном напряжении и с низковольтными лампами в качестве гирлянд. При этом резистор R6 временно заменяют резистором меньшего сопротивления (оно зависит от питающего переменного напряжения). После включения автомата сразу же должны светиться все гирлянды. Если какой-то из тириستоров не включается и часть гирлянд не горит, необходимо подобрать конденсаторы С1 и С4 большей емкости.

После этого подстраивают задающий генератор. Установив движок переменного резистора R3 примерно в среднее положение, подбором резистора R4 (или R2) добиваются остановки «бегущего огня».

Третья схема собрана на интегральных микросхемах и тиристорах (вариант Безрукова).

Обычно электронные переключатели, позволяющие добиться подобного эффекта, управляют при каждом такте одной гирляндой. В этом случае, несмотря на наличие даже четырех гирлянд, общая яркость их получается недостаточной. Повысить ее можно, коммутируя при каждом такте две гирлянды. Эффект «бегущего огня» при этом несколько усиливается.

Схема автомата для такого переключения приведена на рис. 5.28. Он выполнен на четырех интегральных микросхемах (ИМС) и стольких же тиристорах. Причем благодаря использованию тиристоров КУ201Л, способных открываться уже при токе через управляющий электрод 8 мА, удалось обойтись без согласующих транзисторных каскадов.

Автомат состоит из генератора с согласующим каскадом (элементы DD1.1...DD1.3), счетчика на триггерах (микросхема DD2), дешифратора (элементы микросхемы DD3) и инверторов (элементы микросхемы DD4).

Пока переключатель SA1 находится в показанном на схеме положении, гирлянды загораются поочередно. Когда ручка переключателя установлена в другое крайнее положение, при каждом такте будут зажигаться две гирлянды.



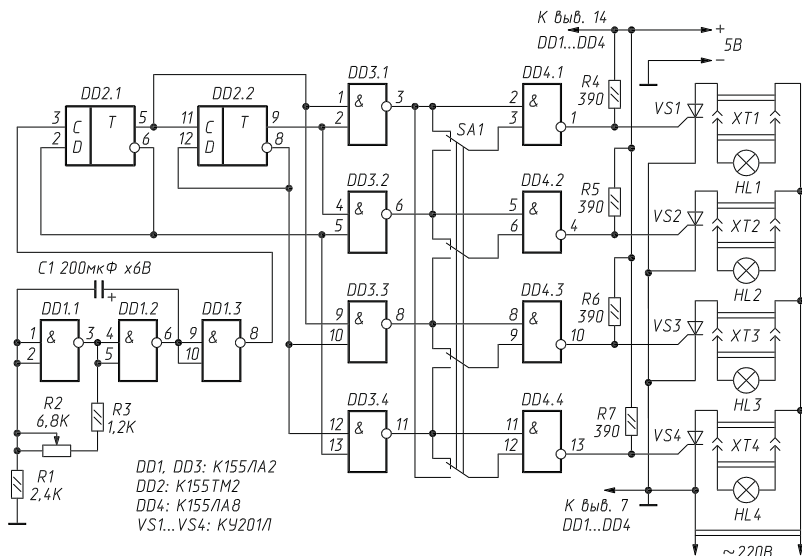


Рис. 5.28. Схема получения эффекта «бегущая волна» (вариант 3)

Если нужно зажигать одновременно три гирлянды (в этом случае будет «бежать» не свет, а тень), микросхему DD4 следует изъять и подключить управляющие электроды тиристоров (резисторы R4...R7 остаются) непосредственно к выходам элементов DD3.1...DD3.4. Но в этом случае в качестве DD3 нужно использовать микросхему K155ЛА8.

Для питания автомата по цепи +5 В используется блок (рис. 5.29), состоящий из понижающего трансформатора Тр1, двухполупериодного выпрямителя на диодах VD5...VD8 и стабилизатора напряжения на стабилитроне VD9 и транзисторе VT1. Для сигнализации включения блока питания применен светодиод HL1.

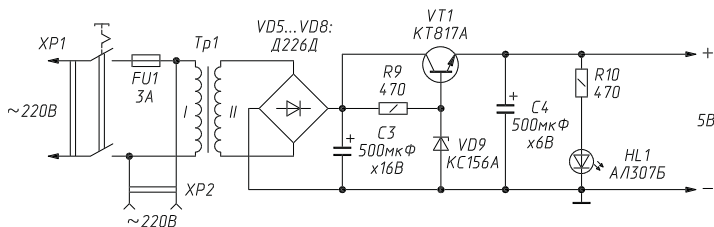


Рис. 5.29. Принципиальная схема блока питания

Трансформатор Тр1 – ТС-12-1, но его нужно доработать: отмотать от вторичной обмотки 70 витков. Подойдет другой готовый или самодельный трансформатор мощностью  $5 \times 10$  Вт с напряжением на вторичной обмотке 8–10 В.

## **Переключатель с запоминающим устройством K155PY2**

Разработанный А. Н. Евсеевым автомат позволяет разнообразить переключение ламп в электрических рекламных или в оформлении эстрады. На рис. 5.30 приведена схема такого переключателя гирлянд, в котором изменяются очередность подключения ламп и продолжительность их горения. Этот автомат относится к серии повышенной сложности.

Микросхема K155PY2 – высокоскоростное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) емкостью 64 бита. Данные в ОЗУ можно записывать и считывать. При считывании из ОЗУ информация не разрушается. Микросхема K155PY2 – ОЗУ на 16 четырехразрядных слов (под «словом» в данном случае понимается совокупность логических нулей и единиц, например 0110, 1101 и т.д.). Как действует эта микросхема? Все четыре входа (D1, D2, D3, D4) предназначены для подачи информации, которую нужно записать в память. Эти входы называются информационными. На четыре других входа (A1, A2, A3, A4) подают двоичный код адреса ячейки, которую требуется выбрать для записи или считывания информации. Эти входы называют адресными. Изменяя двоичный код на этих входах от 0000 до 1111, можно обратиться к любой из 16 ячеек. Подавая сигнал на вход W, выбирают нужный режим работы микросхемы: если на входе W лог. 0, то производится запись в ячейку; если же на входе W лог. 1, то можно считывать информацию, хранящуюся в ячейках памяти микросхемы. При считывании информация поступает на четыре выхода C1, C2, C3, C4. Микросхема имеет выходы с открытым коллектором, причем если в ячейке памяти записана лог. 1, то соответствующий транзистор выхода будет открыт (разумеется, в его коллекторную цепь должна быть включена нагрузка-резистор).

Таким образом, для записи числа в какую-либо ячейку памяти необходимо подать на входы D1...D4 соответствующие логические уровни, а на входы A1...A4 – двоичный код адреса требуемой ячейки. Затем на вход W кратковременно подают лог. 0 – и информация записана. Для считывания информации необходимо подать на вход W лог. 1. Тогда при смене кода адреса на выходах C1...C4 будут появляться сигналы, соответствующие содержанию данных ячеек.

Рассмотрим работу переключателя по его принципиальной схеме (рис. 5.30).

С помощью кнопок SB6 «Пуск» и SB7 «Сброс» устанавливаются требуемый режим работы устройства: после нажатия кнопки «Сброс» можно производить запись программы в ячейки памяти микросхемы,

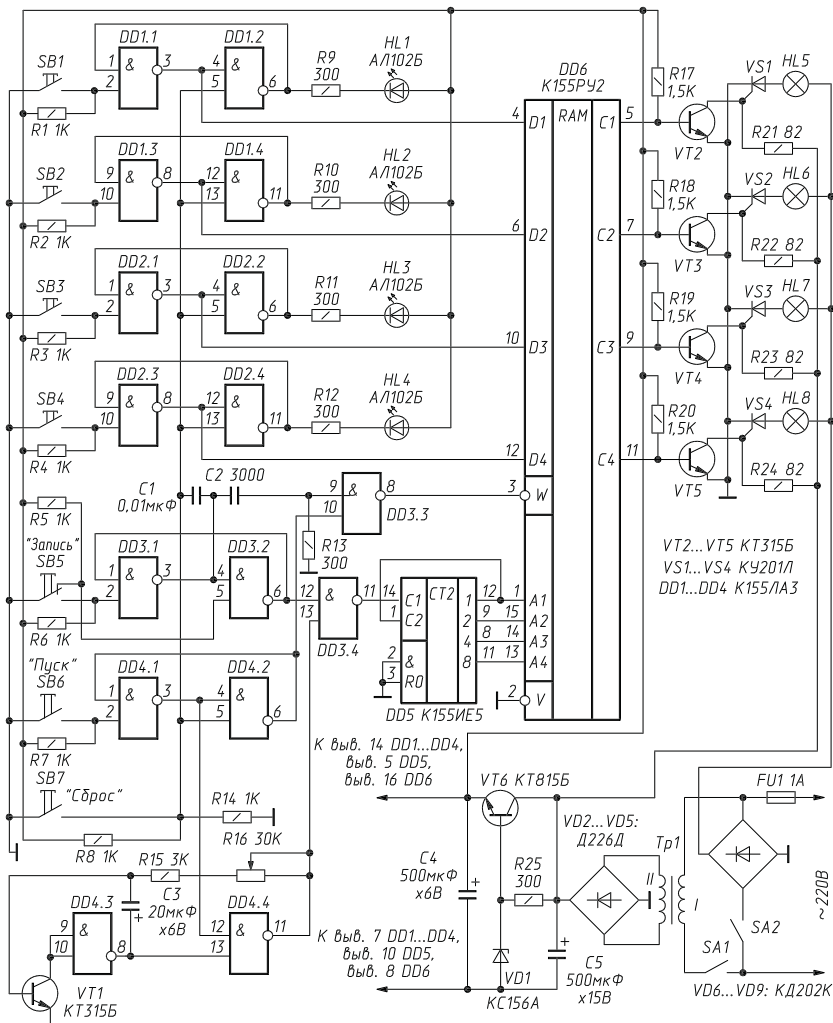


Рис. 5.30. Принципиальная схема переключателя на микросхеме K155PY2

а после нажатия кнопки «Пуск» происходит считывание записанной программы.

При нажатии на кнопку SB7 «Сброс» RS-триггеры, собранные на логических элементах DD1.1 и DD1.2, DD1.3 и DD1.4, DD2.1 и DD2.2, DD2.3 и DD2.4, DD4.1 и DD4.2, установятся в исходное состояние, при котором на выходах логических элементов DD1.1, DD1.3, DD2.1, DD2.3 и DD4.1 – лог. 0. Поступая на вывод 12 логического элемента DD4.4, он запрещает работу тактового генератора, собранного на логических элементах DD4.3, DD4.4 и транзисторе VT1.

Затем с помощью кнопок SB1...SB4 набирают двоичное слово для записи в первую ячейку памяти. Допустим, нам необходимо записать 0111. Для этого требуется нажать кнопки SB2, SB3, SB4. Триггеры DD1.3, DD1.4, DD2.1, DD2.2 и DD2.3, DD2.4 перебросятся, и зажгутся светодиоды.

Потом следует нажать кнопку SB5 «Запись». Импульс с выхода триггера (вывод 3 логического элемента DD3.1) через дифференцирующую цепь C2, R13 и логический элемент DD3.3 поступит на вход W микросхемы памяти DD6. Дифференцирующая цепь C2, R13 и логический элемент DD3.3 работают таким образом, что после нажатия кнопки SB5 «Запись» на вход W поступает короткий отрицательный импульс, который обеспечивает запись информации, поданной на информационные входы D1...D4 по адресу в соответствии с двоичным кодом на адресных входах A1...A4. В момент отпускания кнопки SB5 «Запись» импульс с выхода логического элемента DD3.1 через конденсатор C1 установит в исходное состояние все RS-триггеры, в которых было предварительно записано двоичное слово. Импульс, поступивший с выхода логического элемента DD3.4 на вход C1 двоичного счетчика DD5, увеличит на единицу адрес (двоичный код которого снимается с выводов 12, 9, 8 и 11 этой микросхемы). Заметим, что установка в исходное состояние счетчика адреса DD5 не производится (выводы 2 и 3 для обеспечения счетного режима соединены с общим проводом).

После этого кнопками SB1...SB4 набирают новое двоичное слово программы, нажимают кнопку SB5 «Запись» и т.д., пока в микросхему памяти не будет записана вся программа из 16 четырехразрядных двоичных слов. После того как программа записана, нажимают кнопку SB6 «Пуск», триггер DD4.1, DD4.2 изменяет свое состояние на противоположное, начинает работать генератор на логических элементах DD4.3, DD4.4, импульсы которого поступают на счетчик DD5 и изменяют код адреса ячейки. На входе W теперь все время находится лог. 1,

поскольку на выходе логического элемента DD4.2 – лог. 0, который подается на вход логического элемента DD3.3. На выходах C1...C4 микросхемы K155PY2 появляются логические уровни, соответствующие записанной в ячейках памяти информации. Сигналы с выходов C1...C4 усиливаются транзисторными ключами VT2...VT5 и затем поступают на управляющие электроды тиристоров VS1...VS4. Тиристоры управляют четырьмя гирляндами ламп, условно обозначенными на схеме HL5...HL8. Допустим, что на выходе C1 микросхемы DD6 имеется лог. 0. В этом случае транзистор VT2 закрыт, через резистор R21 и управляющий электрод тиристора VS1 протекает ток, тиристор открывается и зажигает лампы гирлянды HL5. Если же на выходе C1 – лог. 1, то лампы HL5 гореть не будут.

Микросхемы устройства питаются от стабилизированного выпрямителя, собранного на диодном мосте VD2...VD5, стабилитроне VD1 и транзисторе VT6. Лампы гирлянд HL5...HL8 питаются выпрямленным напряжением, снимаемым с диодного моста VD6...VD9. Для отключения гирлянд служит выключатель SA2, для отключения от сети остальных элементов устройства служит выключатель SA1.

В устройстве применяются следующие детали. Транзисторы VT2...VT5 могут быть любыми из серий КТ3117, КТ603, КТ608, КТ630, КТ801; VT1 – любой из серий КТ306, КТ312, КТ315, КТ316; VT6 – любой из серий КТ801, КТ807, КТ815. Тиристоры КУ201Л (VS1...VS4) можно заменить на КУ202 с буквами К, Л, М, Н. Хотя тиристоры КУ201Л, КУ202К и КУ202Л на практике могут нормально работать в подобных схемах, однако по паспорту они допускают максимальное напряжение в запертом состоянии не более 300 В. В то же время амплитуда сетевого напряжения ( $220\text{ В}_{\text{эфф}}$ ) составляет 311 В. Поэтому, если требуется высокая надежность схемы, рекомендуется использовать тиристоры КУ202М или КУ202Н, допускающие напряжение 400 В. Диоды VD2...VD5 помимо указанных могут быть типов Д310, КД509А, КД510А. Диоды КД202К (VD6...VD9) можно заменить на КД202 с буквами Л–Р, а также на Д231, Д232, Д245, Д246 с любыми буквами. Конденсаторы C1, C2 – типа К10-7, К10-23, КЛС или КМ-6; C3...C5 – К50-6, К50-16 или К50-20. Все постоянные резисторы – типа МЛТ. Переменный резистор R16 – СП-1, СП-0,4. В устройстве можно использовать кнопки типа КМ1-1 или КМД1-1. Разрешается также применять кнопки других типов (например, П2К без фиксации положения), но тогда необходимо продумать возможность их установки на плату. Выключатели SA1 и SA2 типа «тумблер» (ТВ2-1, ТП1-2, Т1, МТ1 и др.). Трансформатор питания Tr1 выполнен

на ленточном магнитопроводе ШЛ16×20. Обмотка I содержит 2440 витков провода ПЭВ-1 0,08, обмотка II – 90 витков провода ПЭВ-1 0,51. Можно использовать и другие трансформаторы мощностью 10–20 Вт, имеющие вторичную обмотку на напряжение 8–10 В и ток 0,5–0,7 А. Подойдут трансформаторы ТВК-70Л2, ТВК-110ЛМ, у которых часть витков вторичной обмотки должна быть удалена для получения нужного напряжения. Монтаж осуществляется комбинированно, с преобладанием объемно-навесного метода.

Большая часть элементов устройства смонтирована на текстолитовой плате. Монтаж выполнен проводами. Транзистор Т6 располагается на дюралюминиевом уголке площадью около 30 см<sup>2</sup> (он служит радиатором). Диоды VD6...VD9 и тиристоры VS1...VS4 устанавливаются на плате без радиаторов, при этом суммарная мощность переключаемых ламп не должна превышать 500 Вт.

За пределами платы находятся следующие элементы: трансформатор питания Tr1, держатель предохранителя FU1, выключатели питания SA1 и SA2, переменный резистор R16, кнопки SB1...SB7 и светодиоды HL1...HL4. Элементы платы соединены с ними многожильным проводом. Провода, соединяющие аноды тиристоров VS1...VS4 с лампами HL5...HL8, припаяны непосредственно к лепесткам тиристоров.

Сечение проводов, которыми выполнены силовые цепи, должно быть не менее 1 мм<sup>2</sup>.

Конструкция устройства произвольная. На верхней крышке корпуса должны быть расположены кнопки SB1...SB7, выключатели питания SA1...SA2, светодиоды контроля записи программы HL1...HL4, а также ручка переменного резистора R16, с помощью которого изменяют скорость переключения гирлянд. На боковой стенке корпуса установлены держатель предохранителя FU1 и гнезда для подключения гирлянд (на схеме они не показаны).

Если все детали исправны и в монтаже нет ошибок, то устройство начинает работать сразу. Следует отметить, что достигаемые световые эффекты во многом зависят от взаимного расположения ламп гирлянд. Весьма распространенным является такое их расположение, когда за лампой первой гирлянды следует лампа второй гирлянды, затем третьей, четвертой и т.д., начиная с первой гирлянды. На рис. 5.31 показана схема такого включения ламп.

Программирование переключателя ведут в такой последовательности. Вначале на бумаге составляют программу, представляющую собой запись состояния всех четырех гирлянд в каждом из шестнадцати

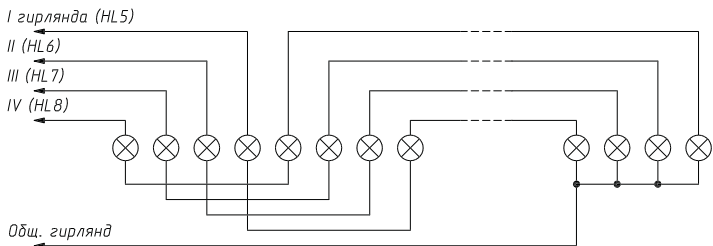


Рис. 5.31. Вариант схемы включения ламп в гирляндах

тактов работы устройства. Включенное состояние гирлянды обозначают единицей, а выключенное – нулем. Затем нажатием кнопки SB7 «Сброс» устанавливают микросхемы устройства в исходное состояние. После этого последовательным нажатием кнопок SB1...SB4 набирают первое слово программы, обращая внимание на зажигание светодиодов HL1...HL4. Затем нажимают кнопку SB5 «Запись». Так производят запись информации во все 16 ячеек микросхемы. Затем нажимают кнопку SB6 «Пуск», и переключатель переходит в рабочий режим.

При программировании следует помнить, что информация должна быть записана во все 16 ячеек памяти микросхемы, иначе при включении питания состояние этих ячеек оказывается неопределенным.

В табл. 5.3 показаны некоторые варианты программирования переключателя гирлянд для получения разнообразных световых эффектов. Лог. 1 в каждом слове слева направо показывает, какие из кнопок SB1...SB4 соответственно следует нажать.

Таблица 5.3. Программы переключателя гирлянд

| Номер программы | Содержание двоичных слов программы |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1               | 1000                               | 0100 | 0010 | 0001 | 1000 | 0100 | 0010 | 0001 |
|                 | 1000                               | 0100 | 0010 | 0001 | 1000 | 0100 | 0010 | 0001 |
| 2               | 0111                               | 1011 | 1101 | 1110 | 0111 | 1011 | 1101 | 1110 |
|                 | 0111                               | 1011 | 1101 | 1110 | 0111 | 1011 | 1101 | 1110 |
| 3               | 1000                               | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 0100 | 0100 | 0100 |
|                 | 0100                               | 0010 | 0010 | 0010 | 0001 | 0001 | 0000 | 0000 |
| 4               | 1000                               | 0000 | 0000 | 0100 | 0000 | 0000 | 0010 | 0000 |
|                 | 0000                               | 0001 | 0000 | 0000 | 1111 | 1111 | 0000 | 0000 |
| 5               | 1000                               | 0100 | 0010 | 0001 | 0010 | 0100 | 1000 | 0100 |
|                 | 0010                               | 0001 | 0010 | 0100 | 1000 | 0100 | 0100 | 0001 |

Первая и вторая программы обеспечивают эффект «бегущего огня», остальные программы создают более сложные эффекты. Число программ, которые можно реализовать с помощью данного устройства, очень велико, и это открывает простор для фантазии оператора. Следует также помнить, что изменение скорости переключения гирлянд также открывает новые возможности для получения различных световых эффектов.

Суммарная мощность ламп, переключаемых устройством, может быть увеличена до 1500 Вт; при этом диоды VD6...VD9 должны быть установлены на радиаторы площадью 40–50 см<sup>2</sup> каждый.

Если в распоряжении радиолюбителя имеются симметричные тиристоры (симисторы) типа КУ208Г, их также можно использовать для управления лампами гирлянд. Подключать симисторы следует в соответствии со схемой, представленной на рис. 5.32 (изображена схема только одного канала, остальные – аналогичны). Величины резисторов R21...R24 в этом случае необходимо увеличить до 1–3 кОм. Транзисторы КТ605А разрешается заменить на КТ605Б, КТ940А; диодные мосты VD6 – типов КЦ401, КЦ405 с буквами А, Б, Ж.

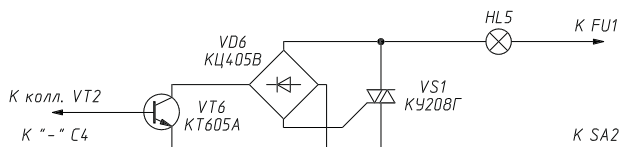


Рис. 5.32. Схема подключения симистора

Второй вариант симисторного узла коммутации представлен на рис. 5.33. Его отличие от предыдущего в том, что транзисторные ключи VT2...VT5 с резисторами R21...R24 заменены инвертирующими логическими элементами микросхемы DD7. Резисторы R17...R20 (рис. 5.30) при этом сохраняются. Такое схемное решение несколько упрощает конструкцию.

Узел управления симисторами можно сделать еще более простым, если использовать электромагнитные реле (рис. 5.34). Обмотки реле, как видно из схемы, включены вместо резисторов R21...R24. В переключателе могут применяться любые реле, срабатывающие от напряжения 8–12 В при токе до 100 мА, например РЭС10 (паспорта РС4.524.303, РС4.524.312), РЭС15 (паспорта РС4.591.003, РС4.591.004, РС4.591.006), РЭС47 (паспорта РФ4.500.409, РФ4.500.419), РЭС49 (паспорт РС4.569.424). Помимо простоты, это схемное решение имеет еще одно



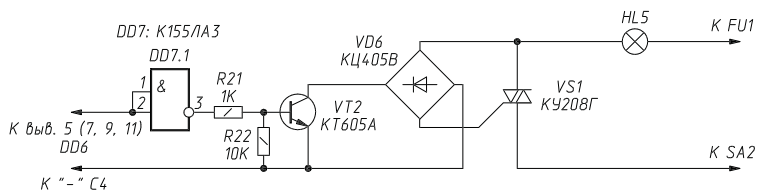


Рис. 5.33. Улучшенная схема подключения симистора

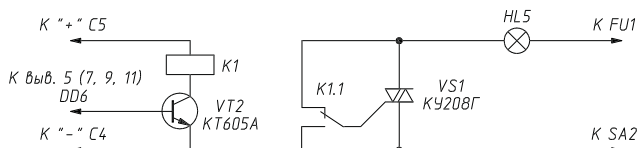


Рис. 5.34. Упрощенная схема подключения симистора

преимущество: обеспечивается гальваническая развязка низковольтной части устройства от питающей сети, что увеличивает безопасность пользования переключателем. Недостатком же является меньший срок службы, вызванный износом контактов реле.

|          |                                   |     |
|----------|-----------------------------------|-----|
| <b>1</b> | Аппаратура для караоке            | 7   |
| <b>2</b> | Электронная охрана и сигнализация | 63  |
| <b>3</b> | Любительская радиосвязь           | 107 |
| <b>4</b> | Любительская телефония            | 165 |
| <b>5</b> | Электронные автоматы, устройства  | 219 |

## **6** СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Расчет силового трансформатора | 266 |
| Изготовление трансформатора    | 279 |

Различные электронные устройства: радиоприемники, телевизоры, магнитофоны, электрофоны, усилители низкой частоты и прочие аппараты – нуждаются в источнике энергии для питания электронных ламп, транзисторов, микросхем и других радиоэлементов. В качестве таких источников энергии для носимой аппаратуры, как правило, используются сухие элементы, батареи или аккумуляторы, которые время от времени приходится заменять новыми или подзаряжать. Для стационарной же аппаратуры источником энергии обычно служит сеть переменного тока напряжением 127 или 220 В. Однако указанные выше радиоэлементы требуют питания напряжением, которое значительно отличается от напряжения сети. Так, для питания нитей накала электронных ламп и кинескопов необходим источник питания напряжением 6,3 В, для анодных цепей ламп – 250–300 В, для транзисторов и микросхем – от 5 до 24 В. Получить такие напряжения при наличии электросети позволяет силовой трансформатор. Поскольку большинство радиоэлементов нуждается в питании постоянным током, выходное напряжение с трансформатора подается на радиоэлементы через выпрямитель.

Учитывая, что многие начинающие радиолюбители испытывают робость при столкновении с проблемой питания радиоаппаратуры, следующий раздел посвящен расчету и изготовлению силового трансформатора.

## **РАСЧЕТ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

Классический теоретический расчет трансформатора достаточно сложен. Для его выполнения необходимо знать такие характеристики, как магнитная проницаемость используемых для сердечника пластин трансформаторной стали, длина магнитных силовых линий в сердечнике, средняя длина витка обмотки и другие параметры. Профессиональному разработчику НИИ все эти параметры известны, так как он обладает сертификатами применяемых в трансформаторе материалов. Радиолюбитель же вынужден использовать для трансформатора совершенно случайно попавший к нему сердечник, характеристики которого ему неизвестны.

По указанной причине для расчета трансформатора предлагается эмпирический метод, многократно проверенный радиолюбителями и основанный на практическом опыте. Расчет элементарно прост и требует лишь знания простейших основ арифметики.

## Принцип действия трансформатора

Трансформатор был изобретен П. Н. Яблочковым в 1876 году. Устройство трансформатора показано на рис. 6.1а, а его схематическое обозначение – на рис. 6.1б. Трансформатор состоит из стального сердечника и обмоток, намотанных изолированным обмоточным проводом. Сердечник собирается из тонких пластин специальной электротехнической стали для снижения потерь энергии. Обмотка, предназначенная для подключения к сети переменного тока, называется первичной. Нагрузка подключается к вторичной обмотке, которых

в трансформаторе может быть несколько. Номера обмоток обычно проставляются римскими цифрами. Часто обмоткам присваивают номера их выводов.

Работа трансформатора основана на магнитном свойстве электрического тока. При подключении концов первичной обмотки к электросети по этой обмотке протекает переменный ток, который создает вокруг ее витков и в сердечнике трансформатора переменное магнитное поле. Пронизывая витки вторичной обмотки, переменное магнитное поле индуцирует в них ЭДС. Соотношение количества витков первичной и вторичной обмоток определяет получаемое напряжение на выходе трансформатора. Если количество витков вторичной обмотки больше, чем первичной, выходное напряжение трансформатора будет больше напряжения сети. Такая обмотка называется повышающей. Если же вторичная обмотка содержит меньше витков, чем первичная, выходное напряжение окажется меньше сетевого (понижающая обмотка).

Трансформатор – это пассивный преобразователь энергии. Его коэффициент полезного действия (КПД) всегда меньше единицы. Это означает, что мощность, потребляемая нагрузкой, которая подключена к вторичной обмотке трансформатора, меньше, чем мощность, потребляемая нагруженным трансформатором от сети. Известно, что мощность равна произведению силы тока на напряжение, следовательно, в повышающих обмотках сила тока меньше, а в понижающих – больше силы тока, потребляемого трансформатором от сети.

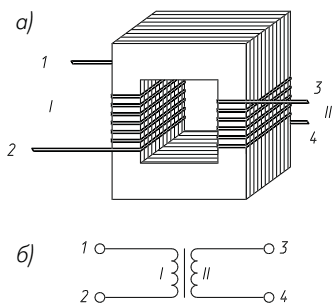


Рис. 6.1. Трансформатор:  
а – общий вид;  
б – условное обозначение

## Параметры и характеристики трансформатора

Два разных трансформатора при одинаковом напряжении сети могут быть рассчитаны на получение одинаковых напряжений вторичных обмоток. Но если нагрузка первого трансформатора потребляет большой ток, а второго – маленький, значит, первый трансформатор характеризуется по сравнению со вторым большей мощностью. Чем больше сила тока в обмотках трансформатора, тем больше и магнитный поток в его сердечнике, поэтому сердечник должен быть толще. Кроме того, чем больше сила тока в обмотке, тем более толстым проводом она должна быть намотана, а это требует увеличения окна сердечника. Поэтому габариты трансформатора зависят от его мощности. И наоборот, сердечник определенного размера пригоден для изготовления трансформатора только до определенной мощности, которая называется габаритной мощностью трансформатора.

Количество витков вторичной обмотки трансформатора определяет напряжение на ее выводах. Но это напряжение зависит также и от количества витков первичной обмотки. При определенном значении напряжения питания первичной обмотки напряжение вторичной зависит от отношения количества витков вторичной обмотки к количеству витков первичной. Это отношение и называется коэффициентом трансформации.

Если напряжение на вторичной обмотке зависит от коэффициента трансформации, можно ли выбирать количество витков одной из обмоток, например первичной, произвольно? Оказывается, нельзя. Дело в том, что чем меньше габариты сердечника, тем больше должно быть количество витков каждой обмотки. Поэтому размеру сердечника трансформатора соответствует вполне определенное количество витков его обмоток, приходящееся на один вольт напряжения, меньше которого брать нельзя. Эта характеристика называется количеством витков на один вольт.

Как и всякий преобразователь энергии, трансформатор обладает коэффициентом полезного действия – отношением мощности, потребляемой нагрузкой трансформатора, к мощности, которую нагруженный трансформатор потребляет от сети.

КПД маломощных трансформаторов, которые обычно применяются для питания бытовой электронной аппаратуры, колеблется в пределах от 0,8 до 0,95. Более высокие значения имеют трансформаторы большей мощности.

## Электрический расчет трансформатора

Прежде чем начать электрический расчет силового трансформатора, необходимо сформулировать требования, которым он должен удовлетворять. Они и будут являться исходными данными для расчета. Технические требования к трансформатору определяются также путем расчета, в результате которого определяются те напряжения и токи, которые должны быть обеспечены вторичными обмотками. Поэтому перед расчетом трансформатора производится расчет выпрямителя для определения напряжений каждой из вторичных обмоток и потребляемых от этих обмоток токов. Если же напряжения и токи каждой из обмоток трансформатора уже известны, то они и являются техническими требованиями к трансформатору.

Для определения габаритной мощности трансформатора необходимо определить мощности, потребляемые от каждой вторичной обмотки, и сложить их, учитывая также КПД трансформатора. Мощность, потребляемую от любой обмотки, определяют умножением напряжения между выводами этой обмотки на силу потребляемого от нее тока:

$$P = UI,$$

где  $P$  – мощность, потребляемая от обмотки, Вт;

$U$  – эффективное значение напряжения, снимаемого с этой обмотки, В;

$I$  – эффективное значение силы тока, протекающего в этой же обмотке, А.

Суммарная мощность, потребляемая, например, тремя вторичными обмотками, вычисляется по формуле:

$$P_{\Sigma} = U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3.$$

Для определения габаритной мощности трансформатора полученное значение суммарной мощности  $P_{\Sigma}$  нужно разделить на КПД трансформатора:

$$P_r = \frac{P_{\Sigma}}{\eta},$$

где  $P_r$  – габаритная мощность трансформатора;

$\eta$  – КПД трансформатора.

Заранее рассчитать КПД трансформатора нельзя, так как для этого нужно знать величину потерь энергии в обмотках и в сердечнике, которые зависят от параметров самих обмоток (диаметры проводов и их длина) и параметров сердечника (длина магнитной силовой

линии и марка стали). И те и другие параметры становятся известны только после расчета трансформатора. Поэтому с достаточной для практического расчета точностью КПД трансформатора можно определить из табл. 6.1.

Таблица 6.1. Определение КПД трансформатора

| Суммарная<br>мощность, Вт | 10–20 | 20–40 | 40–100 | 100–300 |
|---------------------------|-------|-------|--------|---------|
| КПД<br>трансформатора     | 0,8   | 0,85  | 0,88   | 0,92    |

Допустим, что нужно рассчитать трансформатор, имеющий три вторичные обмотки со следующими исходными данными:

$$U_1 = 6,3 \text{ В}; I_1 = 1,5 \text{ А};$$

$$U_2 = 12 \text{ В}; I_2 = 0,3 \text{ А};$$

$$U_3 = 120 \text{ В}; I_3 = 59 \text{ мА}.$$

Находим суммарную мощность, потребляемую от вторичных обмоток:

$$P_s = U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3 = 6,3 \times 1,5 + 12 \times 0,3 + 120 \times 0,059 = 20,13 \text{ Вт}.$$

Обращаем внимание на то, что при расчете сила тока третьей обмотки, которая в исходных данных указана в миллиамперах, обязательно должна переводиться в амперы:  $59 \text{ мА} = 0,059 \text{ А}$ .

Из табл. 6.1 находим КПД трансформатора  $\eta = 0,85$  и определяем его габаритную мощность:

$$P_r = \frac{P_s}{\eta} = \frac{20,13}{0,85} = 23,7 \text{ Вт}.$$

Наиболее распространены две формы сердечника: О-образная (рис. 6.2а) и Ш-образная (рис. 6.2б). На сердечнике О-образной формы обычно располагаются две катушки, а на сердечнике Ш-образной формы – одна (рис. 6.3). Зная габаритную мощность трансформатора, находят сечение рабочего керна его сердечника, на котором находится катушка:

$$S = 1,2 \sqrt{P_r}$$

Сечением рабочего керна сердечника, как показано на рис. 6.2, является произведение ширины рабочего керна  $a$  и толщины пакета  $s$ . Размеры  $a$  и  $s$  выражены в сантиметрах, а сечение – в квадратных сантиметрах.

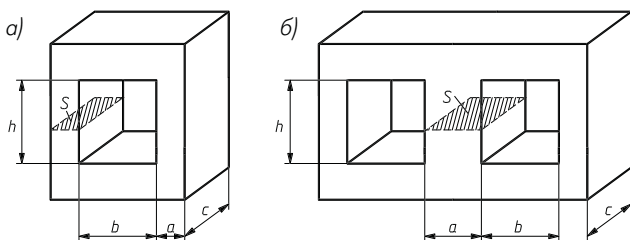


Рис. 6.2. Формы сердечника трансформатора

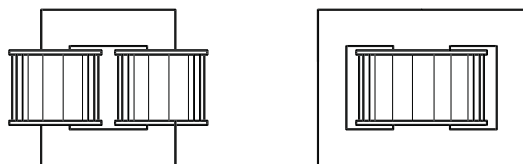


Рис. 6.3. Расположение катушек на сердечнике

После этого выбирают тип пластин трансформаторной стали и определяют толщину пакета сердечника. Сначала находят приблизительную ширину рабочего керна сердечника по формуле:

$$a = 0,8 \sqrt{S}$$

Затем по полученному значению  $a$  производят выбор типа пластин трансформаторной стали из числа имеющихся в наличии и находят фактическую ширину рабочего керна  $a$ , после чего определяют толщину пакета сердечника  $c$ :

$$c = \frac{S}{a}.$$

Количество витков, приходящихся на 1 вольт напряжения, определяется сечением рабочего керна сердечника трансформатора по формуле:

$$n = \frac{k}{S},$$

где  $n$  – количество витков на 1 В;

$k$  – коэффициент, определяемый свойствами сердечника;

$S$  – сечение рабочего керна сердечника, см<sup>2</sup>.



Из приведенной формулы видно, что чем меньше коэффициент  $k$ , тем меньше витков будут иметь все обмотки трансформатора. Однако произвольно выбирать коэффициент  $k$  нельзя. Его значение обычно лежит в пределах от 35 до 60. В первую очередь оно зависит от свойств пластин трансформаторной стали, из которых собран сердечник. Для сердечников С-образной формы, витых из тонкой ленты, можно брать  $k = 35$ . Если используется сердечник О-образной формы, собранный из П- или Г-образных пластин без отверстий по углам, берут  $k = 40$ . Такое же значение  $k$  и для пластин типа УШ, у которых ширина боковых кернов больше половины ширины среднего керна. Если используются пластины типа Ш без отверстий по углам, у которых ширина среднего керна ровно вдвое больше ширины средних кернов, целесообразно взять  $k = 45$ , а если Ш-образные пластины имеют отверстия, то  $k = 50$ . Наконец, коэффициент  $k$  берется равным 60 при использовании Ш-образных пластин толщиной 0,5 мм с отверстиями, в то время как меньшие значения  $k$  соответствуют толщине пластин 0,35 мм. Следует заметить, что выбор  $k$  в значительной мере условен и им можно в некоторых пределах варьировать, если учесть, что уменьшение  $k$  облегчает намотку, но ужесточает режим трансформатора. При применении пластин из высококачественной трансформаторной стали этот коэффициент можно немного уменьшать, а при низком качестве стали приходится его увеличивать.

Зная необходимое напряжение каждой обмотки и количество витков на 1 В, легко определить количество витков обмотки, перемножив эти величины:

$$W = U_n.$$

Такое соотношение справедливо только для первичной обмотки, а при определении количества витков вторичных обмоток нужно дополнительно вводить приближенную поправку для учета падения напряжения на самой обмотке от протекающего по ее проводу тока нагрузки:

$$W = mUn.$$

Коэффициент  $m$  зависит от силы тока, протекающего по данной обмотке (см. табл. 6.2).

Если сила тока меньше 0,2 А, можно принимать  $m = 1$ .

Толщина провода, которым наматывается обмотка трансформатора, определяется силой тока, протекающего по этой обмотке. Чем больше ток, тем толще должен быть провод, подобно тому как для

Таблица 6.2. Определение коэффициента  $m$ 

| Сила тока<br>вторичной обмотки, А | 0,2–0,5 | 0,5–1,0 | 1,0–2,00 | 2,0–4,0 |
|-----------------------------------|---------|---------|----------|---------|
| $m$                               | 1,02    | 1,03    | 1,04     | 1,06    |

увеличения потока воды требуется использовать более толстую трубу. Дело в том, что от толщины провода зависит сопротивление обмотки. Чем тоньше провод, тем больше сопротивление обмотки, следовательно, увеличивается выделяемая на ней мощность и она сильнее нагревается. Для каждого типа обмоточного провода существует предел допустимого нагрева, который зависит от свойств эмалевой изоляции. Поэтому диаметр провода может быть определен по формуле:

$$d = p \sqrt{I},$$

где  $d$  – диаметр провода по меди, мм;

$I$  – сила тока в обмотке, А;

$p$  – коэффициент (табл. 6.3), который учитывает допустимый нагрев той или иной марки провода.

Таблица 6.3. Выбор диаметра провода

| Марка<br>провода | ПЭЛ | ПЭВ-1 | ПЭВ-2 | ПЭТ  |
|------------------|-----|-------|-------|------|
| $p$              | 0,8 | 0,72  | 0,69  | 0,65 |

Выбрав коэффициент  $p$ , можно определить диаметр провода каждой обмотки. Найденное значение диаметра округляют до большего стандартного.

Сила тока в первичной обмотке определяется с учетом габаритной мощности трансформатора и напряжения сети:

$$I = \frac{P_r}{U}.$$

### Пример электрического расчета

Произведем расчет трансформатора по тем исходным данным, которые были приведены ранее.

Находим сечение сердечника трансформатора:

$$S = 1,2 \sqrt{P_r} = 1,2 \sqrt{23,7} = 5,84 \text{ см}^2.$$

Находим приближенное значение ширины рабочего керна:

$$a = 0,8 \sqrt{S} = 0,8 \sqrt{5,84} = 1,94 \text{ см}^2.$$

Выбираем пластины трансформатора типа Ш-19, для которых  $a = 1,9$  см, и находим толщину пакета:

$$c = \frac{S}{a} = \frac{5,84}{1,9} = 3,1 \text{ см}.$$

Фактически полученное сечение рабочего керна сердечника:

$$S = ac = 1,9 \times 3,1 = 5,89 \text{ см}^2.$$

Определяем коэффициент  $k$ . Допустим, что используются пластины трансформаторной стали типа Ш-19 без отверстий по углам. Тогда  $k = 45$ .

Находим количество витков на 1 В:

$$n = \frac{k}{S} = \frac{45}{5,89} = 7,64.$$

Определяем количество витков первичной обмотки при питании от сети напряжением 127 В:

$$W_I = U_I n = 127 \times 7,64 = 970 \text{ витков},$$

а также при питании от сети напряжением 220 В:

$$W_{II} = U_{II} n = 220 \times 7,64 = 1680 \text{ витков}.$$

Определяем количество витков дополнительной секции первичной обмотки, которую необходимо подключить к обмотке, рассчитанной на 127 В, для питания напряжением 220 В:

$$W_d = W_{II} - W_I = 1680 - 970 = 710 \text{ витков}.$$

Находим из табл. 6.2 коэффициент  $m$  для каждой из вторичных обмоток:

$$\text{при } I_1 = 1,5 \text{ А } m_1 = 1,04;$$

$$\text{при } I_2 = 0,3 \text{ А } m_2 = 1,02;$$

$$\text{при } I_3 = 0,059 \text{ А } m_3 = 1,00.$$

Определяем количество витков каждой из вторичных обмоток с округлением до ближайшего целого числа:

$$W_1 = m_1 U_I n = 1,04 \times 6,3 \times 7,64 = 50 \text{ витков};$$

$$W_2 = m_2 U_2 n = 1,02 \times 12 \times 7,64 = 94 \text{ витка};$$

$$W_3 = m_3 U_3 n = 1,00 \times 120 \times 7,64 = 917 \text{ витков}.$$

Находим силу тока в первичной обмотке при питании от сети напряжением 127 В:

$$I_a = \frac{P_r}{U_a} = \frac{23,7}{127} = 0,187 \text{ А},$$

то же при напряжении сети 220 В:

$$I_b = \frac{P_r}{U_b} = \frac{23,7}{220} = 0,108 \text{ А}.$$

Находим диаметр провода первичной обмотки для секции, рассчитанной на напряжение 127 В при использовании провода марки ПЭВ-1 (коэффициент  $p = 0,72$  берем из табл. 6.3):

$$d_a = p \sqrt{I_a} = 0,72 \sqrt{0,187} = 0,311 \text{ мм}.$$

то же для секции на 220 В:

$$d_b = p \sqrt{I_b} = 0,72 \sqrt{0,108} = 0,236 \text{ мм}.$$

Находим диаметры проводов вторичных обмоток.

Для этого составляем схему трансформатора (рис. 6.4) и таблицу намоточных данных (табл. 6.4), где диаметры проводов по меди выбраны из ближайших больших стандартных значений, а диаметры проводов в изоляции взяты на 10% больше, чем диаметры проводов по меди.

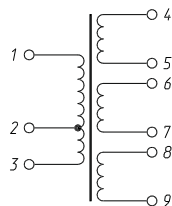


Рис. 6.4. Схема трансформатора (к примеру расчета)

Таблица 6.4. Намоточные данные трансформатора

| Номера выводов | Количество витков, W | Диаметр провода по меди, d, мм | Диаметр провода по изоляции, мм |
|----------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1–2            | 970                  | 0,31                           | 0,34                            |
| 2–3            | 710                  | 0,25                           | 0,275                           |
| 4–5            | 50                   | 0,9                            | 0,99                            |
| 6–7            | 94                   | 0,41                           | 0,45                            |
| 8–9            | 917                  | 0,18                           | 0,2                             |

## Конструктивный расчет трансформатора

Окно сердечника, предназначенное для размещения катушки с обмотками, имеет размеры, соответствующие толщине катушки  $b$  и ее ширине  $h$  (рис. 6.2). Однако не вся площадь окна может быть занята обмотками, необходимо оставить место и для каркаса катушки. Кроме того, обмотки нельзя наматывать вплотную к щечкам каркаса, так

как это иногда приводит к «проваливанию» витков верхних слоев намотки в пространство, занятое нижними слоями, в результате чего может возникнуть пробой между витками, появятся короткозамкнутые витки и во время работы трансформатора его обмотки сгорят. Поэтому в зависимости от конструкции каркаса и толщины материала, из которого он будет изготовлен, а также с учетом расстояния между щечкой каркаса и началом намотки каждого слоя выбираются эффективные размеры окна  $b_3$  и  $h_3$ .

Обмотки трансформатора наматываются рядовой намоткой витков к витку с прокладками между слоями для обеспечения электрической изоляции одного слоя по отношению к соседнему, иначе возникнет пробой между витками обмоток. Ведь между началом одного слоя и концом следующего, которые оказываются расположенными один под другим, действует значительное напряжение, соответствующее количеству витков двух слоев намотки и многократно превышающее допустимое напряжение для эмалевой изоляции. Поэтому между слоями используются прокладки в виде одного слоя кабельной бумаги толщиной  $d$ , а между обмотками – три слоя такой же бумаги. Иногда, если прочность электрической изоляции какой-либо обмотки нужно специально увеличить, между этой обмоткой и другими прокладывают дополнительно один или несколько слоев лакоткани.

При определении толщины обмотки сначала нужно подсчитать количество витков  $W_c$ , которое можно намотать в одном слое. Для этого эффективную ширину окна следует разделить на диаметр провода по изоляции:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}}.$$

Полученный результат округляют до ближайшего меньшего целого числа. Затем находят количество слоев  $n_c$ , которое займет обмотка, разделив общее количество ее витков  $W$  на количество витков  $W_c$  одного слоя:

$$n_c = \frac{W}{W_c}.$$

Полученное значение  $n_c$  округляют до ближайшего большего целого числа, после чего определяют толщину обмотки  $t$ :

$$t = n_c d_{из} + \delta (n_c - 1),$$

где  $(n_c - 1)$  – количество бумажных прокладок между слоями.

Для определения толщины катушки нужно сложить значения толщины каждой обмотки и к результату прибавить толщину прокладок между обмотками:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + 3 \, dn,$$

где  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  и т.д. – толщина каждой обмотки;

$d$  – толщина бумаги для прокладок;

$n$  – количество обмоток.

Полученная толщина катушки  $T$  должна быть меньше, чем эффективный размер окна  $b_{\text{э}}$ . Теоретически этого достаточно для вывода: катушка сможет разместиться в окне сердечника. Однако на практике существуют некоторые факторы, которые трудно учесть в процессе инженерного расчета. Одним из таких факторов является невозможность, а иногда просто неумение намотчика укладывать при намотке витки вплотную один к другому. В результате уменьшается количество витков в слое относительно расчетного, а следовательно, увеличивается количество слоев, что ведет к увеличению фактической толщины катушки. Кроме того, форма витка обычно не получается прямоугольной, а напоминает эллипс, что также приводит к увеличению толщины катушки. Поэтому следует установить некоторый запас по толщине катушки. Так, при ручной намотке и низкой квалификации намотчика полученное значение  $T$  должно быть по крайней мере в 2 раза меньше, чем  $b_{\text{э}}$ . Когда намотка производится на станке и квалификация намотчика достаточно высока,  $T$  может быть в 1,2 раза меньше  $b_{\text{э}}$ . Если такие соотношения не получаются, необходимо произвести перерасчет трансформатора, увеличив размер окна путем выбора другого типоразмера пластин или увеличив сечение рабочего керна за счет увеличения толщины пакета. Это снизит количество витков на 1 В, уменьшится количество витков всех обмоток, и толщина катушки  $T$  станет меньше.

### Пример конструктивного расчета

Произведем конструктивный расчет трансформатора, который должен следовать за электрическим расчетом, проведенным ранее.

Для пластин трансформаторной стали типа Ш-19 размеры окна:

$$b = 17 \text{ мм}; h = 46 \text{ мм}.$$

Допустим, что каркас катушки выполнен из гетинакса толщиной 0,5 мм. Тогда эффективная ширина окна должна быть уменьшена на толщину каркаса, то есть  $b_{\text{э}} = 16,5$  мм. Эффективная ширина намотки может быть найдена, если из высоты окна  $h$  вычесть толщину двух щечек каркаса и двойное расстояние между щечками и крайними витками обмоток, которое можно принять равным 2 мм. Тогда  $h_{\text{э}} = 41$  мм.

Выберем для прокладок между слоями и между обмотками бумагу толщиной  $d = 0,1$  мм. Найдем количество витков в слое для секции первичной обмотки, предназначенной для напряжении сети 127 В:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}} = \frac{41}{0,34} = 120 \text{ витков.}$$

Находим количество слоев этой обмотки:

$$n_c = \frac{W_a}{W_c} = \frac{970}{120} = 9 \text{ слоев}$$

и ее толщину:

$$t_a = n_c d_{из} + d (n_c - 1) = 9 \times 0,34 + 0,1 (9 - 1) = 3,86 \text{ мм.}$$

Количество витков в слое для дополнительной секции, рассчитанной на 220 В:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}} = \frac{41}{0,275} = 149 \text{ витков.}$$

Количество слоев:

$$n_c = \frac{W_b}{W_c} = \frac{710}{149} = 5 \text{ слоев;}$$

Толщина обмотки:

$$t_b = n_c d_{из} + d (n_c - 1) = 5 \times 0,275 + 0,1 (5 - 1) = 1,78 \text{ мм.}$$

То же для вторичной обмотки № 1:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}} = \frac{41}{0,99} = 41 \text{ виток;}$$

$$n_c = \frac{W_1}{W_c} = \frac{50}{41} = 2 \text{ слоя;}$$

$$t_1 = n_c d_{из} + d (n_c - 1) = 2 \times 0,99 + 0,1 (2 - 1) = 2,08 \text{ мм.}$$

Для вторичной обмотки № 2:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}} = \frac{41}{0,45} = 91 \text{ виток;}$$

$$n_c = \frac{W_2}{W_c} = \frac{94}{91} = 2 \text{ слоя;}$$

$$t_2 = n_c d_{из} + d (n_c - 1) = 2 \times 0,45 + 0,1 (2 - 1) = 1,00 \text{ мм.}$$

Для вторичной обмотки № 3:

$$W_c = \frac{h_3}{d_{из}} = \frac{41}{0,2} = 209 \text{ витков};$$

$$n_c = \frac{W_3}{W_c} = \frac{917}{209} = 5 \text{ слоев};$$

$$t_3 = n_c d_{из} + d (n_c - 1) = 5 \times 0,2 + 0,1 (5 - 1) = 1,4 \text{ мм.}$$

Находим толщину катушки трансформатора:

$$T = t_a + t_b + t_1 + t_2 + t_3 + 3 d n = 3,86 + 1,78 + 2,08 + 1,0 + 1,4 + 3 \times 0,1 \times 5 = 11,62 \text{ мм.}$$

Определим запас размещения катушки в окне сердечника:

$$\frac{b_3}{T} = \frac{16,5}{11,62} = 1,42.$$

Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что намотка может быть выполнена вручную при средней квалификации намотчика.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА

Процесс изготовления силового трансформатора состоит из нескольких этапов. В первую очередь следует изготовить каркас катушки трансформатора. Затем выполняется намотка на каркас обмоток катушки. После этого нужно собрать трансформатор, установив внутрь катушки стальной сердечник. Наконец, необходимо проверить изготовленный трансформатор.

### Изготовление каркаса катушки

Каркас для катушки трансформатора может быть изготовлен из картона или прессшпана, как показано на рис. 6.5. Гильза выполняется из полоски шириной, равной высоте окна сердечника, и длиной, равной периметру рабочего керна сердечника. Щечки вырезаются так, чтобы гильза входила в их отверстия. Гильза со щечками скрепляется полосками бумаги казеиновым клеем.

Значительно более жесткий каркас получается, если его изготовить из гетинакса или текстолита. Детали такого каркаса показаны на рис. 6.6. Высота выступов детали 2 и глубина впадин z детали 1 равны толщине материала. Ширина выступов и впадин берется произвольной, но одинаковой. Нужно изготовить по две штуки каждой



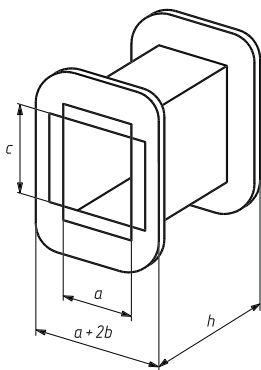


Рис. 6.5. Картонный каркас катушки

детали. Ширина полочек щечек, на которых расположены отверстия, берется несколько большей, чем без отверстий. Отверстия служат для продевания выводов от концов обмоток.

Сборка каркаса производится в такой последовательности. Сначала обе щечки складываются вместе, одна к другой. В окно щечек вставляются две сложенные детали 1 в вертикальном положении, затем их поворачивают в горизонтальное положение и разводят: одну деталь в верхнюю часть щечек, а вторую — в нижнюю и вытягивают на себя до упора. Далее устанавливают детали 2 так, чтобы их выступы вошли во впадины деталей 1. Образуется гильза со щечками у одного края,

которая легко рассыпается. Наконец, одну щечку передвигают по гильзе вперед до упора, после чего каркас уже оказывается прочным и рассыпаться не может.

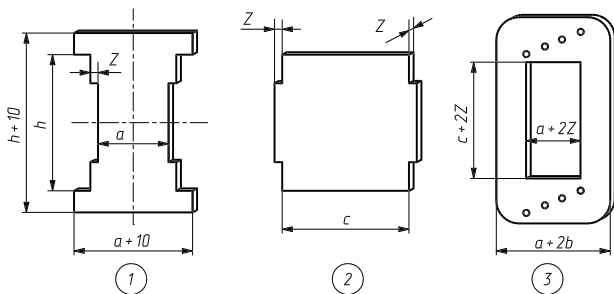


Рис. 6.6. Детали гетинаксового каркаса

Изготовление прокладок является серьезным делом, так как допущенная небрежность приводит либо к пробоя между витками катушки, либо к значительному увеличению ее размеров. Для прокладок нужно заранее нарезать длинные полоски бумаги шириной на 5 мм больше эффективной высоты окна  $h_3$ . По бокам полоски аккуратно надрезаются на глубину 3–4 мм, как показано на рис. 6.7. Это дает возможность обогнуть гильзу, а бахрама, примыкая

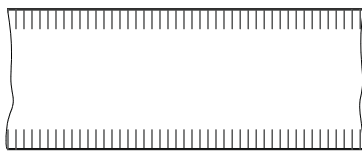


Рис. 6.7. Прокладки для обмоток

к щечкам, предохранит витки от «проваливания» в область предыдущего слоя.

### **Намотка катушки**

При отсутствии намоточного станка удобно пользоваться ручной дрелью, зажатой в тисках в горизонтальном положении. В окно каркаса катушки помещают деревянную бобышку с отверстием посередине. В него вставляют длинный винт, закрепляют бобышку гайкой, а хвостовик винта зажимают в патрон дрели. Катушка с обмоточным проводом устанавливается на горизонтальной оси под тисками.левой рукой вращают ручку дрели, а правой держат наматываемый провод, создавая натяжение.

Перед намоткой нужно заготовить гибкий многожильный изолированный провод для выводов. Можно применить монтажный провод марки МГШ или МГШД – многожильные провода с волокнистой изоляцией. Использовать провода в виниловой изоляции не рекомендуется.

Намотку начинают с установки вывода. Конец вывода освобождают от изоляции на длину 10 мм, жилки скручиваются и облуживаются. Залуженный конец вывода вставляют снаружи в отверстие левой щечки, расположенное ближе к гильзе, и продвигают вплотную к правой щечке. Конец обмоточного провода нужного диаметра зачищают от лака, залуживают и скручивают с залуженным концом вывода, а скрутку пропаивают. На место пайки накладывают кусочек сложенной пополам бумаги так, чтобы пайка оказалась внутри, после чего начинается намотка.

Намотка первого слоя осуществляется справа налево поверх вывода, что его закрепляет, предотвращая выдергивание. Намотку ведут, не доходя до левой щечки на 2 мм. Затем кладется прокладка, концы которой должны ложиться внахлест, один на другой. Выводы и нахлесты всех прокладок располагаются только на узких боках гильзы. В слой нужно уложить столько витков, сколько было получено при расчете. Наматывая предпоследний слой обмотки, на него укладывают вывод, пропустив его в отверстие той щечки, около которой находится конец предпоследнего слоя. Конец вывода загибается у противоположной щечки. Затем наматывается последний слой, его конец припаивается к концу вывода, который оказывается закреплен последним слоем намотки. Теперь кладутся три слоя прокладок, после чего аналогично ведется намотка следующей обмотки. Полезно после намотки каждой обмотки проверить омметром, не произошел ли

обрыв провода, что часто случается при использовании тонких проводов, и надежность припайки выводов. Оборванную обмотку следует перемотать. Если же это обнаружится после намотки всех обмоток, придется перематывать всю катушку.

## **Сборка трансформатора**

После намотки катушки производится сборка трансформатора, в процессе которой необходимо обеспечить минимальные магнитные зазоры. Для этого сборка пластин производится вперекрышку. Катушка кладется на стол короткой стороной щечек вниз так, чтобы ее окно располагалось горизонтально слева направо. Первая Ш-пластина вставляется слева, вторая – справа. Затем слева кладется перемычка и слева же вставляется третья пластина. После этого справа кладется перемычка и справа же вставляется четвертая пластина. Сборка продолжается до заполнения окна. Последние пластины приходится забивать с помощью деревянного молотка или через деревянную прокладку. После сборки пластин их нужно уплотнить, постукивая с боков, а сердечник стянуть либо шпильками, если использовались пластины с отверстиями, либо обоймой. Шпильки, перед тем как их вставить в отверстия сердечника, нужно обернуть одним-двумя слоями бумаги. С обоих концов шпилек устанавливают картонные и металлические шайбы, гайки и контргайки. Картонные шайбы будут демпфировать вибрации сердечника и ослаблять гудение. На выступающие концы шпилек можно установить гетинаксовые планки с контактами, к которым припаиваются выводы обмоток, контакты нумеруются рейсфедером, заправленным белой нитроэмалью. Чтобы не спутать концы, в процессе намотки полезно на выводы надевать бирки с их номерами.

## **Проверка готового трансформатора**

Проверка готового трансформатора производится следующим образом. Сначала омметром нужно проверить сопротивление между выводами разных обмоток, а также между выводами обмоток и сердечником. Омметр должен показывать бесконечно большое сопротивление. Более надежная проверка сопротивления изоляции может быть произведена с помощью мегомметра типа М1101 с рабочим напряжением 500 В. Сопротивление изоляции между обмотками, а также между обмотками и сердечником должно быть не менее 0,5 МОм.

Далее еще раз проверяют целостность обмоток, измеряя сопротивление между их выводами с помощью омметра. Результаты измерения

полезно сохранить: это позволит впоследствии проконтролировать исправность трансформатора.

Затем первичную обмотку трансформатора подключают к сети переменного тока на вдвое пониженное напряжение, используя для этого регулируемый автотрансформатор. Вторичные обмотки должны быть разомкнуты. Если устройство не гудит, быстро не нагревается и не дымит, на первичную обмотку подают полное напряжение сети. Такой режим называют режимом холостого хода. Если в этом режиме измерить силу тока первичной обмотки амперметром, она должна составлять 5–10% от расчетной для нагруженного трансформатора. В режиме холостого хода трансформатор не должен нагреваться, гудение также не допускается: оно означает неплотную сборку сердечника, который нужно подтянуть, или наличие зазора между рабочим керном сердечника и катушкой. В этом случае в зазор забиваются одна-две пластинки из гетинакса или картона.

Окончательная проверка трансформатора производится под нагрузкой при его использовании в той схеме, для которой он предназначен. Проверка состоит в измерении напряжения каждой обмотки и пробном «электропрогоне» трансформатора. Включенный трансформатор с нагрузкой выдерживается в течение 3–4 ч. В процессе прогона не должно быть гудения и запаха гари. В конце электропрогона измеряется сила тока первичной обмотки, которая должна соответствовать расчетной с допуском  $\pm 10\%$ . Нагрев катушки трансформатора, работающего под нагрузкой, допустим примерно до  $+70^\circ\text{C}$ . Превышение температуры обмоток трансформатора в результате нагрева под током над температурой окружающей среды можно измерить. Для этого трансформатор отключается от сети и измеряется сопротивление одной из его обмоток, желательно той, которая обладает наибольшим сопротивлением, например первичной. Превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды находится по формуле:

$$T = 250 \frac{R_T - R_0}{R_0},$$

где  $T$  – превышение температуры в градусах Цельсия;

$R_T$  – сопротивление нагретой обмотки трансформатора, Ом;

$R_0$  – сопротивление той же обмотки до электропрогона, Ом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балахничев И. Н., Дрик А. В. Практическая телефония. – М.: Наш город, 1998, с. 55–58.
2. Бирюков С. Симисторные регуляторы мощности // Радио. – 1996. – № 1. – С. 44–46.
3. Бирюков С. Подавление импульсов «дребезга» контактов // Радио. – 1996. – № 8. – С. 47, 51.
4. Виноградов Ю. Радиолобителю-конструктору. – М.: ДМК, 1999, с. 115–118.
5. Виноградов Ю. А. Электронная охрана. – М.: Символ-Р, 1996, с. 69, 70.
6. Гришин А. Электронная телефонная трубка // Радио. – 1993. – № 1. – С. 9, 10.
7. Евсеев А. Е. Переключатель елочных гирлянд на базе К155РУ2 // В помощь радиолобителю. – № 103. – С. 11–20.
8. Желюк О. Программируемый переключатель гирлянд // Радио. – 1986. – № 11. – С. 55–56.
9. Золотарев А. и др. Многофункциональный автомат световых эффектов // В помощь радиолобителю. – 1995. – С. 52–62.
10. Казакивичус С. Комбинированный переключатель елочных гирлянд // В помощь радиолобителю. – 1982, 1983. – С. 76–79.
11. Казлаускас Р. Автомат световых эффектов // Радио. – 1982. – № 7. – С. 55.
12. Карапетьянц К. «Бегущие огни» из четырех гирлянд // Радио. – 1983. – № 11. – С. 53–54.
13. Мальцева Л. А. и др. Основы цифровой техники. – М.: Радио и связь, 1986.
14. Немов А. Автомат световых эффектов // В помощь радиолобителю. – № 104. – С. 51–59.
15. Панченко Ю. «Бегущие огни» с расширенными возможностями // В помощь радиолобителю. – 1994. – С. 63–67.
16. Симутин А. Программируемый переключатель елочных гирлянд // Радиолобителю. – 1991. – № 12. – С. 22.
17. Хмельнов С. Шестифазный переключатель гирлянд // В помощь радиолобителю. – 1988. – С. 71–73.

# ВНИМАНИЕ!

## Вы можете стать активным участником процесса книгоиздания в России!

Заполните предлагаемую анкету и укажите, книги на какие темы Вас интересуют.

При полном заполнении анкеты Вы получаете возможность в течение 6 месяцев пользоваться **10% скидкой** при приобретении компьютерной и радиотехнической литературы, имеющейся в нашем Internet-магазине, выпускаемой как «ДМК», так и другими издательствами (всего 700 наименований). Для этого достаточно получить логин и пароль, которые Вы будете использовать при входе в Internet-магазин на сайте [www.dmk.ru](http://www.dmk.ru). Узнать логин и пароль Вы можете, позвонив по тел. 369-33-60 или прислав письмо по электронной почте ([info@dmk.ru](mailto:info@dmk.ru)) после отправки анкеты по адресу: 105023, Москва, пл. Журавлева, д. 2/8, оф. 400.

1. Где Вы приобрели эту книгу? \_\_\_\_\_

город

адрес

2. Вы приобрели эту книгу за \_\_\_\_ руб.

Это

☐☐☐

очень дорого

дороговато

приемлемо

3. Оцените по 5-балльной системе:

а) качество выполнения иллюстраций

☐☐☐☐☐

б) качество изложения материала

☐☐☐☐☐

в) актуальность рассмотренных тем

☐☐☐☐☐

г) общее впечатление от книги

☐☐☐☐☐

4. С какой целью Вы приобрели эту книгу?

☐☐☐

для работы

для самостоятельного  
изучения предмета

для общего  
развития

5. Если Вы обнаружили какие-либо ошибки или неточности в книге, пожалуйста, перечислите их ниже (с указанием номеров страниц) \_\_\_\_\_

**Предлагаем Вам принять участие в подготовке наших будущих изданий.  
Для этого ответьте на нижеследующие вопросы:**

Наиболее актуальные, по Вашему мнению, темы компьютерной и радиотехнической литературы

---

---

---

Основные аспекты, которые, с Вашей точки зрения, должны быть подробно рассмотрены в книге

---

---

---

Примерный объем (число страниц) \_\_\_\_\_

Уровень читателя (начинающий, опытный пользователь, ...) \_\_\_\_\_

Приемлемая для Вас цена \_\_\_\_\_ руб.

**Мы приглашаем авторов к сотрудничеству.  
Пишите по адресу: [books@dmk.ru](mailto:books@dmk.ru). Факс: 369-78-74**

**СДЕЛАЙТЕ ПРИЯТНОЕ ВАШИМ ДРУЗЬЯМ –  
ПРИГЛАСИТЕ ИХ С СОБОЙ НА ПРОГУЛКУ В НАШ INTERNET-МАГАЗИН на сайте  
[www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)**

Бирюков Сергей Алексеевич  
Васильев Владимир Алексеевич  
Виноградов Юрий Алексеевич  
Дьяков Андрей Васильевич  
Евсеев Андрей Николаевич  
Жомов Юрий Васильевич  
Никитин Вильямс Адольфович

## **Практическая радиоэлектроника**

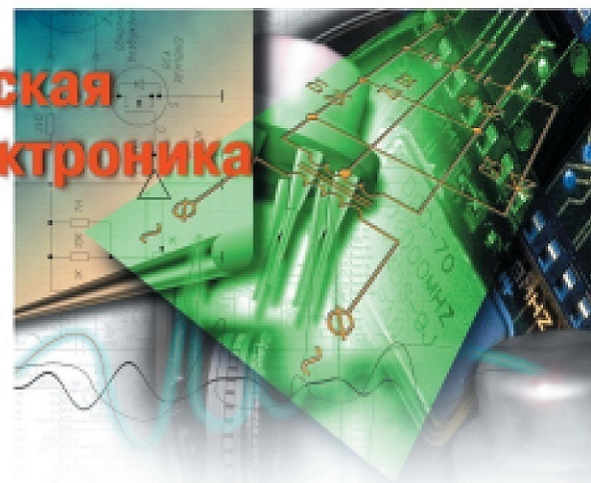
|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Главный редактор      | <i>Захаров И. М.</i>   |
| Составитель           | <i>Гриф А. Я.</i>      |
| Научный редактор      | <i>Никитин В. А.</i>   |
| Литературный редактор | <i>Левицкая Т. В.</i>  |
| Технический редактор  | <i>Прока С. В.</i>     |
| Верстка               | <i>Пискунова Л. П.</i> |
| Графика               | <i>Бахарев А. А.</i>   |
| Дизайн обложки        | <i>Антонов А. И.</i>   |

Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 18. Тираж 5000 экз. Зак. №

# Практическая радиоэлектроника



**Бирюков С. А.**  
**Васильев В. А.**  
**Виноградов Ю. А.**  
**Дьяков А. В.**  
**Евсеев А. Н.**  
**Жомов Ю. В.**  
**Никитин В. А.**



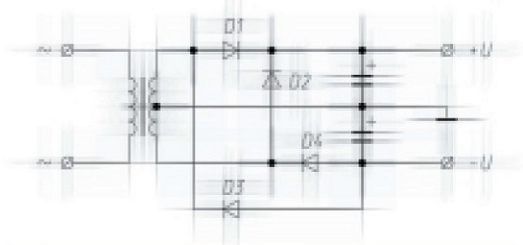
Данная книга продолжает и развивает традиции сборников «В помощь радиолюбителю» прежних лет. Большинство электронных устройств, представленных в настоящем издании, охватывают широкий диапазон современной бытовой электроники и разработаны на основе новейшей элементной базы. Это позволило авторам зачастую нетрадиционным способом решать радиотехнические задачи – в частности, сказанное касается описаний аппаратуры для караоке, охранных систем, Си-Би связи, домашней телефонии.

Материалы, вошедшие в сборник, не только позволяют повторить предложенные устройства, но и стимулируют творческий эксперимент и радиолюбительский поиск.

ISBN 5-89818-055-9



9 785898 180553



[www.dmk.ru](http://www.dmk.ru)

**DMK**  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА