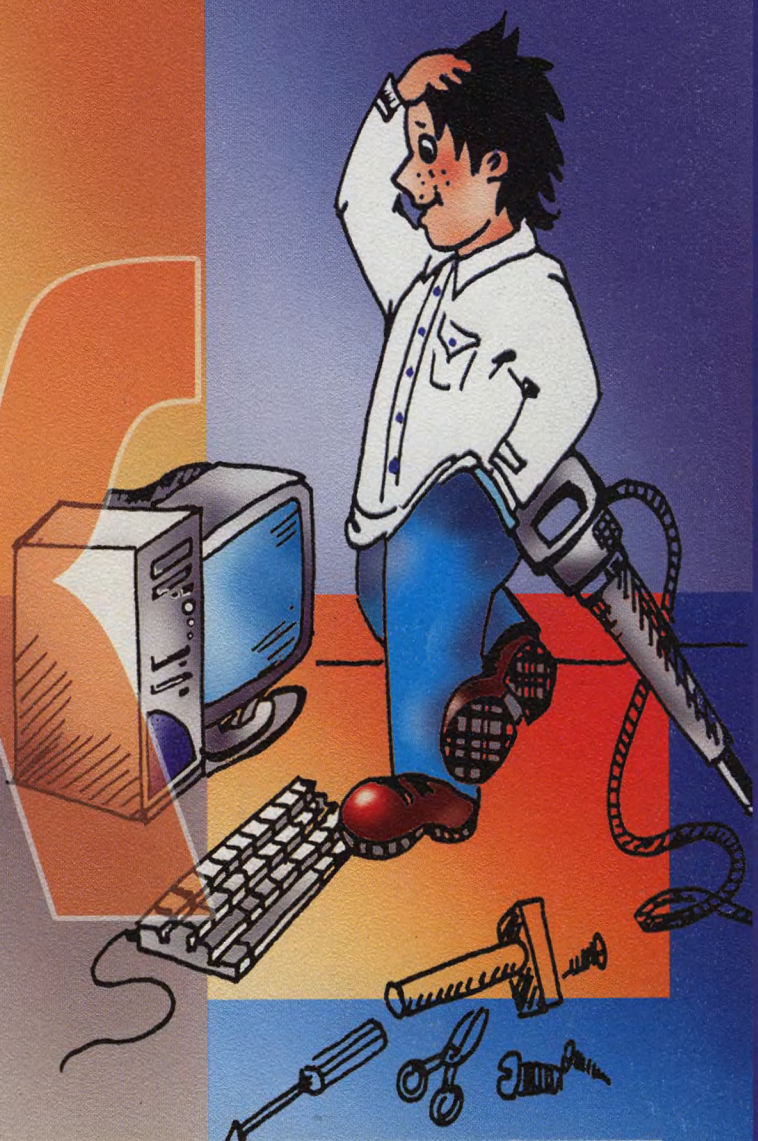


# РК АДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЕ

Г.С.Гендин

НСТРУИРОВАНИЕ





# ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВАШЕГО УСПЕХА



**В** промышленных количествах  
широчайший ассортимент  
компонентов заводов России

*Всегда на складе*

**П**родукция ведущих мировых производителей:

- активные компоненты
- разъемы и соединители
- широкий выбор датчиков
- пассивные компоненты: ферриты, трансформаторы, керамические фильтры, термисторы, варисторы, разрядники, конденсаторы, потенциометры, самовосстанавливающиеся предохранители
- TVS, диоды, диодные мосты
- жидкокристаллические индикаторы
- оптоэлектронные приборы
- электролитические конденсаторы
- электромагнитные и твердотельные реле
- программаторы, эмуляторы, тестеры
- паяльное оборудование, радиомонтажный инструмент, газовые паяльники
- мультиметры, осциллографы
- вентиляторы для охлаждения аппаратуры
- плоский, коаксиальный, телефонный, акустический кабель
- акустические компоненты
- корпуса для электронной аппаратуры
- радиоконструкторы

**П**ассивные компоненты гарантированного качества  
производства Тайвань, Гонконг: реле, полипропиленовые  
и танталовые конденсаторы, индуктивности, резисторы,  
чип-компоненты, разъемы.

 **ПЛАТАН**  
(095) 73-75-999 (многоканальный)

www.platan.ru

БЕСПЛАТНЫЙ КАТАЛОГ  
И CD С ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ  
ВЫСЫЛАЕТСЯ ПО ЗАЯВКАМ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Головной офис: Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2, (095) 73-75-999, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru  
Офис на м. Проспект Мира: Москва, ул. Гиляровского, 39, (095) 684-46-28, prospectmira@platan.ru Офис на м. Курская: Москва,  
ул. Земляной вал, 34, (095) 916-23-21, kurskaya@platan.ru Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232-88-36,  
232-23-73, platan@mail.wplus.net Офис в Киеве: ул. Чистяковская, 2, (38044) 459-02-17, chip-dip@ukr.net

Представительства: Воронеж: (0732) 59-75-57 Казань: (8432) 13-02-57 Новосибирск: (3832) 16-33-66 Омск: (3812) 24-69-03  
Ульяновск: (8422) 37-65-67 Уфа: (3472) 32-33-42

Региональные дилеры: Белгород: (0722) 31-29-79 Ижевск: (3412) 43-72-51 Ростов-на-Дону: (8632) 44-34-48 Самара:  
(8462) 35-26-09 С.-Петербург: (812) 327-96-92 Томск: (3822) 55-65-30, 51-12-25 Чебоксары: (8352) 56-63-03 Ярославль:  
(0852) 30-15-69

Розничная продажа в магазинах Чип и Дип: Москва, ул. Беговая, 2 • ул. Гиляровского, 39 • ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 • ул.  
Земляной вал, 34 • С.-Петербург, Кронверкский просп., 73 • Ярославль, пр. Ленина, 8а

Г. С. Гендин

# Радиолобительское конструирование



Издательское  
предприятие  
РАДИОСОФТ  
МОСКВА  
2004





ББК 74.200.585.01  
УДК 087.5  
Г34

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «РАДИОСОФТ»**

<http://www.radiosoft.ru> e-mail: [info@radiosoft.ru](mailto:info@radiosoft.ru)

**Отдел реализации**

тел./факс: (095) 177-4720 e-mail: [real@radiosoft.ru](mailto:real@radiosoft.ru)

**Адрес и телефон**

**для заявок на книги по почте:**

111578 Москва, Саянская, 6а, «Пост-пресс»,  
тел: (095) 307-0661, 307-0621 e-mail: [postpres@dol.ru](mailto:postpres@dol.ru)

**Гендин Г. С.**

Г34 Радиолобительское конструирование. — М.: ИП РадиоСофт, 2004. — 144 с.: ил.  
ISBN 5-93037-130-X

Это издание является заключительной частью серии из трех книг для начинающих радиолобителей. Первые две книги — «Азбука радиолобителя» и «Школа радиолобителя» — ставили своей целью дать юному читателю основные представления как о радиотехнике в общем, так и о содержании радиолобительской деятельности.

Третья книга призвана научить радиолобителя подходить к созданию собственных конструкций с позиций технически грамотного конструирования, учитывающего множество специфических факторов, обеспечивающих высокое качество и надежность изготовленных им аппаратов.

Автор и издательство надеются, что читатель окажется вполне подготовленным к созданию собственных конструкций на современном уровне.

ББК 74.200.585.01

УДК 087.5

Геннадий Семенович Гендин

**РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ**

Ответственный за выпуск  
Ведущий редактор  
Технический редактор  
Компьютерная верстка  
Оформление

Халоян А.А.  
Толмачева М.В.  
Нефедова М.Ю.  
Розанова О.В.  
Абдрашитова Л.К.

Сдано в набор 14.02.2004. Подписано в печать 16.05.2004.  
Формат 70х100/16. Гарнитура «Прагматика». Бумага газетная.  
Печать высокая Печ. л. 9. Тираж 3 000 экз. Заказ 2451.

Издательское предприятие РадиоСофт  
109125, Москва, Саратовская ул., д. 6/2

ОАО «Владимирская книжная типография»  
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7  
Качество печати соответствует качеству предоставленных диапозитивов

ISBN 5-93037-130-X



ISBN 5-93037-130-X

9 785930 371307 >

© Г. С. Гендин, 2004  
© Оформление.  
ИП РадиоСофт, 2004

# Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЮ .....	6

## **Часть первая**

### **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ**

Радиолюбительское и промышленное конструирование:	
сходство и различия .....	8
С чего начинается конструирование .....	10
Что такое грамотное конструирование? .....	12
Конструкции минимального объема .....	15
Конструкции минимального веса .....	16
Конструкции минимальной стоимости .....	16
Конструкции максимальной экономичности по питанию .....	17
Конструкции максимальной стабильности .....	17
Конструкции максимальной надежности .....	23
Основа любой конструкции — несущий элемент (шасси) .....	25
Однопанельные конструкции .....	26
Многопанельная (блочная) конструкция .....	28
Модульная конструкция .....	31
Многофункциональная конструкция со сменными блоками .....	34
Общие проблемы при создании любой конструкции БРА .....	35
Паразитные связи в конструкции и пути их снижения .....	37
Экранированные провода .....	39
Грамотные заземления и развязки .....	43
Борьба с вибрациями и микрофонным эффектом .....	46
Борьба с магнитными наводками .....	48
Грамотное размещение органов управления .....	50
Температурный режим аппарата .....	52
Вопросы техники безопасности .....	57

## **Часть вторая**

### **ПРАКТИКУМ**

Система охранной сигнализации (SOS!) .....	63
УЗЧ на одной микросхеме .....	73

Автомат для ускоренной фотопечати . . . . .	80
Простой одноканальный усилитель на транзисторах . . . . .	85
Простая акустическая система для транзисторного усилителя . . . . .	97
УКВ радиоточка . . . . .	106
Практика расчета силовых трансформаторов . . . . .	111
Имитатор шума морского прибора . . . . .	116
Стереофонический ламповый усилитель . . . . .	119
Широкополосная акустическая система открытого типа . . . . .	133
Несколько вариантов «мигающих гирлянд» для новогодней елки . . . . .	141

# Предисловие

Высокая квалификация приходит к радиолюбителю с годами, когда у него накапливается достаточный опыт самостоятельной работы. Почерпнуть этот опыт из технической литературы трудно, поскольку обычно книги по радиотехнике либо представляют собой учебники и справочники, излагающие только теоретический и справочный материал, либо являются описаниями конкретных конструкций, затрагивающими специфику регулировки и налаживания конкретного аппарата.

В этой книге мы попытаемся помочь начинающему радиолюбителю осознано и, главное, грамотно подойти к самой важной составляющей радиолюбительства — самостоятельному конструированию аппаратуры.

Грамотно — это значит не вслепую, наугад, методом проб и ошибок, а с учетом богатейшего опыта конструирования, накопленного поколениями конструкторских разработок как промышленных, так и радиолюбительских. Этот бесценный опыт поможет читателю избежать типичных и весьма распространенных ошибок, которые совершают радиолюбители-первопроходцы, начинающие свой творческий путь с нуля, т. е. игнорирующие опыт предшественников.

Разумеется, в одной этой книге невозможно всесторонне и полно сконцентрировать и передать все особенности и тонкости искусства грамотного конструирования радиоаппаратуры, однако основные, главные принципы и законы такого конструирования здесь будут освещены достаточно подробно на конкретных примерах.

Автор не сомневается, что если к работе с этой третьей книгой ты отнесешься так же серьезно и вдумчиво, как и к двум предыдущим книгам\*, то твои первые самостоятельные конструкции окажутся не просто работоспособными, но и отвечающими современному понятию *грамотная, рациональная конструкция*.

Остается пожелать больших успехов в твоей разносторонней радиолюбительской деятельности!

---

\* Гендин Г. С. Азбука радиолюбителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003; Гендин Г. С. Школа радиолюбителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003.

# Обращение к читателю

*Здравствуй, мой дорогой повзрослевший юный друг!*

Как же быстро летит время! Кажется, еще совсем недавно, когда ты впервые взял в руки первую книжку из этой серии — «Азбуку радиолюбителя», ты был оптимистичным и немножко самоуверенным, поэтому на мой первый каверзный вопрос: что же такое радио, ответил: «Да кто же этого не знает!».

Но очень скоро выяснилось, что вопрос этот совсем не такой простой, и чтобы правильно на него ответить, нам понадобилось целое первое занятие.

А потом на втором занятии, когда я задал подобный «простенький» вопрос о резисторе, ты не задумываясь ответил — это деталька такая, сопротивление!»

И опять оказалось, что это не совсем так. Более того, оказалось, что резистор и сопротивление — это совсем не одно и то же.

К чему я все это вспомнил? А к тому, что приступая к этой третьей, заключительной книге нашей маленькой серии, я собираюсь задать тебе очередной «простенький» вопрос: «Радиолюбительское конструирование — это что такое?»

Однако теперь ты уже вполне опытный, грамотный радиолюбитель, и в отношении моих каверзных вопросов стал, как говорится, стреляным воробьем, которого на мякине не проведешь. И я абсолютно уверен, что теперь ты уже точно не воскликнешь: «Смешной вопрос! Да кто же этого не знает?»

И будешь абсолютно прав, поскольку между **радиолюбительским конструированием** и **конструированием промышленной радиоаппаратуры** так же мало общего, как между резистором и сопротивлением.

Я не сомневаюсь, что, подумав немного, ты ответишь приблизительно так: «Слово конструировать — оно и в Африке означает конструировать, т. е. по определению словаря иностранных слов значит «создавать конструкцию чего-либо», а слово конструкция по определению того же словаря — это «...строение, устройство, взаимное расположение частей какого-либо предмета, машины, прибора, сооружения и т. п., определяющееся его назначением».

А отсюда **радиолюбительское конструирование — это создание конструкций, назначение которых целиком определяется целями и задачами, которые данный конкретный радиолюбитель ставит перед собой, приступая к созданию данной конкретной конструкции.**

Однако, если в этом месте немного призадуматься, в голову может прийти довольно простой вопрос: «А разве радиолюбитель-конструктор и конструктор-профессионал ставят перед собой разные цели, приступая к созданию очередного магнитофона или приемника?»

Вопрос звучит вполне логично, но если **цели** на первый взгляд кажутся одинаковыми — создать новую модель приемника или телевизора, то **задачи**, стоящие перед этими двумя конструкторами, имеют между собой очень мало общего.

А теперь после такого вступления-отступления настроимся на серьезный лад и постараемся самым доскональным образом разобраться с понятием **радиолюбительское конструирование** и его сущностью.

Автор



Часть первая

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ



# Радиолобительское и промышленное конструирование: сходство и различия

Начнем с самого простого. Вот ты, радиолобитель, задумал создать новый радиоприемник. И профессиональный конструктор в заводском конструкторском бюро (КБ) задумал то же самое.

Что значит «новый»? В твоём понимании это такой, которого нет у *тебя лично*. А что значит «новый» для конструктора-профессионала? Это значит такой, который *отличается* от другого, старого. Иначе какой же он будет новый?

Вот тебе и первое различие. У тебя при конструировании заранее нет никаких ограничений: можешь делать любой приемник, по любой схеме, из любых деталей, с любыми параметрами и характеристиками, потому что ты сам себе и заказчик, и изготовитель, и потребитель. И при этом, что самое существенное, ты собираешься сконструировать приемник, который будет изготовлен *в единственном экземпляре*.

А профессиональный конструктор будет создавать новый приемник не для себя, а для *крупносерийного производства* с последующей массовой реализацией среди потребителей. Вот тебе и второе существенное различие.

Третье, и самое главное, — ты в своём выборе вообще не ограничен никакими *нормативными документами*, обязывающими тебя к тем или иным шагам и их последовательности в самом *процессе конструирования*. А профессиональный конструктор и шагу шагнуть не смеет, не согласовав этот шаг с каким-либо конкретным документом, жестко регламентирующим все без исключения этапы *промышленного конструирования*.

И как по-твоему, сколько таких этапов предусмотрено, скажем, для создания обычного бытового радиоприемника? Ну хотя бы приблизительно? Вместо ответа я лучше не пожалею двух страниц текста и просто приведу выписку из «Краткого справочника конструктора радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)». (М., «Сов. радио», 1973)

В главе «Основные стадии конструирования РЭА» они, эти самые стадии, просто перечислены по пунктам: **подготовительная** (аванпроект или техническое предложение); **эскизный проект**; **технический проект**; **рабочий проект** (разработка опытных образцов).

## Подготовительная стадия

1. Определение принципиальной возможности создания данной модели в соответствии с требованиями технического задания.
2. Определение новых элементов, необходимых для разработки данного изделия.
3. Формулировка рекомендаций по возможным техническим решениям.
4. Определение основных конструктивно-технологических параметров данного изделия.

## Эскизный проект

1. Составление полной блок-схемы изделия.
2. Разработка компоновочных и художественных эскизов изделия.
3. Уточнение конструктивно-компоновочных параметров изделия.
4. Перечень необходимых унифицированных и новых функциональных узлов.
5. Составление техзадания на разработку новых типов элементов.
6. Выбор первичных источников питания.

## Техническое проектирование

1. Составление полной электрической схемы и расчет всех ее элементов.
2. Выбор компонентов с учетом условий работы и эксплуатации.
3. Выбор стандартизованных номиналов всех радиоэлементов и компонентов.
4. Выбор конструкции монтажа (навесной, печатный, пленочный и т. п.).
5. Выполнение компоновочных эскизов для оценки паразитных связей, тепловых режимов, вибро- и влагозащищенности, удобства монтажа и ремонта.
6. Расчет надежности и электрических допусков на основе компоновочных эскизов.
7. Разработка кинематических схем и составление эскизов механизмов

И только после этого конструктор имеет право приступить к завершающей стадии предварительного проектирования — *разработке опытного образца*. Для чего нужен опытный образец? Для тщательной практической отработки всех параметров и уточнения правильности выбранных конструкторских решений. По результатам работ с опытным образцом уточняется полный комплект технической документации и составляются отчеты по всем видам проведенных испытаний образца (а таких испытаний для обычного радиоприемника насчитывается около двух десятков!).

Если расшифровать, что входит в понятие **полный комплект конструкторской и технологической документации** для производства только одной единственной модели радиоприемника, то это по самым скромным подсчетам около 10 000 страниц машинописного текста и почти такое же количество различных чертежей!

Надеюсь, приступая к созданию *своего нового* приемника, ты не собираешься пройти все перечисленные **обязательные (!)** стадии промышленного конструирования? В таком случае, думаю, что на вопрос «Что общего между любительским и промышленным конструированием?» ты не задумываясь ответишь: «Ничего общего!»

Однако кое-что общее все же есть. И это общее называется ГОСТом, или иначе — государственным стандартом.

Сколько существует ГОСТов? Этого не знает никто, потому что ГОСТов существует превеликое множество. Скажу больше: все, что было где-то, когда-то, кем-то, на чем-то произведено, добыто или создано, не важно, что именно, будь то гвоздь, спички, чугун, молоко, туалетная бумага, реактивный истребитель или шариковая ручка, т. е. все то, что определяется общим понятием **продукт**, все это жестко оговорено и регламентировано соответствующим ГОСТом.

И когда радиолюбитель-конструктор и профессиональный конструктор на радиозаводе пожелает применить в своей конструкции винт или гайку, то обоим придется принять одинаковые решения, т. е. выбрать винт и гайку с резьбой 2, 3, 4 или 5 мм, а вот заложить в свою конструкцию винт с резьбой 4,4 или 5,3 мм не удастся, поскольку винты с такой резьбой не предусмотрены ГОСТом, а потому никем не производятся.

Точно так же обстоит дело и с диапазонами частот, которые будет принимать промышленный или любительский приемник. Они, эти диапазоны, обязательно будут соответствовать границам тех частот, которые узаконены соответствующим ГОСТом, в свою очередь оговоренным и закрепленным за каждой страной международным соглашением — Женевской конвенцией по распределению частот для радио- и телевещания.

А если ты лично вздумаешь взбунтоваться и, к примеру, сделаешь свой УКВ-приемник приспособленным для приема АМ, а не ЧМ сигналов, как это предусмотрено ГОСТом, то ничего на таком приемнике не услышишь, поскольку на УКВ радиовещание с амплитудной модуляцией не производится.

Разумеется, этим отнюдь не исчерпывается то общее, что объединяет промышленное и радиолюбительское конструирование. Многое в твоём будущем прием-



нике заранее predeterminedено еще задолго до того, как тебе в голову пришла мысль о его создании. Поэтому и тебе, и профессиональному конструктору придется выбирать из одних и тех же стандартных компонентов — резисторов, конденсаторов, транзисторов, микросхем, которые выпускаются радиопромышленностью в строгом соответствии с ГОСТами. Ну а форму ящика и цвет ручек управления для своего приемника ты, разумеется, вправе выбрать по своему усмотрению.

Кроме того (и это, пожалуй, самое главное), в отличие от конструктора-профессионала ты вовсе не обязан выполнять все требования всех ГОСТов, определяющих *обязательные качественные показатели* будущего приемника, а также проводить испытания, которым подвергаются *приемники промышленной разработки*, такие, как испытания на тепло и холод, ударную, транспортную и вибротряску, электропрогон, устойчивость к коррозии, сырости, ионизирующему излучению и даже... устойчивость к воздействию некоторых видов бактерий, грибов и насекомых.

Я думаю, что всего сказанного достаточно, чтобы тому сходства и различия промышленного и любительского конструирования считать исчерпанной, а потому мы перейдем к следующей теме.

## С чего начинается конструирование

Любому конструированию нового изделия всегда предшествуют несколько этапов, непосредственного отношения к самому процессу конструированию не имеющие.

Самый первый из них — *возникновение идеи*. В нашем случае — это пришедшая тебе в голову мысль: «А почему бы мне самому не сделать хороший современный приемник?»

Следующий этап, неизбежно вытекающий из самой идеи, — это формулировка (или расшифровка) понятия, что означает «хороший приемник»?

На этом этапе ты, как и профессиональный конструктор на стадии эскизного проектирования, должен уже технически грамотно сформулировать для себя, каким *техническим требованиям* должен отвечать будущий приемник: сколько и каких диапазонов в нем будет, сможет ли он принимать передачи на УКВ, в том числе и стереофонические, какова будет неискаженная выходная мощность его УЗЧ, какие ручные и автоматические регулировки желательно предусмотреть.

Кстати говоря, какие ручные и автоматические регулировки тебе известны? И сколько их ты можешь сегодня назвать?

К ручным относят следующие:

1. Простая или тонкомпенсированная регулировка громкости.
2. Однополосная или двухполосная регулировка тембра.
3. Многополосный формирователь полосы пропускания УЗЧ (эквалайзер).
4. Ограничители полосы пропускания УЗЧ на фиксированных частотах.
5. Регулятор стереобаланса.
6. Регулятор полосы пропускания радиотракта.
7. Регулятор положения встроенной магнитной антенны.
8. Переключатель диапазонов (на выбор: галетный, клавишный, кнопочный, сенсорный, дистанционный).
9. Регулятор настройки (выбора принимаемой станции).
10. Включатель/выключатель приемника.
11. Включатель/выключатель системы автоподстройки частоты.
12. Включатель/выключатель системы бесшумной настройки.
13. Переключатель «дальний/местный» прием.
14. Включатель/выключатель системы автоматического поиска станции.

Ну что, не ожидал, что их так много? Но и автоматических регулировок ~~сегодня~~ в современном хорошем приемнике не меньше. Это автоматическая регулировка чувствительности (АРЧ), автоматическая система поиска работающей станции, система автоподстройки частоты гетеродина для точной настройки на выбранную станцию (АПЧГ), автоматическая система бесшумной настройки (БШН), отключающая звук при перестройке с одной работающей станции на другую, автоматическое переключение с приема моно вещания на стереовещание.

Для реализации каждой из перечисленных функций в приемнике необходим *свой* отдельный участок схемы со *своими* деталями, узлами, транзисторами, микросхемами. Поэтому совершенно естественно, что чем приемник лучше, тем он сложнее, а чем сложнее, тем дороже и труднее в регулировке и налаживании.

Стало быть, следующим предварительным этапом перед началом конструирования должна стать *трезвая и обоснованная оценка* своих личных технических, финансовых и прочих возможностей и разумное соизмерение их со своими потребностями. В результате такой оценки постепенно будут вырисовываться контуры будущего приемника, которые лягут в основу того, что и принято называть процессом конструирования.

Вот теперь самое время вычертить на бумаге первый вариант **блок-схемы** будущего приемника. Надеюсь, ты еще не забыл, что это такое. Обязательно расшифруй на том же чертеже (а это действительно первый из чертежей, которых вскоре появится немало) содержание каждого квадратика или кружочка: «УПЧ» — усилитель промежуточной частоты, «Дет. АМ» — амплитудный детектор, «Дет. ЧМ» — частотный детектор, «Дет. АРУ» — детектор системы автоматической регулировки усиления и т. д. Наличие такой блок-схемы уже позволяет тебе приступить к составлению документа №2 — **предварительной спецификации**. Что она из себя представляет и как ее нужно составлять?

Для этого нужно взять обычную школьную тетрадку, написать на ее обложке слово «**Спецификация**», а затем на каждой отдельной странице, в самом верху, написать полное название одного из функциональных блоков. Очевидно, что таких страниц будет ровно столько, сколько кружочков или квадратиков на блок-схеме.

Вот теперь **начинается настоящая творческая работа**, завершающая *подготовительные стадии* перед началом собственно конструирования.

Что и в какой последовательности предстоит делать теперь? Теперь придется **технически обоснованно** определять, какими электрическими параметрами должен обладать каждый из функциональных блоков.

Если это УПЧ, то следует однозначно установить, какова будет эта промежуточная частота, какой ширины будет полоса пропускания и допустимая неравномерность АЧХ в пределах этой полосы, каков должен быть общий коэффициент усиления УПЧ с учетом действия системы АРУ. Определив эти параметры, можно будет судить о том, какие схемные решения позволяют реализовать все эти параметры, т. е. сколько и каких именно понадобится усилительных элементов (транзисторов, микросхем) и резонансных систем.

Теперь наступает самый важный и ответственный момент, напрямую определяющий, каким окажется твой будущий приемник. Почему? А потому, что таких **разных схемных решений** на сегодня существует множество. Можно, к примеру, весь тракт УПЧ сделать одноканальным для двух трактов — АМ и ЧМ, с последовательным включением резонансных систем, а можно сделать два независимых канала УПЧ для каждого вида модуляции; резонансные системы могут представлять собой отдельные полосовые фильтры, либо общий фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), либо, наконец, пьезокерамические *твердые* фильтры с заданными параметрами.

А можно вместо всего этого вообще применить **одну специализированную микросхему**, которая уже вмещает в себя не только полный канал УПЧ с необходимым коэффициентом усиления, но и детектор сигнала и детектор АРУ. А уж если пойти по этому пути еще дальше, то следует использовать специализированные микросхемы, выполняющие функции почти всех отдельных узлов твоей блок-схемы: увч, смеситель и гетеродин в одном корпусе, весь канал УПЧ с детекторами сигналов АМ, ЧМ и АРУ в другом корпусе, целиком и полностью весь УЗЧ, включая усилитель мощностью с любой (по твоему желанию) выходной мощностью от 1 до 20 Вт.

Так что различных вариантов схемных решений существует множество, и каждое из таких решений диктует свой собственный вариант конструктивного исполнения. И от того, какое из этих решений ты выберешь, зависит **состав спецификации** на каждой страничке твоей тетрадки.

Но прежде чем начать заполнять эту тетрадку, будет очень полезно познакомиться с такими понятиями, как **преимущественное целевое назначение конструкции** и **грамотное конструирование**, что мы и сделаем на последующих занятиях.

## Что такое грамотное конструирование?

Грамотное конструирование — это, во-первых, неуклонное соблюдение общеизвестных правил создания любых конструкций, знакомых каждому радиолюбителю, и, во-вторых, учет всех предыдущих ошибок, сделанных как самим радиолюбителем, так и описанных в литературе. Если эти два условия соблюдаются, можно утверждать, что создаваемые радиолюбителем конструкции спроектированы и построены грамотно.

Начнем с общеизвестных правил.

### Правило первое

*Все поставленные при конструировании задачи должны быть безусловно реализуемыми теми техническими средствами, которыми радиолюбитель располагает на данный момент.*

К примеру, бессмысленно начинать строить 20-ваттный стереофонический усилитель, если в распоряжении радиолюбителя имеется всего один 3-ваттный громкоговоритель, а материальные возможности не позволяют в самое ближайшее время приобрести соответствующие колонки.

Но даже и при наличии колонок затевать создание подобного усилителя лишено всякого смысла, если предполагается использовать его в одной 16-метровой жилой комнате.

### Правило второе

*Любая создаваемая радиолюбителем аппаратура должна быть однозначно и стопроцентно электро- и пожаробезопасна.*



Для обеспечения этого требования должны быть соблюдены все необходимые условия и схемотехнические решения, о которых мы поговорим подробно чуть позже.

Обязательным условием грамотного конструирования считается соблюдение требований **эргономики** — науки о продуманном, целесообразном и удобном расположении всех оперативных органов управления, а внутреннее устройство конструкции обеспечивало бы его **ремонтпригодность**, т. е. удобство доступа ко всем без исключения узлам и деталям.

Среди типичных ошибок, которые допускают многие, особенно начинающие радиолюбители, также можно выделить несколько наиболее общих и часто встречающихся. На первом месте следует назвать несоблюдение рекомендуемых паспортных режимов использования активных компонентов — радиоламп, транзисторов, микросхем, выпрямительных диодов и пр. Этот вид ошибок имеет смысл рассмотреть более подробно.

При использовании в любительской конструкции любого активного радиокомпонента необходимо прежде всего самым тщательным образом **изучить** (именно изучить, а не просто ознакомиться!) паспорт на этот компонент или в крайнем случае — полный перечень всех его параметров в справочном издании.

Что это за параметры? На первом месте стоят номинальные и предельно допустимые значения постоянных и переменных напряжений и токов всех его электродов, а также их предельные импульсные значения.

Как именно их следует учитывать? Это значит, что заложенные в конструкцию схемные решения должны однозначно **исключать саму возможность** возникновения ситуаций, при которых хотя бы один параметр хотя бы на одном из элементов может оказаться превышенным.

Поясню сказанное одним простым, но очень поучительным примером. Возьмем элементарный двухполупериодный выпрямитель с однозвенным  $\Pi$ -образным LC-фильтром, схема которого приведена на рис. 1. Здесь пунктиром показано место разрыва цепи для включения защитного ограничительного проволочного резистора.

Пусть выпрямитель рассчитан на номинальную мощность 100 Вт при выпрямленном напряжении 300 В. Это значит, что нормальный рабочий ток в установившемся режиме будет равен 0,3 А. В соответствии с этими расчетами и выбирают тип выпрямительного диода (как правило, с необходимыми запасами). Допустим, что выбранный нами диод допускает обратное приложенное напряжение 400 В и кратковременный импульс тока до 10 А, имея при этом собственное внутреннее сопротивление порядка 5 Ом. В установившемся режиме ни обратное напряжение, ни номинальный ток не являются для данного диода предельными. Более того, допустимый ток через диод более чем в 30 раз(!) превышает номинальный ток потребления выпрямителя.

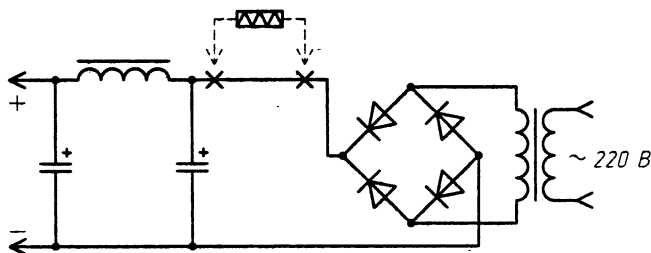


Рис. 1. Двухполупериодный мостовой выпрямитель с LC-фильтром

Однако картина резко меняется для первого момента включения. Дело в том, что незаряженный конденсатор фильтра, на который непосредственно нагружен диод выпрямителя, в момент включения представляет собой полноценное короткое замыкание, продолжительность которого при сегодняшних очень больших значениях емкости электролитических конденсаторов фильтра может достигать нескольких секунд, пока конденсатор не зарядится до напряжения на выходе выпрямителя.

Это означает, что в момент включения все напряжение выпрямителя оказывается приложенным к самому выпрямительному диоду, сопротивление которого мы приняли за 5 Ом. Но тогда по закону Ома через диод потечет ток, равный

$$I_{кз} = \frac{U_{выпр}}{R_{диода}} = \frac{300}{5} = 60 \text{ А.}$$

Естественно, что диод будет немедленно пробит, а вслед за этим также немедленно будут пробиты оба электролитических конденсатора, поскольку к ним окажется приложено полное переменное напряжение вторичной обмотки силового трансформатора. Такова будет цена легкомысленного и непродуманного отношения к анализу реальных условий работы схемных элементов выпрямителя.

Чтобы предотвратить это, между выходом выпрямителя и первым конденсатором фильтра включают так называемый ограничительный противоимпульсный резистор, ограничивающий максимальный ток в цепи до величины, не превышающей допустимое импульсное значение тока для выбранного диода.

Значение этого резистора несложно подсчитать по той же формуле, задав заранее предельную величину тока (в нашем случае 10 А).

$$R_{доп} = \frac{U_{выпр}}{I_{макс}} = \frac{300}{10} = 30 \text{ Ом.}$$

Заметим, что обеспечивая надежную защиту диодов от первоначального броска тока, этот резистор практически не нарушает работу самого выпрямителя, поскольку в установившемся режиме при токе 0,3 А на нем будет падать напряжение всего 9 В из 300, что не существенно. Кроме того, при необходимости ничего не стоит заранее предусмотреть величину выпрямленного напряжения не 300, а 309 В.

Такие защитно-ограничительные резисторы применялись почти во всех моделях отечественных ламповых телевизоров с мостовыми диодными выпрямителями.

Обратим внимание на одну любопытную деталь: как ты думаешь, какая мощность рассеивается на этом резисторе в самый первый момент включения? 1 Вт? 10 Вт? А может даже 100 Вт? Это нетрудно вычислить:

$$P_{расс} = I^2 R = 100 \cdot 30 = 3000 \text{ Вт!}$$

Так что же, неужели и вправду нужно применять резистор с мощностью рассеяния 3 кВт? Ничего подобного. Дело в том, что такая мощность действительно имеет место, но только в первые доли секунды, после чего она стремительно падает до установившегося значения (в нашем случае — до 2,7 Вт). А за доли секунды обычный *проволочный* (!) резистор просто не успеет сгореть. Заметь: проволочный! Любой другой может и успеть, а проволочный — нет. Вот поэтому в качестве защитных резисторов всегда применяют только проволочные резисторы соответствующей мощности. В нашем случае 5 Вт, как и положено, с двойным запасом.

Этот пример должен наглядно показать, насколько серьезно следует подходить к выбору того или иного схемного решения. Казалось бы, что в приведенных выше

рассуждениях наверняка учтено все необходимое. Однако это далеко не так. Дело в том, что эти электрические расчеты мы производили для так называемого *штатного режима*, т. е. для случая, когда к первичной обмотке силового трансформатора подводится номинальное напряжение: 220 или 127 В. Между тем *любая радиоаппаратура*, в том числе и радиолюбительская, *обязана нормально работать* как при пониженном на 10%, так и при повышенном на 5% напряжении питающей сети. А в последнем случае напряжение на выходе выпрямителя также окажется на 5% выше, и все наши расчеты окажутся несостоятельными.

Предлагаю в порядке тренировки самостоятельно повторить весь расчет и определить оптимальную величину защитного резистора для случая повышенного напряжения сети.

\* \* \*

Одним из важных аспектов грамотного конструирования является **экономическое обоснование выбора конструкции**. И хотя экономический расчет радиоаппарата в любительских условиях не преследует цели предельного снижения его стоимости, он приучает любителя анализировать возможные альтернативные схемные решения с учетом себестоимости готового аппарата и выбирать наиболее экономичные. Надо помнить, что **грамотно сконструированным аппаратом можно считать лишь такой, в котором заданное качество достигнуто с минимальными затратами**.

*При экономическом обосновании того или иного схемного или конструктивного решения нужно прежде всего взять главный критерий экономической целесообразности, который определяется задачей конструирования: создание аппарата минимального объема, минимального веса, минимальной стоимости, максимальной надежности, максимальной экономичности по питанию и т. п.*

Далее мы рассмотрим очень подробно каждый из этих вариантов.

Особое место в понятии «грамотная конструкция» отводится **температурному режиму** аппарата, однако тема эта настолько важна, что мы рассмотрим ее более подробно в отдельной главе.

## Конструкции минимального объема

Конструкции минимального объема создаются, как правило, в двух случаях.

1. Когда создаваемый аппарат изначально предназначен для размещения **внутри другой конструкции**, где для него отведены строго определенные **объем или площадь**. Примерами таких конструкций могут служить *автомобильные радиоприемники, магнитолы и CD-проигрыватели*, а также *автомобильная акустика*. Такие же требования предъявляются и к магнитофонным декам, используемым в составе переносных и стационарных магнитол, особенно двухкассетных.

В промышленных изделиях требованиям минимального объема обязаны отвечать любые приборы и аппараты, применяемые на так называемых бортовых объектах: самолетах, танках, бронемашинах и особенно на подводных кораблях.

2. Когда автономная и вполне законченная конструкция является **постоянно носимой**, как например, *мобильный телефон или пейджер*.



Специфическими конструктивными особенностями современных изделий минимального объема являются следующие:

- ✧ применение двухсторонне фольгированных материалов для печатных плат;
- ✧ использование одной многофункциональной микросхемы вместо дискретных активных элементов;
- ✧ применение «вертикального» расположения пассивных элементов (резисторов, диодов);
- ✧ применение современных высокоэффективных энергоемких источников автономного питания;
- ✧ использование электрических схем, требующих для питания особо низких напряжений (1,2...1,5 В);
- ✧ использование особо малогабаритных компонентов.

Приведенный перечень однозначно исключает сочетание конструкции минимального объема с вариантом минимальной стоимости, поскольку все используемые компоненты в конструкциях минимального объема, как правило, являются собою новейшие разработки, а потому и стоят дороже.

В радиолюбительской практике потребность в создании конструкций минимального объема возникает достаточно редко.

## *Конструкции минимального веса*

Конструкции минимального веса — это почти исключительно так называемые **носимые аппараты** — аудиоплееры, карманные приемники, CD-плееры. Они отличаются от конструкций минимального объема в основном тем, что к ним предъявляется требование максимальной уплощенности, приспособленной для ношения в карманах верхней одежды, поэтому в таких конструкциях применяется исключительно **горизонтальное** расположение резисторов и диодов, используются переменные резисторы особой сверхплоской конструкции, а в магнитофонной механике — особо плоские электродвигатели и источники питания.

Чтобы предельно уменьшить толщину плеера, загрузка кассеты, как правило, осуществляется не вдвиганием в «окно», как у автомагнитол, а опусканием сверху на кассетоприемник после открывания верхней откидной крышки. Такое решение позволяет создавать плееры, размеры которых вместе со вставленной кассетой оказываются соизмеримы с габаритами самой кассеты. Иллюстрацией к этому могут служить следующие цифры:

размеры стандартной аудиокассеты ..... 100×64×12 мм

размеры аудиоплеера JC-108 фирмы SHARP ... 117×88×35 мм.

## *Конструкции минимальной стоимости*

Конструкции минимальной стоимости, как правило, создаются начинающими радиолюбителями, для которых процесс конструирования одновременно является и процессом освоения основ радиотехники. На этой стадии к создаваемым ими конструкциям не предъявляется никаких требований, кроме **обеспечения работоспособности** построенного своими руками аппарата. При этом в процессе работы обычно неизбежны всевозможные ошибки как в выборе схемных элементов, так и в монтаже, что довольно часто приводит к случайным выходам из строя отдельных деталей.

В этой ситуации бессмысленно применять такие дорогостоящие элементы, как например, многофункциональные современные микросхемы, а гораздо разумнее использовать дискретную технику: отдельные транзисторы, диоды. Более того, я рекомендую начинающим любителям применять в своих первых конструкциях не самые современные, а потому и более дорогие транзисторы и диоды, а полупроводниковые изделия более ранних выпусков, так как они сегодня в изобилии имеются на любом радиорынке и стоят в несколько раз дешевле приборов последних разработок. Эти транзисторы и диоды не так жалко, если они выйдут из строя в процессе экспериментирования.

То же самое относится и к другим радиокомпонентам. Мы даже рекомендуем начинающим любителям смело применять в своих первых конструкциях детали б/у, извлеченные из старых, отслуживших свой век радиоприемников, телевизоров и магнитофонов.

## *Конструкции максимальной экономичности по питанию*

К ним относятся все без исключения аппараты с автономным питанием от гальванических элементов, аккумуляторов, а также от солнечных батарей. Для аппаратуры с питанием от промышленной сети это требование является обязательным только для изделий массового применения — фабричных радиоаппаратов бытового назначения: телевизоров, радиоприемников, магнитофонов и т. п.

Максимальная экономичность по питанию может быть осуществлена исключительно грамотным выбором **схемных решений** в сочетании с наиболее оптимальным режимом использования активных радиокомпонентов.

Примерами таких решений могут быть отказ от режима класса А в оконечных каскадах УЗЧ в пользу классов АВ и даже В, использование отдельных каскадов в рефлексных схемах, отказ от схемы с отдельным гетеродином в преобразователях частоты супергетеродинных приемников. В специальных случаях, требующих особой экономичности по питанию, допустимо некоторое снижение качественных показателей аппарата: увеличение (в разумных пределах) коэффициента нелинейных искажений УЗЧ, уменьшение чувствительности радиотракта приемника, исключение всех вспомогательных, сервисных устройств (например, подсветка шкалы в приемниках или ускоренная перемотка ленты в плеерах).

## *Конструкции максимальной стабильности*

Понятие максимальной стабильности подразумевает **неизменность** (а точнее — предельно малые изменения) какого-либо параметра аппарата (отдельной схемы) на протяжении всего времени непрерывной работы аппарата и (или) **при значительных изменениях условий работы** аппарата — напряжении питающей сети, температуры и влажности окружающего воздуха, магнитных, электростатических и радиационных воздействиях извне и т. п.

Для повышения стабильности работы аппарата всегда и во всех случаях используются два главных направления: **рациональная конструкция**, исключающая или сводящая к минимуму внутренние дестабилизирующие факторы, и **использование различных автоматических регулировок**, компенсирующих схемным путем уже возникшие отклонения параметров отдельных узлов схемы от номинальных.

Разумное сочетание этих двух путей позволяет создавать конструкции весьма высокой стабильности. Под рациональностью конструкции понимают такое взаимное расположение всех узлов и деталей на шасси, при котором сводятся на нет возможные паразитные связи отдельных участков схемы, электростатические и магнитные наводки и тепловое воздействие одних элементов на другие.

В качестве иллюстрации на рис. 2 приведен пример неграмотного и грамотного конструктивных решений при компоновке транзисторного приемника с мощным УЗЧ. Имеет смысл проанализировать подробно ошибки, допущенные при создании конструкции на рис. 2,а.

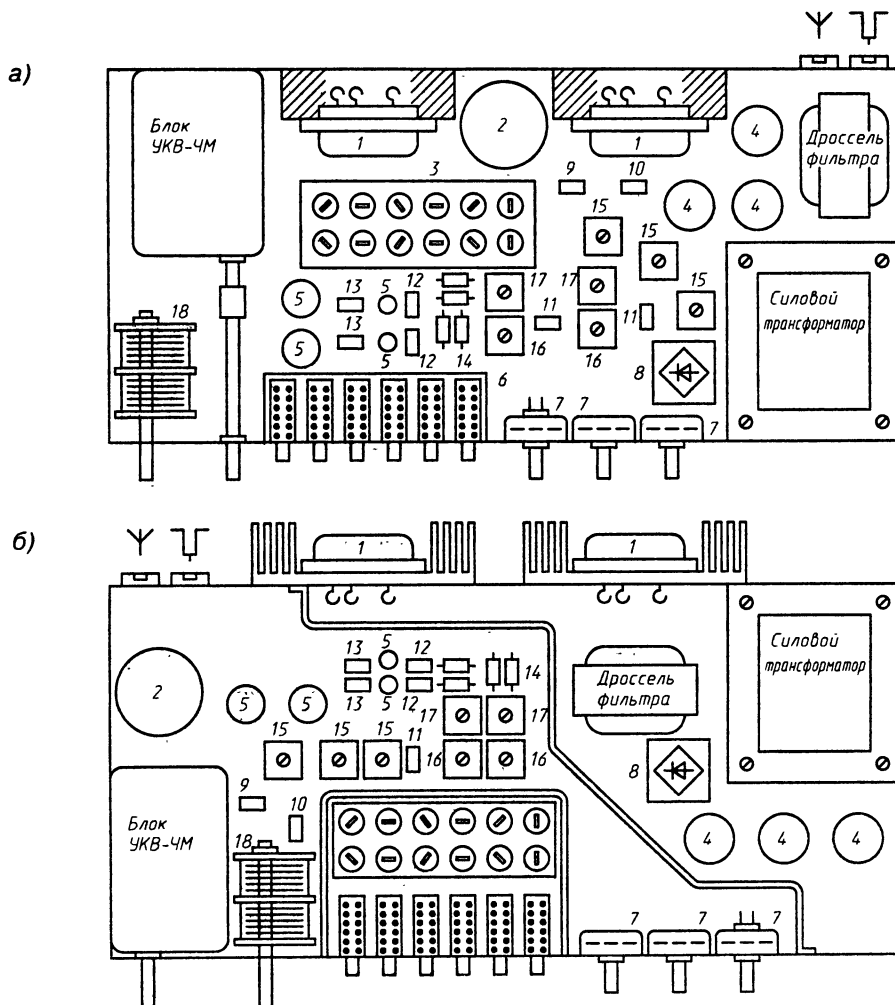


Рис. 2. Компоновка транзисторного приемника с мощным монофоническим УЗЧ:

а — неграмотное решение; б — грамотное решение

1 — мощные оконечные транзисторы на теплоотводящих радиаторах; 2 — «выходной» разделительный электролитический конденсатор большой емкости; 3 — блок контурных катушек преселектора диапазонов ДВ-СВ-КВ; 4 — электролитические конденсаторы фильтра выпрямителя; 5 — электролитические конденсаторы в схеме предварительного УЗЧ; 6 — переключатель диапазонов; 7 — регуляторы громкости и тембра; 8 — мостовой выпрямитель на четырех силовых диодах; 9 — транзистор смесителя; 10 — транзистор гетеродина; 11 — транзисторы УПЧ; 12 — транзисторы предварительных каскадов УЗЧ; 13 — транзисторы фазоинвертора, 14 — диоды детекторов АМ, ЧМ и АРУ; 15 — три контура ФСС; 16 — контуры ПЧ-АМ; 17 — контуры ПЧ-ЧМ; 18 — блок переменных конденсаторов настройки

- ❑ Первой и самой главной ошибкой является размещение двух мощных оконечных транзисторов УЗЧ **внутри шасси**. При работе в режиме максимальной (или близкой к ней) выходной мощности такие транзисторы имеют право согласно паспорту нагреваться до температур, близким к 100 °С. При этом они выделяют весьма значительное тепло, которое при данной выбранной конструкции целиком остается внутри шасси, существенно повышая температуру большинства расположенных там других деталей. В свою очередь нагрев таких деталей заметно снижает допустимый коэффициент их использования и значительно изменяет их исходные паспортные характеристики, что в большинстве случаев приводит к изменению параметров соответствующего участка схемы.
- ❑ Крайне неудачно с этой точки зрения расположены транзисторы смесителя 9 и особенно гетеродина 10, который размещен прямо напротив одного из оконечных транзисторов. Интенсивный нагрев этого транзистора обязательно будет приводить к уходу генерируемой гетеродином частоты, что вызовет необходимость многократной подстройки на частоту принимаемой станции в процессе работы приемника.
- ❑ Наихудшим способом размещен выходной (разделительный) электролитический конденсатор в УЗЧ 2, емкость которого обычно доходит до нескольких тысяч микрофард. Его интенсивно нагревают с двух сторон оба мощных выходных транзистора, что неминуемо приведет через самое короткое время к высыханию его электролита, сопровождающееся многократным уменьшением емкости и как следствие — к частичной или полной потере **низких частот** в воспроизводимом звуке.
- ❑ То же самое относится к электролитическим конденсаторам фильтра выпрямителя 4, «усыхание» которых приведет к появлению фона с частотой 100 Гц («гудению» звука).
- ❑ Удаление на большое расстояние блока контурных катушек диапазонов ДВ-СВ-КВ 3 от переключателя диапазонов 6 и сдвоенного переменного конденсатора настройки 18 значительно увеличит собственную емкость монтажа, что сужает перекрытие диапазона конденсатором настройки, а заодно повышает опасность возникновения паразитных обратных связей.
- ❑ Очень неудачное соседство регуляторов громкости и тембра с силовым трансформатором и выпрямительными диодами почти наверняка приведет к наводкам на вход УЗЧ паразитного сигнала с частотой сетевого напряжения 50 Гц.
- ❑ Наконец, ничем не оправданное размещение автономного блока УКВ-ЧМ у задней стенки шасси привело к необходимости применения механического удлинителя оси его настройки.
- ❑ И последнее: входные гнезда антенн АМ и ЧМ конечно же надо было размещать рядом с входными цепями соответствующих узлов, а не на противоположном конце шасси.

\* \* \*

А теперь посмотрим, можно ли было избежать всех этих ошибок? Оказывается, это не представляет никаких трудностей, если при компоновке приемника привлечь на помощь здравый смысл, опыт, накопленный в процессе изучения двух предыдущих книг, и мудрое правило: «семь раз отмерь — один раз отрежь». Это последнее надо понимать так, что, осуществив на бумаге (!) первый вариант



компоновки, надо мысленно представить себе *реальный режим работы каждого элемента* и особенно его соседей. И если такое соседство представляется нежелательным, надо смело приступать ко второму (а потом и к третьему, и к четвертому) варианту компоновки, который устроит все до одной входящие в приемник детали, а следовательно, и конструктора, т. е. тебя.

Внимательно анализируя компоновку того же приемника, приведенную на рис. 2,б легко обнаружить, что в этом варианте исключены все ошибки предыдущего варианта. Более того, в новом варианте применены две дополнительные экранирующие перегородки из оцинкованного кровельного железа. Одна из них экранирует от паразитных наводок элементы входных цепей преселектора, а вторая выполняет сразу две функции: сводит на нет магнитные наводки на цепи УЗЧ со стороны силового трансформатора, дросселя фильтра и электрическое влияние полей от элементов выпрямителя и одновременно является **тепловым экраном**, ограждающим все детали канала УПЧ и детекторов от теплового излучения задней стенки шасси, которая в любом случае неизбежно нагревается мощными оконечными транзисторами.

Кстати говоря, для создания наилучших условий охлаждения самих мощных транзисторов во втором варианте компоновки использованы специальные **ребристые** (либо **игольчатые**) радиаторы, обеспечивающие значительно большую теплоотдачу за счет большей **поверхности охлаждения**.

К схемным решениям, повышающим стабильность работы отдельных функциональных узлов и всего аппарата в целом, следует в первую очередь отнести систему **автоподстройки частоты гетеродина** (АПЧГ), предотвращающую самопроизвольный уход первоначальной точной настройки на принимаемую станцию, систему **автоподстройки фазы** (АПФ), широко применяемую практически во всех промышленных телевизорах для предотвращения самопроизвольного смещения кадра в горизонтальном направлении, системы **усиленной автоматической регулировки чувствительности** (УАРЧ) в приемниках с коротковолновыми диапазонами для выравнивания уровня принимаемого сигнала при глубоких кратковременных замираниях (феддингах), обусловленных изменениями условий распространения коротких радиоволн.

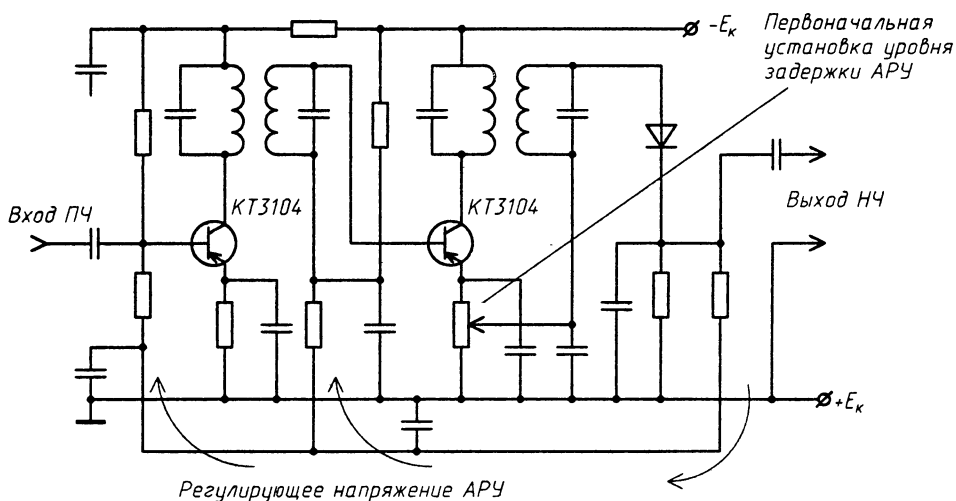


Рис. 3. Схема простой АРУ с задержкой срабатывания при малых уровнях сигнала

Практически во всех изделиях БРА на полупроводниковой элементной базе, начиная от простейших карманных приемников и кончая мощными стереофоническими комплексами, применяются системы **температурной компенсации**, автоматически изменяющие электрический режим каскада в зависимости от прогрева как самого усилительного (или выпрямительного) элемента, так и от изменений температуры окружающего воздуха.

Такое автоматическое поддержание первоначальных параметров каскада при изменении температурного режима осуществляется с помощью особых полупроводниковых приборов — термисторов и позисторов, различающихся между собой только **знаком температурного коэффициента** (отрицательный и положительный).

К сожалению, обзорный характер этого раздела и его ограниченные размеры не позволяют подробно и всесторонне рассмотреть работу не только всех существующих, но хотя бы наиболее распространенных схем и систем автоматических регуляторов, поэтому ограничимся тем, что приведем на рис. 3–7 некоторые из них, которые наиболее вероятно могут использоваться в радиолюбительских конструкциях.

В заключение следует упомянуть об аппаратуре специального назначения — коротковолновой радиосвязи и измерительной аппаратуре, где для обеспечения особо высокой стабильности частоты задающих генераторов используются специальные кварцевые резонаторы, обеспечивающие уровень нестабильности по частоте порядка  $10^{-4} \dots 10^{-5}$ .

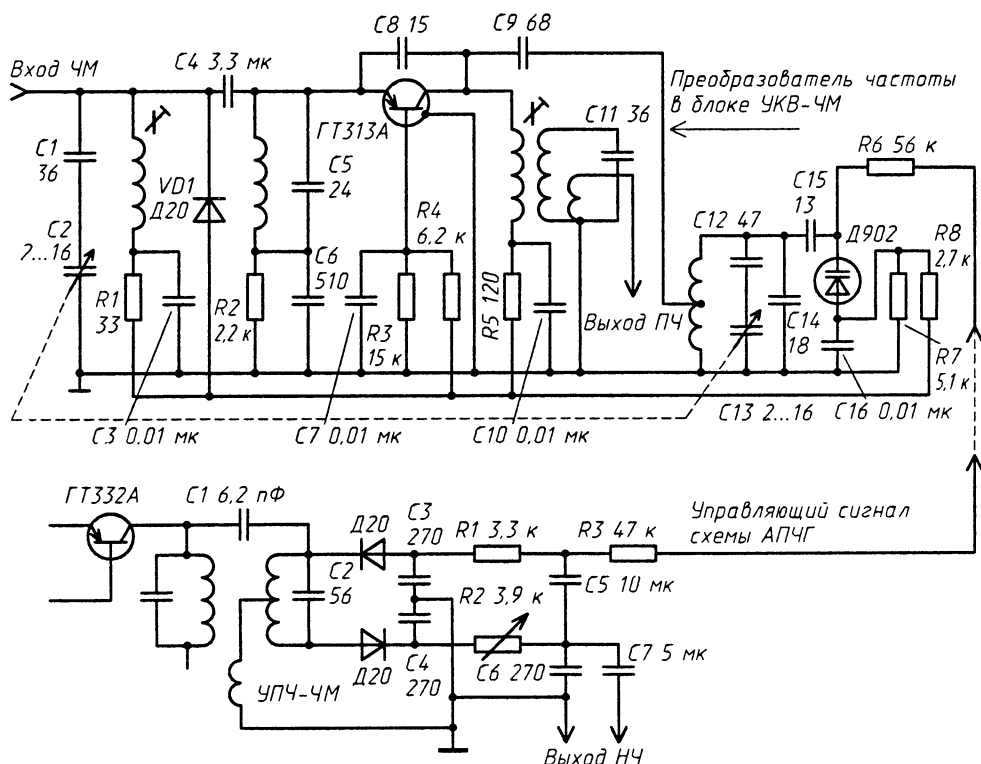


Рис. 4. Схема автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ) в канале УКВ-ЧМ приемника «Спидола-208»

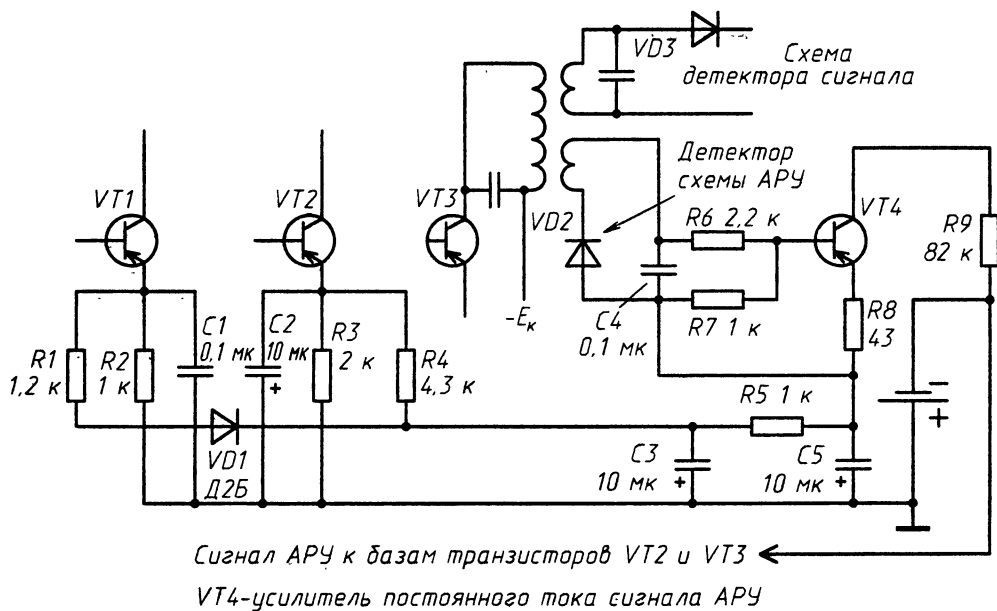


Рис. 5. Схема усиленной АРУ с дополнительным усилением рабочего сигнала усилителем постоянного тока (УПТ)

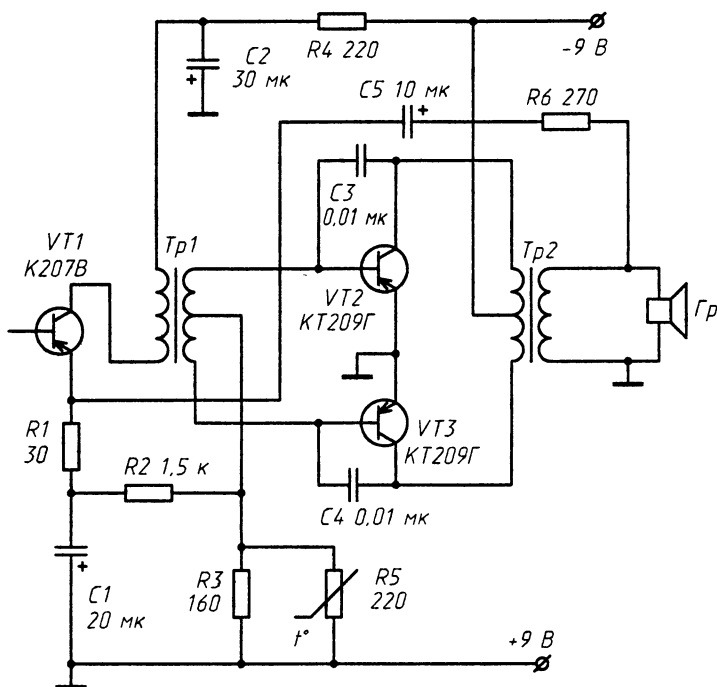


Рис. 6. Схема температурной стабилизации двухтактного трансформаторного оконечного каскада НЧ с помощью терморезистора

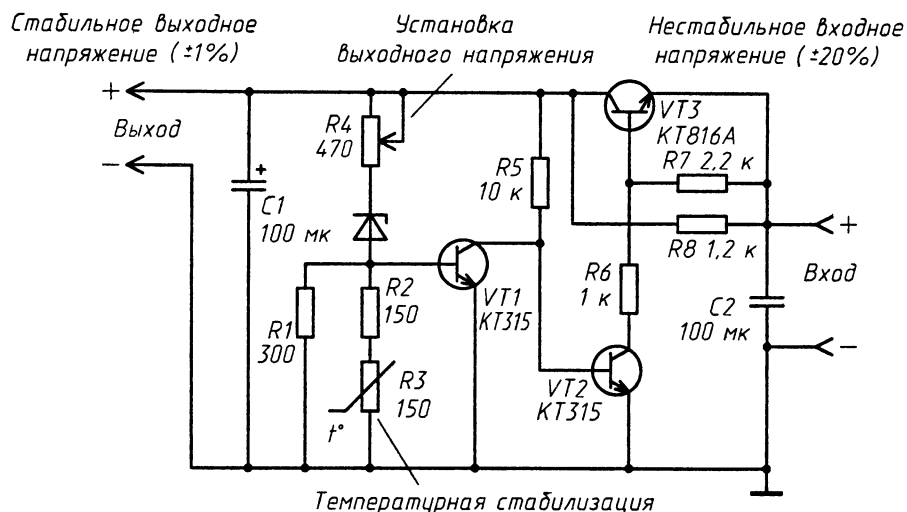


Рис. 7. Схема электронного стабилизатора постоянного напряжения с одновременной температурной стабилизацией

## Конструкции максимальной надежности

Конструкции максимальной надежности создаются в тех особых случаях, когда отказ аппарата или нарушение одной из его основных функций может привести к возникновению аварийной ситуации либо когда доступ к аппарату для устранения возникшей неисправности сильно затруднен. Это относится к аппаратуре, установленной на необслуживаемых космических системах, на промежуточных ретрансляционных усилительных станциях, расположенных на дне океана или высоко в горах, на прибрежных маяках и т. п.

Высокая надежность аппаратуры этого вида обеспечивается многократным дублированием отдельных функциональных узлов с автоматическим переходом с работы неисправного блока на резервный, а также **низким коэффициентом использования всех входящих в аппарат компонентов**.

И если метод дублирования в радиолюбительской практике не применяется, то с понятием коэффициент использования компонентов радиолюбителю необходимо познакомиться досконально, поскольку это **один из основных путей повышения надежности создаваемых им конструкций**.

Коэффициент использования показывает, каково в процентном отношении **фактическое значение** того или иного параметра радиокомпонента по сравнению с номинальным **паспортным значением**. Если, к примеру, на резисторе с номинальной паспортной мощностью рассеяния 2 Вт выделяется **реальная** мощность 1,8 Вт, это соответствует коэффициенту использования **по мощности**, равному 90% (или 0,9).

Если коэффициент использования даже одной детали, входящей в схему радиоаппарата, близок к единице или равен единице, надежность такого аппарата считается низкой, поскольку даже незначительное изменение условий работы аппарата (например, кратковременное повышение напряжения питающей сети на 5%) может привести к выходу этой детали из строя и как результат — к отказу в работе всего аппарата.

Для того чтобы аппарат сохранял работоспособность достаточно долго в самых различных условиях эксплуатации, **коэффициент использования всех его деталей** не должен превышать некоторого установленного значения. Эти значения для разных деталей могут быть разными в зависимости от назначения аппарата и предполагаемых условий его эксплуатации.

В литературе по надежности радиоаппаратуры приводятся довольно разноречивые сведения по оптимальному коэффициенту надежности для компонентов разного вида. Так как в любительских условиях, когда аппарат создается в единственном экземпляре, показатель надежности представляется более важным, чем показатель себестоимости, имеет смысл использовать более дорогие, но более надежные элементы, что позволяет существенно снизить коэффициент их использования по всем основным параметрам и в следствие этого увеличить надежность аппарата в целом. Ниже приводятся коэффициенты использования основных видов компонентов, которые можно рекомендовать для любительских конструкций.

**Коэффициент использования резисторов по мощности.** При номинальном напряжении сети (или другого источника питания) и стандартной комнатной температуре (+20 °C) этот коэффициент не должен превышать 0,6 для резисторов с номинальным сопротивлением до 1 МОм и 0,4 для резисторов свыше 1 МОм. Для любых резисторов с номинальной мощностью рассеяния 2 Вт и выше коэффициент использования по мощности при максимально допустимой температуре окружающего воздуха не должен превышать 0,6.

При создании конструкций минимального объема и минимального веса это значение может быть повышено до 0,85 при наибольшей температуре окружающей среды и повышенном напряжении источника питания. В конструкциях повышенной надежности эта величина не должна превышать 0,5 при самом неблагоприятном сочетании условий эксплуатации.

**Коэффициент использования конденсаторов постоянной емкости по напряжению** не должен превышать при повышенном напряжении сети и максимально допустимой температуре окружающего воздуха значения 0,7 для электролитических (оксидных) конденсаторов и 0,8 — для всех остальных типов.

В конструкциях минимального объема и веса эти значения могут быть повышены до 0,8 и 0,9 соответственно, а в конструкциях повышенной надежности предельное значение коэффициента использования по напряжению не должно превышать 0,6 для всех видов конденсаторов.

**Коэффициент использования активных элементов** — транзисторов, микросхем, радиоламп, а также мощных выпрямительных диодов в значительной мере определяется спецификой каскада, в котором эти элементы используются. Например, для мощных оконечных ламп в современных ламповых УЗЧ, работающих, как правило, в режиме класса А, коэффициент использования по напряжению и току выше 0,7 уже существенно снижает надежность усилителя. В то же время те же лампы или мощные оконечные транзисторы, работающие в режиме класса В, могут иметь коэффициент использования 0,85...0,9 при той же степени надежности. Такой же коэффициент использования вполне допустим для активных элементов работающих в режиме непрерывной генерации, например генераторы тока стирания и подмагничивания в магнитофонах.

Подводя итог сказанному, можно утверждать, что основным способом повышения надежности является применение комплектующих с заведомо большими значениями предельных величин основных параметров (напряжений, токов, мощностей, температур), что обеспечит меньший коэффициент их использования в данном конкретном аппарате, а также продуманное рациональное взаимное расположение узлов и блоков внутри конструкции.



# Основа любой конструкции — несущий элемент (шасси)

Прежде чем начинать разговор о несущих элементах любой конструкции (шасси, рама, основание и т. п.), следует оговориться, что существует достаточно большое количество так называемых **безрамных** конструкций, в которых основанием всего устройства служит один из составляющих узлов (элементов) самого аппарата. Как правило, такими аппаратами являются малогабаритные (носимые и переносные) карманные приемники, аудио- и CD-плейеры, диктофоны, а роль шасси-основания в них выполняет основная (и чаще всего — единственная) печатная плата.

На такой плате размещаются помимо постоянных схемных элементов все регуляторы, катушки контуров, выключатель питания, магнитная антенна, разъемы для подключения головных телефонов и сетевого адаптера и пр. Встроенный громкоговоритель (если он предусмотрен), как правило, крепится не на самой плате, а непосредственно на пластмассовом корпусе и соединяется с платой монтажными проводами.

Но в этом разделе мы будем говорить о таких аппаратах, в которых шасси является самостоятельным элементом конструкции, притом элементом **несущим**, на котором располагается большинство или даже все остальные элементы аппарата.

Шасси (или рама) может иметь самые разные формы и быть изготовленным из разных материалов в зависимости от назначения аппарата или прибора, условий его работы и состава комплектующих узлов и деталей. Далее подробно рассмотрим наиболее распространенные виды и формы конструкций шасси, используемых как в промышленных, так и любительских изделиях.

Но прежде остановимся на отдельных моментах, характеризующих свойства любого шасси. Первым из них является материал, из которого изготавливается шасси. Чаще других для этой цели используются листовое **оцинкованное** или **пассивированное** железо и дюраль. Из этих двух материалов ни одному нельзя отдать предпочтение, поскольку каждому из них присущи как достоинства, так и недостатки, поэтому правильный выбор в каждом отдельном случае диктуется конкретными соображениями.

Оцинкованное железо толщиной листа 0,6...1,0 мм используется преимущественно в громоздких устройствах большого формата с тяжелыми узлами и блоками (трансформаторами, дросселями, электродвигателями), когда от шасси требуется высокая **механическая прочность**.

Примерами таких конструкций могут служить современные ламповые УЗЧ, трехмоторные профессиональные катушечные магнитофоны, измерительные приборы, стабильность параметров которых зависит от жесткости конструкции и т. п.

Цинковое покрытие в этом случае предпочтительнее оксидного, поскольку позволяет осуществлять при необходимости непосредственную пайку на шасси обычными оловянно-свинцовыми припоями с простыми флюсами — в крайнем случае с использованием травленой соляной кислоты. Кроме того, железное шасси без труда поддается обычной сварке угловых швов после раскроя и гибки.

К недостаткам железных шасси можно отнести их вес и необходимость приложения значительных механических усилий при его конструктивной обработке — вырубке окон и отверстий, сверловке, опиловке.

Оксидированное покрытие железа применяют *исключительно при серийном промышленном производстве*, поскольку оно существенно дешевле цинкования, что важно при массовом выпуске изделий.

В любительской практике, где невозможно в домашних условиях ни цинкование, ни оксидирование и металл все равно приходится приобретать, предпочтительнее во всех случаях использовать оцинкованное железо.

Листовой дюраль средней твердости в большинстве случаев радиолюбительской практики (за исключением упомянутых выше) предпочтительнее железа, но по сравнению с железом у дюрала есть два основных недостатка: он с большим трудом поддается пайке и сварке, для чего бывают необходимы специальные припои и флюсы, и, кроме того, он в отличие от железа не позволяет осуществить *экранирование от магнитных полей*.

В отличие от железа любой толщины, дюралевые листы приходится выбирать с учетом их **твердости**, поскольку слишком мягкий дюраль не обеспечивает нужной **механической прочности** шасси, а слишком твердый с трудом поддается сгибанию и при углах изгиба, близких к прямому, просто ломается. Что же касается обычного алюминия, то он для изготовления шасси не используется именно из-за своей мягкости, зато это свойство делает его незаменимым при изготовлении различных *статических экранов* любой формы.

*Определяющим моментом при конструировании любого шасси, помимо используемого материала, являются **назначение аппарата** и предполагаемые **условия его эксплуатации**, а также малознакомое радиолюбителям понятие — **общая идеология конструкции**.*

Под этим термином следует понимать принцип построения всего изделия. К примеру, вся схема телевизора может быть размещена на одном общем шасси, а в другом телевизоре блок питания и пульт управления с переключателем каналов и оперативными регуляторами могут быть размещены на обособленных, отдельных шасси и соединяться с основным шасси с помощью жгутов или разъемных кабелей.

В первом случае мы имеем дело с **однопанельной** конструкцией, во втором — с **многопанельной** (или блочной) конструкцией. На сегодня в промышленном производстве радиоаппаратуры бытового назначения используются в основном следующие типы конструкций:

- ✧ однопанельная;
- ✧ многопанельная (блочная);
- ✧ модульная;
- ✧ многофункциональная со сменными блоками;
- ✧ двухформатная (в радиокомплексах, музыкальных центрах, домашних системах).

Далее мы подробно поговорим о каждом из этих видов с учетом целесообразности их использования при создании радиолюбительских конструкций.

## Однопанельные конструкции

Большинство однопанельных конструкций (по крайней мере, в промышленных изделиях) базируется на цельнометаллических прямоугольных коробчатых шасси, на наружной стороне которых механически закрепляются все основные узлы и блоки, а в глухом «подвале» осуществляется их электрическое соединение, т. е. электромонтаж.

Основным преимуществом таких конструкций является наиболее эффективная из всех возможных защита монтажа от электростатических и, главное — электромагнитных наводок со стороны излучающих компонентов: трансформаторов, дросселей, баллонов мощных генераторных ламп. По такому принципу создавались практически все виды БРА в раннюю «ламповую» эпоху.

Еще одним немаловажным преимуществом однопанельных конструкций является их высокая ремонтпригодность, поскольку при извлечении такого шасси из футляра открывается свободный доступ как к съемным элементам сверху единого шасси, так и ко всем деталям в его «подвале».

Однако у однопанельных конструкций выявилась особенность, резко снижающая эффективность конвейерной сборки при массовом, серийном производстве на промышленных предприятиях. Дело в том, что однопанельная конструкция исключает возможность одновременной сборки отдельных узлов аппарата на вспомогательных конвейерах, поскольку все без исключения узлы и агрегаты размещены на одном общем основании.

Именно поэтому в промышленных изделиях БРА в последующих поколениях аппаратуры от однопанельных конструкций практически отказались, перейдя к конструкциям **многопанельным** (блочным), о которых мы будем говорить в следующем разделе.

Что же касается конструкций радиолюбительских, когда речь не идет о массовой конвейерной сборке, а создается один единственный экземпляр, то никаких причин для принципиального отказа от использования одноблочных шасси нет. Более того, остаются в силе и все преимущества таких конструкций. Но при этом следует всегда иметь в виду **практическую целесообразность** выбора того или иного вида аппарата. К примеру, во всех телевизорах нынешнего поколения такие узлы, как селектор каналов или встроенный и вынесенный на лицевую панель пульт управления оперативными регулировками обычно представляют собой **конструктивно законченные автономные узлы**, подключаемые к остальной схеме телевизора самостоятельными шлейфовыми или кабельными соединителями со стандартными разъемами. Естественно, что размещать эти узлы на одном общем шасси необязательно, а в ряде случаев — нецелесообразно. Точно так же иногда имеет смысл вынести на отдельное небольшое шасси блок питания с силовым трансформатором, дросселями фильтра и электролитическими конденсаторами, что позволит оставшуюся часть схемы аппарата собрать на легком, ажурном шасси **рамочного** типа.

В то же время все типы измерительных приборов, когда на первом месте стоит проблема высокой стабильности его параметров и надежности в работе, разумнее делать именно на одноблочном коробчатом железном шасси, избегая ненужных разъёмных соединений и шлангов, всегда сопровождающихся дополнительными переходными сопротивлениями и ненадежными контактами соединителей.

На рис. 8 показан внешний вид однопанельной конструкции.

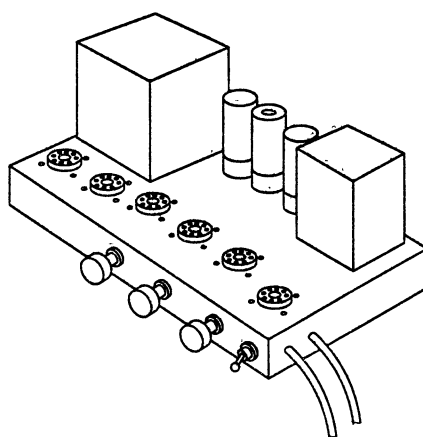


Рис. 8. Пример однопанельной конструкции прибора на цельнометаллическом сварном коробчатом шасси

# Многопанельная (блочная) конструкция

В предыдущем разделе было сказано, что основным стимулом к переходу от однопанельных конструкций к многопанельным явилось желание ускорить процесс конвейерной сборки БРА при массовом производстве. Однако сразу же стали ясны и другие преимущества многопанельных конструкций.

Избавив основную панель (шасси) от громоздких крупногабаритных узлов, стало возможным вообще отказаться от традиционного представления о шасси, перейдя к конструкциям легких ажурных металлических рамок, на которых закреплялись отдельные *печатные платы*, соединяющиеся между собой кроссами, жгутами или кабелями.

Такие отдельные панели-рамки можно было располагать в разных частях внутреннего объема футляра, тем самым максимально используя внутренний объем изделия. Первыми по этому пути пошли создатели телевизоров, отказавшись от традиционного *горизонтально расположенного* единого шасси и перейдя на *вертикальное расположение* одного или нескольких шасси-рамок *вокруг горловины кинескопа*, что привело к существенному уменьшению глубины футляра. На рис. 9 и 10 показаны такие варианты компоновки некоторых отечественных телевизоров.

В ряде промышленных магнитофонов на отдельных рамках с автономными печатными платами собирались усилители записи и усилители воспроизведения, блок генератора стирания и подмагничивания, узел управления режимом двигателя и блок питания. В радиоприемниках и тюнерах почти всегда в самостоятельный узел на своем собственном шасси выделялся блок ВЧ и преобразователя УКВ-ЧМ диапазона, а на другом отдельном шасси — блок питания с силовым трансформатором и элементами выпрямителя. Одна из таких конструкций показана на рис. 11.

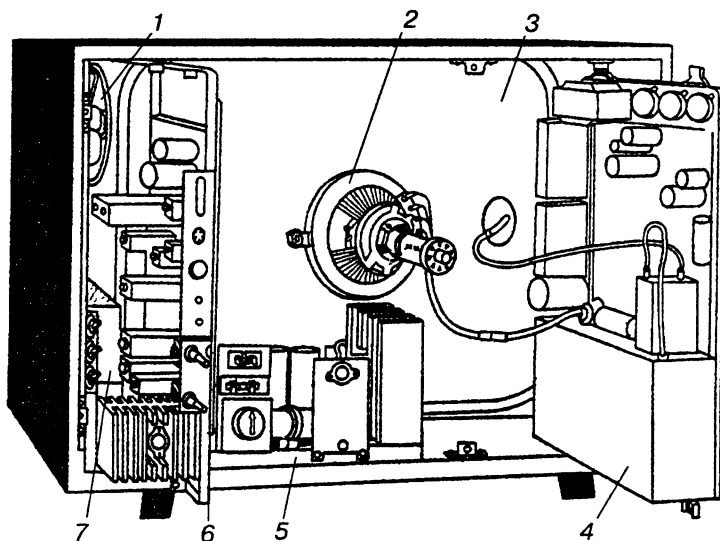


Рис. 9. Пример многопанельной конструкции телевизора с четырьмя автономными блоками на собственных шасси:

1 — громкоговоритель; 2 — отклоняющая система; 3 — кинескоп; 4 — блок развертки; 5 — блок питания; 6 — блок радиоканала; 7 — блок селектора каналов

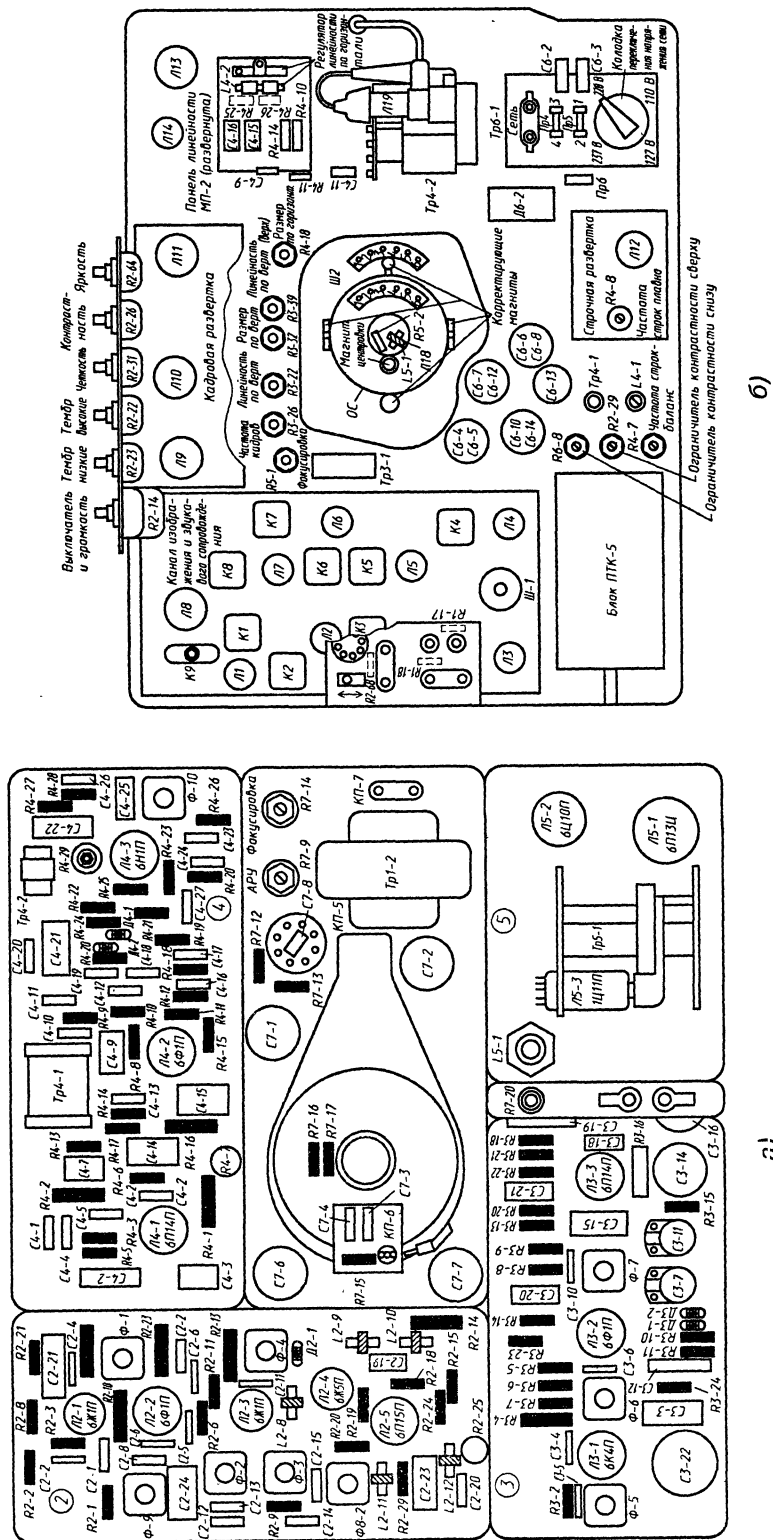


Рис. 10. Компоновка телевизора на пяти отдельных панелях с печатным монтажом, размещенных на одном общем «рамочном» шасси (а) и размещение всех узлов схемы телевизора на общем откидном «вертикальном» шасси рамочного типа (б)

С учетом сказанного радиолюбителям можно дать следующий совет.

*Приступая к созданию конкретного аппарата — телевизора, приемника, магнитолы, автономного УЗЧ и т. п., исходите в первую очередь не из технических соображений, а из соображений эргономичности и дизайна.*

Это значит, что прежде всего решите для себя, где в помещении будет располагаться аппарат, какой объем или площадь он будет занимать (к примеру, на одной из полок имеющегося шкафа, высота, ширина и глубина которой уже заранее жестко ограничены).

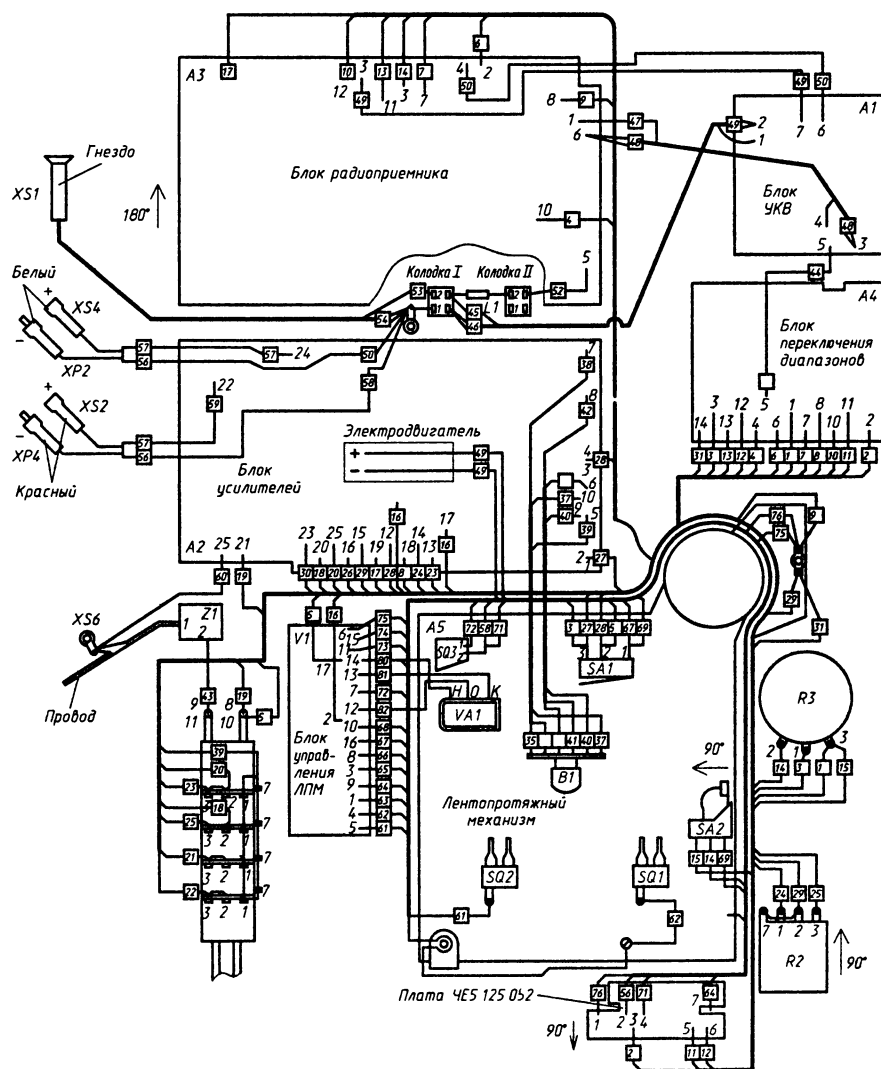


Рис. 11. Многоблочная конструкция промышленной автомагнитолы «Эола-PM-320 CA»



Габариты полки в этом случае однозначно определяют размеры футляра будущего аппарата и соответственно его внутренний объем, который можно будет использовать для размещения всех внутренних узлов и блоков. Далее, если это будет радиоприемник или тюнер, сконструируйте (на бумаге!) лицевую панель, на которой обязательно будут размещены шкала и все органы настройки, а также (возможно) и громкоговоритель.

После такой предварительной компоновки останется не так много вариантов для размещения внутри футляра собственно приемника или тюнера. Вот только тогда и можно будет выбрать один из возможных вариантов компоновки, используя одно или несколько отдельных шасси в зависимости от числа печатных плат и наличия готовых стандартных блоков промышленного производства (силовой и выходной трансформаторы, блок УКВ-ЧМ и т. п.).

Аналогичный подход необходим и при создании любого другого аппарата или прибора. Особенно актуальной становится проблема компоновки при создании комплекта измерительных приборов, поскольку в этом случае все они одновременно будут располагаться на рабочем столе радиолюбителя. Поэтому желательно, чтобы их конструкции и внешний вид были однотипными или по крайней мере одностильными, а органы управления и отсчетные шкалы расположены максимально удобно. В этом случае приоритет отдается именно передней (лицевой) панели, а внутреннее устройство прибора и его конструкция ставятся в зависимость от расположения элементов управления и отсчета.

Разумеется, невозможно дать конкретные рекомендации на все случаи жизни, да в этом нет никакой необходимости, поскольку радиолюбительское конструирование — процесс исключительно *творческий*, отвечающий в первую очередь конкретным целям и задачам, которые радиолюбитель ставит перед собой, приступая к созданию очередной конструкции, его технических и материальных возможностей и не в последнюю очередь — от уровня его знаний и накопленного опыта.

Именно поэтому в этой книге подробно рассматриваются если не все, то большинство возможных конструкций БРА, а за читателем остается право окончательного выбора.

## Модульная конструкция

Очередное изобретение конструкторов вполне можно назвать революционным: оно позволило совместить в себе все достоинства конструкций, описанных ранее, не унаследовав при этом их недостатков. Таким изобретением стал **модульный принцип** конструкции.

Суть нового принципа состояла в том, что вся схема аппарата разделялась на некоторое количество отдельных функциональных узлов, каждый из которых конструктивно оформлялся как некое полностью законченное изделие. Такие узлы получили общее название **модулей**.

Это изделие отвечало всем заранее установленным параметрам и характеристикам, в процессе изготовления проходило стадию регулировки, настройки и *выходного контроля*, в случае необходимости помещалось в экранирующий кожух, а для соединения с остальными частями схемы аппарата снабжалось стандартным многоштырьковым разъемом, к штырькам которого подводились «вход» и «выход», а также провода для подключения к цепям питания и управления.

Для того, чтобы аппарат в целом был предельно компактным, все отдельные **модули** старались конструировать максимально плоскими с преимущественным

направлением в высоту, а контактный разъем располагали снизу. Такие конструкции позволяли при сборке всего аппарата просто втыкать каждый модуль в соответствующий разъем наподобие установки радиоламп в ламповые панельки.

При такой системе каждый функциональный узел будущего изделия мог собираться не только на отдельном производственном участке, вне главного сборочного конвейера, но даже на других, специализированных предприятиях.

Что же касается соединения отдельных модулей между собой и с цепями питания и управления, то на **едином общем рамочном шасси** устанавливалась единая общая печатная плата (так называемая **материнская**), на которой с помощью печатных проводников осуществляется соединение между собой **выводов ответных частей** соответствующих разъемов, устанавливаемых сверху печатной платы. Помимо этого на общей плате размещают те немногие схемные элементы, которые не входят непосредственно в схемы отдельных модулей. Это могут быть резисторы и электролитические конденсаторы различных развязок по цепям питания, общие элементы цепей управления автоматическими регулировками (APY, АПЧГ) и др.

Для обеспечения надежности разъемных соединений и предотвращения выскакивания модулей из разъема обычно предусматривается жесткое закрепление вставленных модулей к основанию материнской платы либо винтовым креплением, либо специальными прижимающими хомутиками и скобами.

Использование модульного принципа позволило полностью отказаться от ненадежных шлейфовых, кроссовых и кабельных соединений, предельно упростило ремонт БРА, сведя его к простой замене неисправного модуля на точно такой же аналогичный, во много раз ускорило процесс конвейерной сборки и регулировки изделия при крупносерийном производстве и позволило снова возродить систему унификации отдельных узлов и блоков уже на новом технологическом уровне.

Наконец, существенно сократились сроки разработки очередных моделей БРА, поскольку стало возможным постепенно заменять устаревшие типы модулей на более современные без кардинальной переработки всего изделия в целом.

Ну а что же по этому поводу можно рекомендовать радиолюбителям, для которых все преимущества модульной конструкции оказываются несущественными, поскольку собирается всего *единственный экземпляр* аппарата? Здесь следует признать, что изготовление каждого функционального узла в виде законченного модуля действительно нецелесообразно, за исключением единственного случая, когда изготавливая тот или иной аппарат, радиолюбитель заранее планирует в дальнейшем его постепенное *усовершенствование*.

К примеру, начиная с монофонического радиоприемника с простеньким мало-мощным УЗЧ и без УКВ-ЧМ канала радиолюбитель в дальнейшем собирается дополнить его этим самым каналом, с возможностью принимать стерео-радиопередачи, а мощность УЗЧ увеличить вдвое, либо вообще заменить его на другой, стереофонический усилитель.

В этом случае, разумеется, целесообразно некоторые функциональные узлы схемы выполнить предельно автономными, связанными с остальной частью схемы только цепями входа, выхода, питания и управления. Кроме того, с самого начала нужно позаботиться о том, чтобы блок питания с выпрямителями и фильтрами питания обеспечил с запасом будущее расширение конструкции по потреблению энергии.

Разумеется, что при этом вовсе не обязательно такие узлы делать «вертикальными» и соединять их с остальной частью схемы с помощью разъемов. Но размещать такие узлы надо обязательно на **отдельных печатных платах**, причем не следует стараться сделать эту плату предельно маленькой, поскольку со време-

нем на ее месте придется устанавливать новую плату, на которой, как правило, будет больше деталей.

В заключение приведем на рис. 12 и 13 несколько вариантов модульных конструкций.

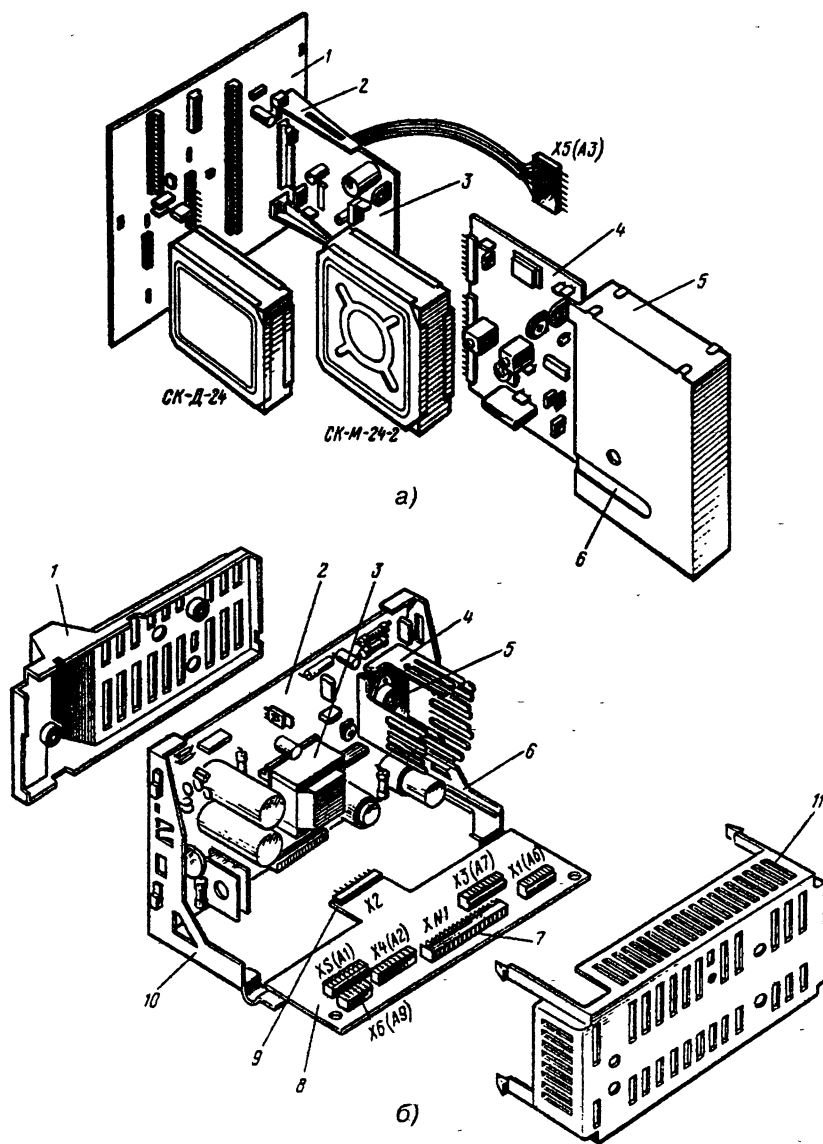


Рис. 12. Конструкция модуля радиоканала телевизора типа ЗУСЦТ (а) и модуля питания (б):

а) 1 — плата-основание модуля; 2 — держатели; 3 — submodule синхронизации; 4 — плата submodule радиоканала; 5 — экран submodule радиоканала; 6 — центрирующий паз в экране submodule, б) 1 — задняя пластмассовая защитная крышка; 2 — плата модуля питания; 3 — импульсный трансформатор; 4 — радиатор транзистора; 5 — мощный транзистор; 6 — направляющая соединительной платы; 7, 8, 9 — разъемы для подсоединения других узлов телевизора; 10 — рама-основание модуля, 11 — передняя защитная крышка

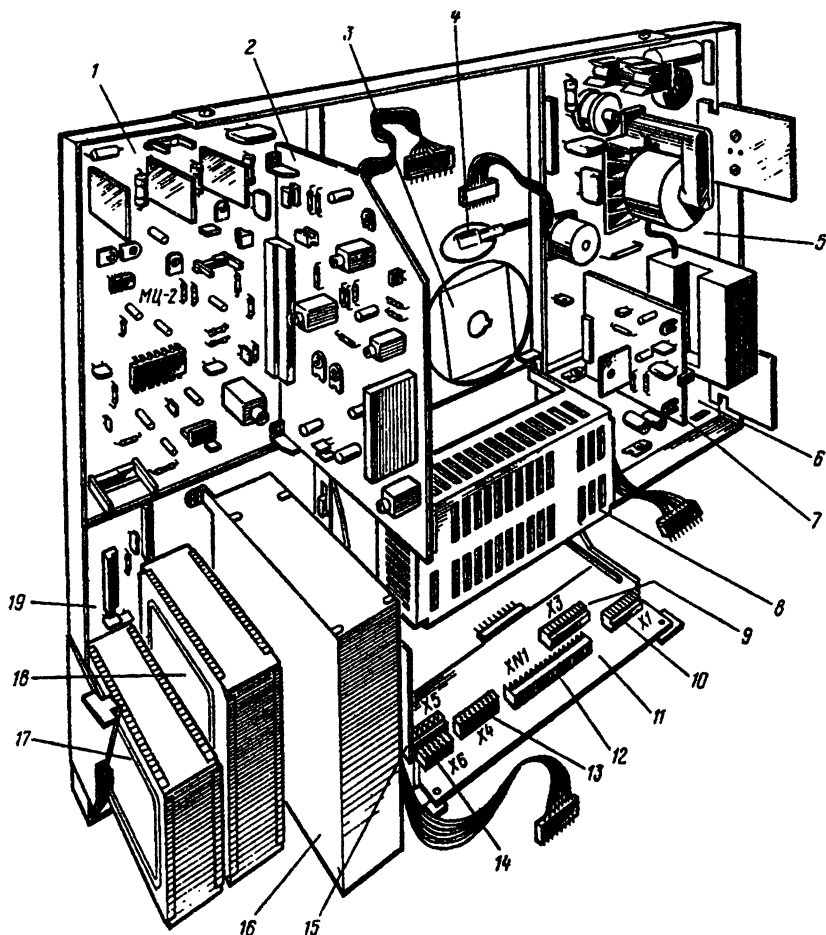


Рис. 13. Расположение модулей и submodule на шасси телевизора ЗУСЦТ:

1 — модуль цветности; 2 — submodule цветности; 3 — плата кинескопа; 4 — высоковольтный соединитель анода кинескопа; 5 — модуль строчной развертки; 6 — модуль кадровой развертки; 7 — submodule коррекции раstra; 8 — модуль питания; 9, 10, 11, 12, 13, 14 — соединительная плата с разъемами для подключения других узлов телевизора; 15 — submodule синхронизации; 16 — submodule радиоканала; 17 — селектор каналов СК-М-24; 18 — селектор каналов СК-Д-24; 19 — модуль радиоканала

## Многофункциональная конструкция со сменными блоками

В отличие от всех описанных ранее конструкций, этот тип конструкции как раз больше всего отвечает практике радиолюбительства и в первую очередь — радиолюбителей-коротковолнников, работающих на частотах, выделенных специально для радиолюбительских связей. Это небольшие участки в общем радиовещательном диапазоне (на волнах 10, 20, 40, 80 160 м), а также отдельные участки в диапазонах УКВ и СВЧ.

Понятно, что создать один радиоприемник, охватывающий спектр от диапазона длинных волн до сантиметрового диапазона практически невозможно, а если есть потребность в использовании такого широкого спектра, необходимо иметь несколько разных приемников, что конечно же невыгодно как по экономическим соображениям, так и с учетом занимаемого ими на рабочем столе радиолюбителя места.

Между тем эти несколько *якобы разных* приемников на самом деле различаются между собой в основном схемами входных устройств и преселектора, тогда как ряд функциональных участков схемы у них абсолютно одинаковы. Это, к примеру, схемы УПЧ, АРУ, УЗЧ, выпрямителя, фильтра питания. Из этого сама собой напрашивается мысль создать некую конструкцию, в которой общие узлы и блоки находились бы на некотором общем основании (базовом шасси), а переход с одного диапазона на другой осуществлялся бы простой заменой одного входного (или назовем его условно — диапазонного) блока на другой.

Такие сменные блоки должны иметь одинаковую полностью законченную конструкцию и единый вид разъема, к которому должны подводиться выводы цепей, стыкующихся с соответствующими цепями основного шасси (сигнальные цепи, цепи питания и управления, автоматики и т. п.). Установка сменного блока должна осуществляться простым выдвижением в соответствующее окно основного шасси с фиксированным ответным гнездом разъема.

На практике оказывается необходимым делать сменными не только входные участки схемы, но и некоторые другие, а в более общем случае приемник для радиолюбительской связи вообще может состоять из нескольких сменных блоков, например УПЧ и детектор для приема амплитудно-модулированных сигналов и такой же блок для приема ЧМ сигналов. При переходе от диапазонов ДВ-СВ-КВ к диапазонам УКВ или сантиметрового диапазона возможно использование двух разных видов преселектора: с однократным и двойным преобразованием частоты.

Помимо практики радиолюбительской связи конструкции со сменными блоками широко используются в ряде измерительных приборов промышленного производства (например, в гетеродинных волномерах или измерителях добротности — *Q*-метрах). Радиолюбителям при самостоятельном конструировании и изготовлении измерительных приборов также целесообразно в ряде случаев использовать этот принцип.

Наконец, сменными блоками могут быть не только отдельные узлы и блоки приемника, но и весь приемник (или магнитофон) целиком. Это оказывается возможным и необходимым в случае конструирования радиоконкомплекса или стационарного музыкального центра, когда отдельные его составляющие (к примеру, всеволновый полупроводниковый приемник или стереомагнитола) могут работать в составе радиоконкомплекса через мощную усилительно-акустическую систему либо использоваться автономно с питанием от комплекта сменных гальванических элементов или в автомобиле. В этих случаях сменные аппараты должны иметь согласованные разъемы как в соответствующей ячейке комплекса, так и в кассетоприемнике автомобиля.

## Общие проблемы при создании любой конструкции БРА

При создании любой конструкции — будь то радиоприемник, магнитофон, телевизор или музыкальный центр — радиолюбитель неизбежно сталкивается с рядом

типичных, одинаковых проблем, для решения которых с годами выработались определенные правила и технические приемы, незнание которых приводит к тому, что на регулировку, наладивание и устранение различных нежелательных эффектов приходится затрачивать много лишнего времени.

Между тем подобные нежелательные эффекты могут быть заведомо устранены, если при конструировании аппарата и осуществлении компоновки и монтажа не допускать типовых общеизвестных, но в тоже время весьма распространенных ошибок. Далее мы самым подробным образом рассмотрим каждый из этих вредных факторов и способы борьбы с ними.

Что это за факторы и каково их влияние на работу аппарата?

□ Наиболее существенный из них — это так называемые **паразитные обратные связи**. Под этим термином принято понимать **не предусмотренные схемой** воздействия одних электрических цепей и узлов на другие, приводящие к нарушению работы или существенным изменениям их параметров.

Паразитные обратные связи могут быть стабильными (неизменяющимися в процессе работы) либо изменяющими свои параметры (или характер воздействия) в динамическом режиме работы аппарата.

И если паразитные обратные связи первого рода приводят только к снижению качественных показателей аппарата, не вызывая нарушения его работоспособности, то связи второго рода делают нормальную работу аппарата невозможной.

И именно связи этого вида труднее всего поддаются устранению, поэтому предотвращению возможности их возникновения должно быть уделено самое пристальное внимание на всех стадиях создания аппарата. Этой теме мы посвятим отдельный раздел.

□ Следующий по значимости вредный фактор — это постоянный по частоте и амплитуде паразитный **низкочастотный фон**, сопровождающий воспроизведение звука в виде неприятного гудения, снижающего реальный динамический диапазон аппарата и мешающий нормальному восприятию речевых и музыкальных программ. К этому же виду помех следует отнести и так называемые **наводки**, причиной которых чаще всего являются прямое воздействие **магнитных полей** от различного рода трансформаторов и дросселей, неграмотное выполнение длинных проводных соединений, а также неудачный выбор точек заземления различных цепей и участков схемы. Эту проблему мы также рассмотрим детально чуть позже.

□ Еще одна головная боль радиолюбителя-меломана — это механические вибрации проигрывателя граммофонных пластинок и «плавание» звука в магнитофоне. В основе этих вредных проявлений лежат чисто механические причины, поэтому и способы их устранения мы будем рассматривать отдельно.

□ Также механическими причинами вызывается и другой распространенный вид искажений, называемый **микрофонным эффектом**, однако физика его возникновения и способы устранения совсем иные, поэтому и об этом придется говорить отдельно.

□ Наконец, широко распространенными ошибками, снижающими надежность и долговечность работы любого аппарата, являются неграмотное взаимное расположение тепловыделяющих элементов и элементов, критичных к изменениям температуры окружающей среды, а также пренебрежение правилами расчета и монтажа теплоотводящих конструкций — радиаторов мощных транзисторов и радиоламп, тепловых экранов, вентиляционных отверстий и щелей в футляре аппарата и т. п. Все эти тонкости и особенности мы будем рассматривать, сопровождая подробный анализ соответствующими иллюстрациями и конкретными примерами.



# Паразитные связи в конструкции и пути их снижения

С понятием **обратная связь** мы уже не раз сталкивались в двух предыдущих книгах.

В общем случае обратной связью называется возврат полезного сигнала с выхода устройства (четырехполюсника) на его вход в положительной или отрицательной фазе. Соответственно она так и называется: **положительная обратная связь** или **отрицательная обратная связь**.

Отрицательная обратная связь в общем случае сопровождается уменьшением усиления сигнала, снижением нелинейных и частотных искажений. Положительная обратная связь чаще всего приводит к самовозбуждению усилителя, поэтому в основном применяется при создании генераторов с самовозбуждением. Такой генератор на базе лампового УЗЧ мы уже собирали на одном из занятий во второй книге.

В любом случае обратные связи такого рода создаются искусственно и целенаправленно для реализации той или иной задачи. В отличие от них **паразитные обратные связи** возникают в аппарате самопроизвольно вследствие ошибок схемного или конструктивного характера и всегда сопровождаются ухудшением тех или иных параметров устройства или их нестабильностью.

Чаще других возникают емкостные или индуктивные паразитные обратные связи, хотя нередко такие связи возникают в общих цепях питания или управления.

Так называемые **паразитные емкости** всегда присутствуют в любом аппарате независимо от его схемы и конструкции. Это может быть емкость между двумя близко расположенными проводниками, между двумя соседними выводами транзистора, микросхемы, ламповой панельки или многоконтактного разъема. Паразитной считается собственная емкость любой катушки индуктивности или емкость между соседними секциями сдвоенного переменного конденсатора.

Паразитная индуктивная связь возможна между двумя близко расположенными катушками индуктивности без экранов. Такая связь чаще всего снижает добротность обоих взаимосвязанных контуров и приводит к изменению их настройки. Для исключения такой индуктивной связи близко размещенных катушек в многодиапазонных радиоприемниках и тюнерах все неработающие катушки обычно замыкают накоротко отдельными секциями переключателя диапазонов.

Паразитные связи по цепям питания и управления обычно возникают из-за того, что к одному и тому же проводу питания или управления (например, цепи АРУ) оказываются подключены параллельно активные элементы нескольких каскадов, вследствие чего их базовые, коллекторные или анодные токи, смешиваясь в общем проводе, начинают циркулировать непредсказуемым и не предусмотренным схемой образом, создавая отрицательные или положительные паразитные обратные связи.

Борьба с этими видом паразитных связей сводится к так называемым развязкам сигнальных цепей усилительных элементов как по цепям питания, так и по цепям управления. Чаще всего для этих целей используют простейшие *RC*-фильтры, но нередко вместо резистивных развязок применяют ненастроенные или настроенные *LC*-фильтры.

На рис. 14 и 15 приведены примеры неграмотного и грамотного построения цепей питания и управления в обычном многокаскадном радиовещательном тюнере.

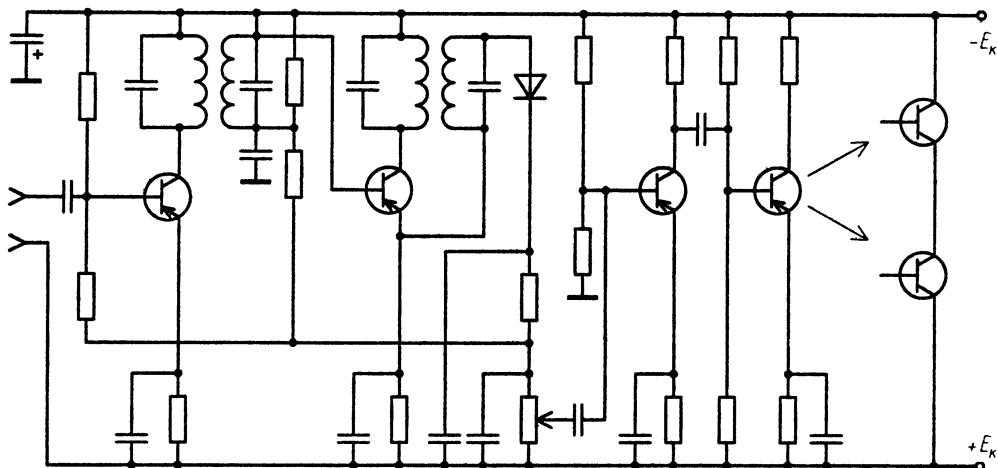


Рис. 14. Пример неграмотного составления принципиальной схемы блока ПЧ-НЧ транзисторного приемника без учета влияния паразитных связей по цепям питания и АРУ

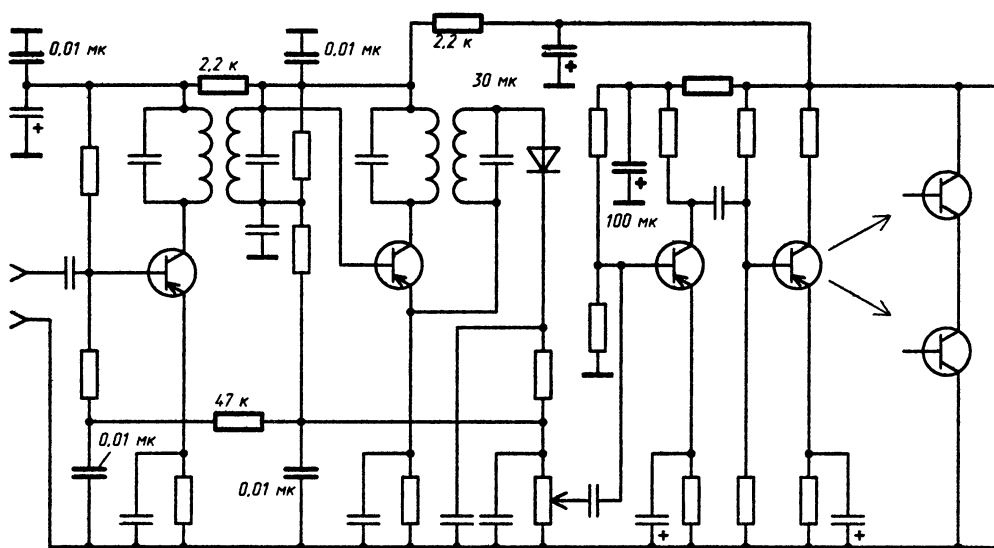


Рис. 15. В приемник по схеме рис. 14 введены дополнительные элементы развязывающих RC-фильтров (на схеме выделены жирным начертанием)

Что касается грамотного и неграмотного **взаимного расположения** отдельных узлов и деталей на общем шасси, то при конструировании любой аппаратуры следует всегда иметь в виду следующее:

- Наиболее опасны паразитные обратные связи между **выходом последующего** и **входом предыдущего** усилительных каскадов, поскольку в этом случае фаза такой связи положительна, а уровень выходного сигнала в десятки и даже сотни раз больше уровня входного, что создает наиболее благоприятные условия для самовозбуждения усилителя.

- Наиболее подвержены влиянию паразитных обратных связей **длинные соединительные провода** между входом любого усилительного элемента и примыкающими к нему по схеме деталями. Особенно опасны такие цепи в радиочастотном участке тюнера, в соединениях магнитных головок с усилителями записи и воспроизведения в магнитофонах и звукоснимателя со входом УЗЧ в электрофонах.

В радиочастотных участках схемы, где увеличение собственной емкости монтажа, как правило, крайне нежелательно, единственным способом уменьшения опасности возникновения паразитных обратных связей является максимально компактное расположение всех узлов и деталей преселектора, включая переключатель диапазонов, блок переменных конденсаторов, диапазонных контуров входных цепей и гетеродина и собственно усилительных приборов (транзисторов, микросхем, ламп).

В магнитофонах, электрофонах, УЗЧ, где частоты сигналов не выходят за пределы звукового спектра, для борьбы с паразитными обратными связями вполне допустимо (и на практике широко используется) применение экранированных проводов.

- В телевизорах мощными источниками помех, создающих паразитные наводки на другие каскады и участки схемы, являются блоки кадровой и особенно строчной развертки. Генерируемые ими пилообразные напряжения имеют амплитуды в несколько сотен (для кадровой развертки) и несколько тысяч вольт (для строчной развертки).

Чтобы предельно уменьшить влияние создаваемых этими напряжениями электрических полей, самым верным и надежным способом является тщательное экранирование узлов, входящих в схемы обеих разверток, и всех соединительных цепей этих блоков.

## Экранированные провода

Экранированными называют токонесущие соединительные монтажные провода, помещенные внутрь специальной металлической оплетки, исключающей (или максимально снижающей) как излучение самих проводов, так и влияние на эти провода внешних переменных электрических полей. Металлическую наружную оплетку экранированных проводов нередко называют **броне**й.

Чаще всего оплетка бывает сплетена из тонких медных луженых проводов таким плетением, что в зависимости от степени натяжения ее диаметр может изменяться в несколько раз. Это позволяет без особого труда протягивать внутрь оплетки провода самого различного диаметра или одновременно несколько проводов.

В абсолютном большинстве случаев сама металлическая оплетка в качестве самостоятельного соединительного провода не используется, а заземляется на корпус (шасси), хотя из этого правила бывают и исключения, о которых мы обязательно поговорим чуть позже.

Экранированные **провода** и различные **кабели**, являющиеся разновидностью обычных экранированных проводов, очень широко используются почти во всех видах БРА как промышленного, так и радиолюбительского изготовления, поэтому мы подробно рассмотрим правила грамотного использования экранированных соединений применительно к разным аппаратам.

Начнем с простейшего устройства — обыкновенного УЗЧ, являющегося неотъемлемой частью почти всех БРА. Началом любого УЗЧ является его вход,

к которому тем или иным способом подводится низкочастотный сигнал от одного или нескольких источников. Такими источниками могут быть выходы АМ и ЧМ детекторов в тюнерах и телевизорах, электродинамические и пьезозвукосниматели электрофонов, головки воспроизведения или линейные выходы магнитофонов, микрофоны.

Во всех этих случаях источники сигнала сильно различаются между собой как по уровню выходного сигнала, так и по величине внутреннего сопротивления самого источника. Это приводит к необходимости для каждого такого случая применять разные варианты соединений, чтобы обеспечить минимальный уровень паразитного влияния на вход усилителя.

Надо заметить, что большинство радиолюбителей, в том числе и опытных, слабо представляют физику возникновения паразитных наводок и специфику осуществления экранированных соединений, что в большинстве случаев не позволяет полностью реализовать выигрыш от экранирования входных цепей и соединительных проводов в УЗЧ. Поэтому мы уделим этой теме особое внимание и рассмотрим все встречающиеся в радиолюбительской практике случаи.

Начнем с простейшего и в то же время наиболее часто встречающегося варианта, когда требуется соединить входное гнездо УЗЧ со входом усилителя через регулятор громкости.

На рис. 16 показаны четыре возможных варианта такого соединения, причем три из них не обеспечивают оптимальной защиты входа усилителя от внешних наводок.

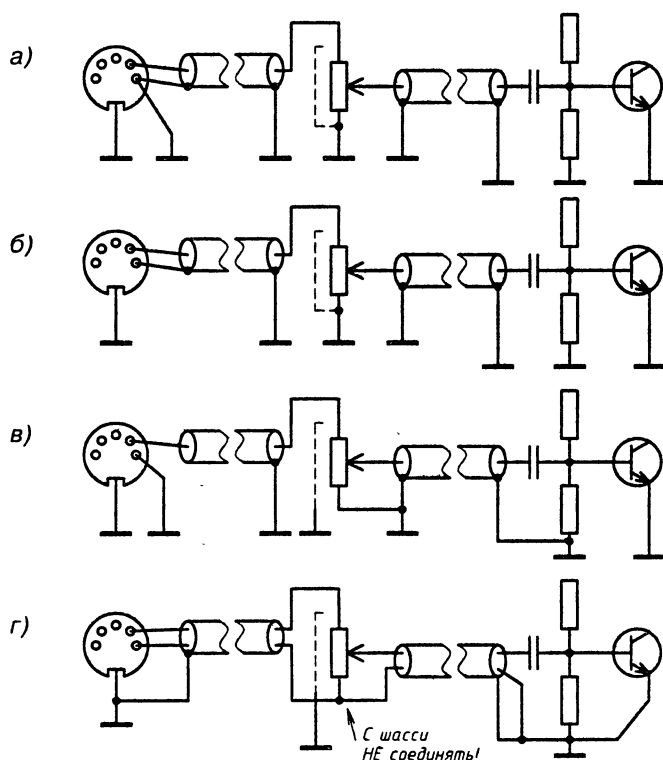


Рис. 16. Примеры неграмотного (а, б и в) и грамотного (г) соединения источника НЧ-сигнала со входом усилителя через регулятор громкости

Единственно грамотный вариант соединения показан на рис. 16,г. Здесь внутри оплетки пропущены не один, а два провода, из которых один является сигнальным, а другой — минусовым (или нулевым). Самой существенной особенностью этого способа подключения является то, что минусовой (или нулевой) вывод источника сигнала на всем пути следования вплоть до входа усилительного каскада **нигде не соединяется с шасси**, а его соединение с «землей» осуществляется **в одной общей точке** вместе с выводами эмиттера, нижнего резистора базового делителя, «холодного» вывода регулятора громкости и правого, на рисунке, отрезка экранирующей оплетки. Еще раз подчеркиваю: **в одной общей точке!** И эта точка на шасси должна находиться как можно ближе к транзистору, микросхеме или лампе первого (входного) каскада УЗ.

Что касается защитной крышки-кожуха переменного резистора регулятора громкости, то ее следует заземлить на ближайшее удобное место непосредственно на шасси, а оплетку левого, на рисунке, отрезка экранированного провода надо соединить с «земляным» лепестком входного разъема. А чтобы обе оплетки случайно не касались общего шасси, нужно сами экранированные провода поместить внутрь изолирующего хлорвинилового чулка соответствующего диаметра. Такой способ соединения обеспечивает максимально возможное экранирование входа усилителя и соответственно наибольший динамический диапазон всего УЗЧ.

На рис. 17 показаны оптимальные способы соединения входа УЗЧ с другими источниками сигнала. Здесь следует обратить внимание на то, что в разных случаях используются **различные** соединительные провода и низкочастотные кабели.

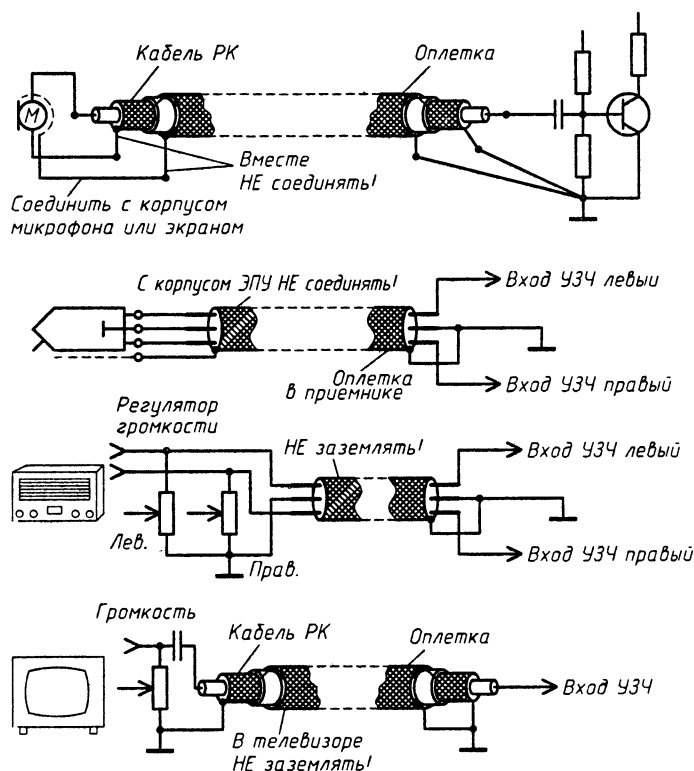


Рис. 17. Способы соединения общего входа УЗЧ с различными источниками НЧ-сигналов

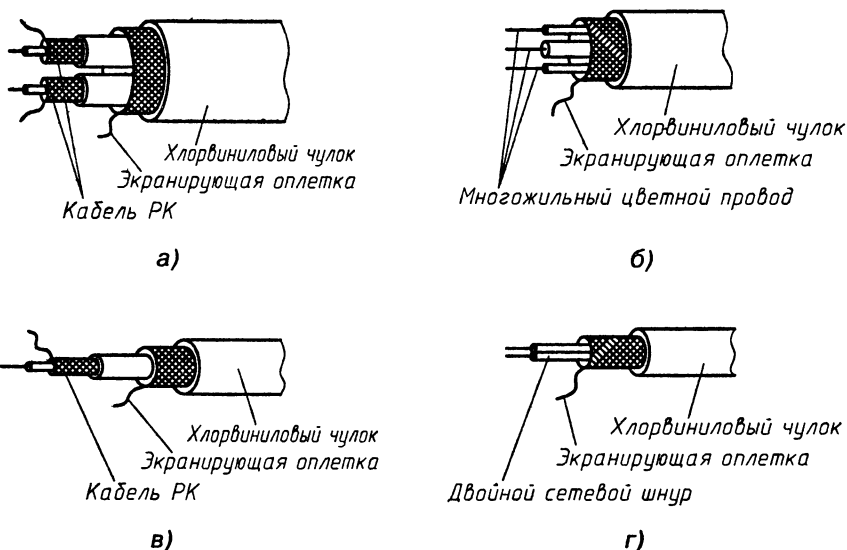


Рис. 18. Нестандартные самодельные соединительные кабели для стереофонических (а и б), монофонических (в) источников сигнала и от трансляционной «радиоточки» (г)

Воздействию внешних вредных наводок наиболее подвержены соединительные линии от динамической (электромагнитной) головки звукоснимателя, от пьезозвукоснимателя и от микрофона.

Учитывая, что сегодня все виды головок звукоснимателей стереофонические, от головки к усилителю должны идти два независимых экранированных провода. В этом случае целесообразно изготовить нестандартный соединительный шланг из двух коаксиальных кабелей в общей экранирующей оплетке, как показано на рис. 18. Очень желательно, чтобы эта общая оплетка также была изолирована, для чего лучше всего всю заготовку протянуть в хлорвиниловую трубку. Чтобы этот процесс максимально облегчить, трубку можно предварительно размягчить, подержав ее несколько минут в кипятке.

Для микрофона, поскольку он наверняка будет монофонический, нет необходимости в двух отдельных кабелях, однако использовать оплетку кабеля в качестве второго, нулевого провода, здесь недопустимо из-за неизбежного возникновения фона. Так что для микрофонной линии, если она больше одного метра, придется изготовить самодельный кабель из двух отдельных проводов — сигнального и нулевого, помещенных в общую экранирующую оплетку. Подключение обоих проводов и оплетки ясно из предыдущего рисунка.

Соединительные линии между выходом стереотюнера, стереомагнитофона, стереопроигрывателя лазерных дисков и входом УЗ можно сделать однотипными, но несколько иными. Здесь в одну общую экранирующую оплетку надо протянуть три разноцветных провода: два сигнальных для левого и правого каналов (например, зеленый и синий) и один более толстый (черный или белый) для общей «земли». Весь этот кабель вместе с оплеткой также желательно поместить в хлорвиниловый чулок.

Таков общий принцип осуществления соединений между двумя любыми участками схемы, подверженными влиянию паразитных наводок. Придерживаясь этого принципа, радиолюбителю, естественно, придется самому решать в каждом конкретном случае, как лучше осуществлять такое соединение.



# Грамотные заземления и развязки

Наиболее близка к предыдущей тема грамотного выбора оптимальных точек заземления и развязок. В чем здесь дело? Если вспомнить принцип работы **любого каскада**, содержащего усилительный элемент или выпрямляющий диод, придется согласиться, что к любому из них **обязательно** подводится то или иное постоянное или переменное напряжение либо от источника питания, либо от другого каскада.

Для того, чтобы в цепи возник электрический ток, необходимо, чтобы эта цепь была **замкнутой**, т. е. положительный (или отрицательный — это не существенно) полюс источника питания должен подходить к потребителю по одному проводнику, а по другому проводнику потребитель должен соединяться с противоположным полюсом источника.

В абсолютном большинстве практических случаев один из полюсов источника питания (или всех источников, если их несколько) в качестве второго, возвратного провода используют металлическое шасси, что позволяет вдвое уменьшить число соединительных проводников. В этом случае возвратная цепь в каждом отдельном каскаде просто заземляется на общее шасси в любом удобном близкорасположенном месте так же, как заземляется один из полюсов источника питания. Рис. 19 иллюстрирует практику таких соединений.

И что из этого следует? Из этого следует очень важный вывод. Если бы каждый потребитель соединялся со своим источником **двумя проводами**, то в каждой из таких цепей протекал бы ток **только этого потребителя**, не смешиваясь с токами других потребителей. Если же все потребители используют в качестве возвратного провода **общее шасси**, то по этому общему шасси **одновременно** протекают токи от всех потребителей. И не просто протекают, а **складываются в один общий, непрерывно изменяющийся ток**, содержащий как непрерывно меняющуюся по величине **постоянную составляющую**, так и целый букет переменных токов самых различных частот.

И как по-твоему, сколько таких точек заземления может быть в бытовом радиоаппарате? 10? 20? Или 30? Могут ответить на этот вопрос совершенно точно. В самом обычном промышленном транзисторном приемнике «Рига-104» 24 точки заземления содержатся в одном только блоке УКВ-ЧМ, еще 27 — в блоке преселектора, 55 — в блоке УПЧ и детектора и 19 — в блоке УЗЧ. Итого 125 **разных** точек заземления, расположенных в самых разных частях шасси.

Ну и как же ведут себя эти отдельные возвратные токи? В строгом соответствии с законом Ома каждый из них выбирает себе **путь наименьшего сопротивления**, т. е. устремляются к заземленному полюсу источника питания по кратчайшему пути — по прямой, соединяющей точку заземления данного потребителя с точкой заземления источника питания.

А теперь посмотрим на рис. 19. Вот именно так должна бы выглядеть картина распределения всех токов в шасси приемника «Рига-104», если бы эти токи можно было наблюдать невооруженным глазом. Этот рисунок должен помочь тебе представить, что же *реально* происходит в теле металлического шасси во время работы аппарата. Все эти отдельные токи не просто текут по телу шасси, они **многократно пересекаются** между собой, складываясь по величине и образуя **новые суммарные токи**, отличные как по уровню, так и по спектру частот от составляющих их токов. Обрати внимание на пять таких точек заземления, помеченных на рисунке цифрами 1–5. Все они лежат на одной прямой — кратчайшем пути для возвратных токов пяти *разных* каскадов. И все эти токи по пути следования накладываются один на другой, образуя совершенно новый, не предусмотренный схемой **паразитный ток**.

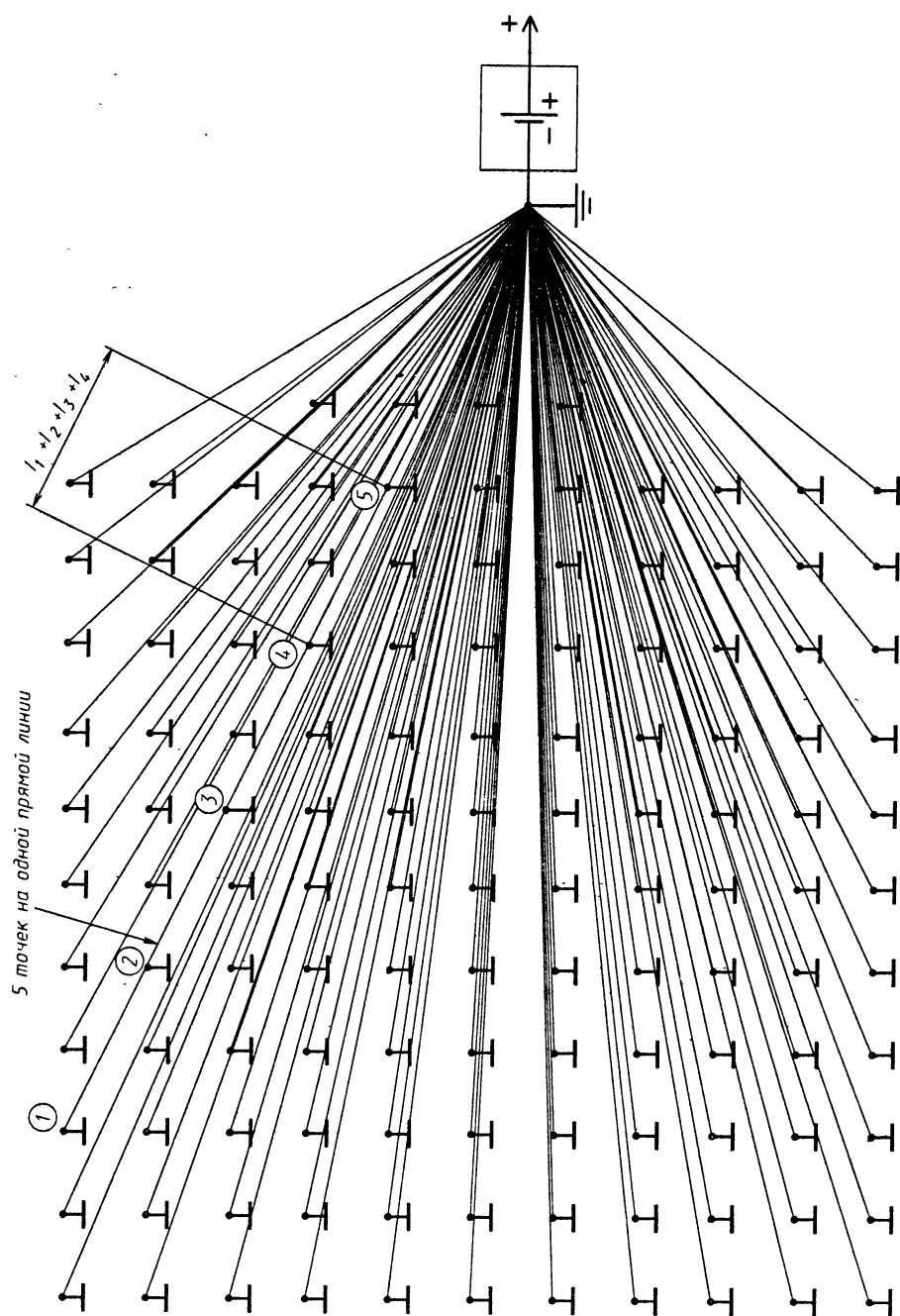


Рис. 19. Пути прохождения возвратных токов через общее шасси от индивидуальных точек заземления к общей точке заземления нулевого полюса источника

А поскольку предсказать образование таких токов заранее просто невозможно, их принято называть **блуждающими токами**. Блуждающие токи в любом аппарате являются носителями **непредсказуемых паразитных обратных связей**, а единственный способ борьбы с такими связями или хотя бы с уменьшением степени их влияния сводится к **грамотному выбору точек заземления**.

А что значит «к грамотному»? На этот вопрос ты сможешь ответить сам после того, как мы разберемся с одним очень важным обстоятельством. Поскольку мы уже согласились с тем, что по телу шасси одновременно протекают десятки или даже сотни (например, в телевизоре) разных токов, образуя в конечном итоге некий общий суммарный ток, давай временно мысленно заменим шасси одним отрезком толстого провода, по которому этот суммарный ток протекает. В конце концов такая мысленная замена будет довольно близка к истине, поскольку в большинстве современных аппаратов с печатным монтажом роль общего проводника играет не металлическое шасси, которого в принципе может не быть вообще, а одна или несколько «земляных» печатных дорожек. И если внутреннее сопротивление толстого металлического шасси может быть очень маленьким и составлять доли ом, то собственное сопротивление печатных проводников на печатной плате имеет вполне реальное конечное значение, могущее измеряться единицами ом.

Если верить закону Ома, то при протекании тока через некоторое сопротивление на этом сопротивлении обязательно возникнет **падение напряжения**, величина которого будет тем больше, чем больше суммарный ток всех потребителей и больше величина самого сопротивления.

А теперь подумай: если суммарный потребляемый ток несложного приемника или магнитофона составляет даже всего 100 мА, а сопротивление общего нулевого печатного проводника всего 1 Ом, то на этом одном оме падение напряжения составит 100 мВ. А это, между прочим, в десять и более раз превышает уровни полезных сигналов в таких частях схемы, как входные цепи преселектора, вход УПЧ, вход усилителя записи магнитофона и ряд подобных.

Внимательно посмотрим на рис. 20. И в левой и в правой его частях изображен один и тот же каскад усилителя ПЧ на транзисторе. Разница между ними состоит только в выборе точек заземления, входящих в схему элементов.

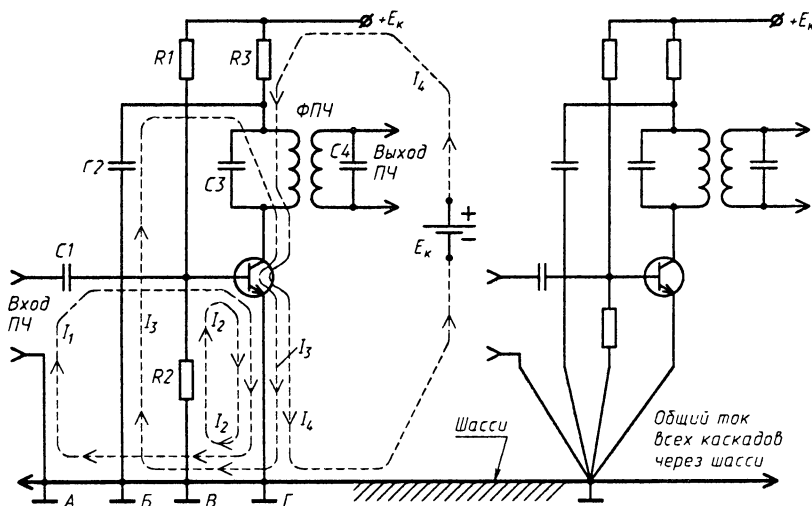


Рис. 20. Иллюстрация возникновения блуждающих токов в теле шасси или в общей нулевой дорожке печатной платы при разнесенных точках заземления

На левом рисунке пунктирными линиями показаны *разные* токи, протекающие через элементы схемы и через общий заземляющий провод (тело шасси или нулевую дорожку печатной платы). Возвратный ток  $I_1$  входного сигнала протекает от точки Г к точке А. Постоянная составляющая тока базы  $I_2$  — от точки Г к точке В. Между этими же точками протекает и переменная составляющая с частотой ПЧ после усиления транзистором. В точке Г присутствует и постоянная составляющая коллекторного тока транзистора. И все эти составляющие создают на отрезке проводника АГ свои падения напряжения, которые в составе блуждающих токов вполне могут попадать на другие участки схемы, создавая непредсказуемые паразитные обратные связи.

На правом рисунке точки А, Б, В и Г объединены в одну общую точку заземления всех элементов данного каскада, поэтому исключается сама возможность образования **падения напряжения**, как это имело место между точками А и Г на левом рисунке.

При таком одноточечном заземлении сводится к минимуму и возможность возникновения паразитных обратных связей. Поэтому настоятельно рекомендуем при конструировании любых аппаратов, а особенно на печатных платах, соблюдать принцип одноточечного заземления.

## Борьба с вибрациями и микрофонным эффектом

Нормальную работу некоторых видов БРА могут нарушать вибрации и микрофонный эффект. Чаще всего их влияние сказывается на электропроигрывателях грампластинок и электрофонах, на радиолах (так называют комбинации в одном футляре радиоприемника, электропроигрывателя, мощного УЗЧ и встроенной акустики), микрофонных усилителях для электромузыкальных инструментов и стационарных магнитофонах высокого класса с двумя или тремя приводными двигателями.

Сразу надо отметить, что нарушения нормальной работы аппарата в этих случаях вызваны чисто механическими воздействиями, а не являются следствием магнитных или электрических наводок. Также **надо четко различать источник вибрации и элемент устройства, подверженный вибрации**.

Устранить нарушения работы, вызванные вибрациями и микрофонным эффектом, в *готовом аппарате* практически невозможно, поэтому борьбу с этими явлениями необходимо осуществлять в *процессе конструирования*, предвидя возможность их возникновения и закладывая в конструкцию специальные конструктивные решения.

В электропроигрывателях и электрофонах единственным источником вибраций является его собственный электродвигатель, а элементами, подверженными вибрации, являются головка звукоснимателя и вращающий пластинку диск.

В промышленных изделиях этого вида для уменьшения вибрации самого диска его стараются делать по возможности более массивным (в пределах, определяемых мощностью двигателя), а для уменьшения влияния на воспроизводящую головку на диск наклеивают (или накладывают) резиновый коврик, который одновременно исключает возможность проскальзывания грампластины по поверхности диска.

Сегодняшние радиолюбители, как правило, не изготавливают электропроигрыватели самостоятельно, а используют механизмы промышленного производства,

в которых уровень вибраций уже заложен самой конструкцией. Однако и в этих случаях фактический уровень вибрации можно существенно снизить путем не- сложной доработки.

В большинстве промышленных проигрывателей и двигатель, и диск тем или иным образом механически связаны с основанием проигрывателя, а следовательно, и между собой. Для уменьшения влияния вибрации в этом случае следует нару- шить такую связь, т. е. устранить жесткое крепление двигателя или диска, заменив его мягким.

Проще всего это сделать, осуществив мягкую подвеску двигателя, сохранив при этом жесткую связь обрешиненных приводных роликов, меняющих скорость вращения диска, с внутренним бортиком самого диска. Для этого двигатель надо закрепить на небольшой, по возможности очень тонкой, но жесткой пластинке (стальной или дюралевой), к обратной стороне пластинки приклеить клеем «88» та- кой же по размеру кусок листовой резины, соблюдая правила технологии склеива- ния, об этих правилах мы очень подробно рассказывали в предыдущей книге<sup>\*</sup>, а другую сторону резины тем же клеем приклеить к тому месту платы, где крепился двигатель. Делать эту работу надо тщательно и аккуратно, не нарушив при этом геометрию приводного механизма и кинематику привода в целом.

К значительно большим неприятностям приводит другая разновидность вибра- ций — механоакустическая связь в радиолах. Сущность ее состоит в том, что при большой громкости звучания механические колебания диффузора громкоговори- теля передаются через его корпус и футляр радиолы на плату проигрывателя, вы- зывая его вибрацию, которая в ряде случаев вызывает даже выскакивание иглы головки звукоснимателя из канавки грампластинки или перескакивание с дорожки на дорожку.

Для устранения такой связи можно рекомендовать изменить способ крепления платы проигрывателя к футляру. Обычно стандартная плата промышленного проиг- рывателя снабжена четырьмя пружинами, которые наглухо крепятся к краям выре- за (окна) верхнего отсека радиолы. Эти пружины и выполняют роль амортизато- ров, уменьшающих связь платы с корпусом футляра радиолы.

Изменение конструкции состоит в следующем. Размер окна увеличивают на- столько, чтобы плата проигрывателя проваливалась внутрь окна, но с очень не- большим зазором (по 1...2 мм с каждой стороны окна). Затем заготавливают две пластины из твердого дюрала или миллиметровой стали по форме повторяющие вырез окна. Одна пластина должна быть больше размера окна с каждой из четырех сторон на 15...20 мм, а другая — на 2...3 мм меньше, т. е. свободно проходить че- рез окно.

Затем из листовой микропористой резины толщиной 8...12 мм вырезают пря- моугольник точно по размерам меньшей пластины. Теперь проигрыватель закреп- ляют «штатным» способом на меньшей пластине, а к нижней стороне пластины клеем «88» приклеивают «коврик» из микропористой резины.

В большей пластине по всему ее периметру, отступая на 2...3 мм от краев, на- сверливают с каждой стороны по 3...4 отверстия диаметром 3,5 мм, через которые весь проигрыватель с помощью шурупов будет крепиться к верхней деревянной полке футляра радиолы.

Остается приклеить нижнюю сторону «коврика» точно по центру к большей пла- стине, а когда клей окончательно высохнет, перевернуть весь «слоеный пирог» из- нутри к краям окна с помощью длинных шурупов. Шурупы надо заворачивать на та- кую глубину, чтобы верхняя панель проигрывателя выступала над деревянной полкой отсека на такую же величину, как и до переделки.

---

<sup>\*</sup> Гендин Г. С. Школа радиолюбителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003.

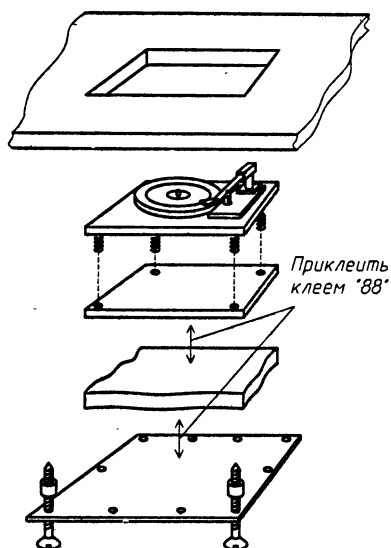


Рис. 21. Конструкция демпфирующего устройства для электропроигрывателя радиолы

После этого остается измерить величину зазора, образовавшегося между нижней пластиной и деревянной полкой и подобрать (или нарезать самому из любой металлической трубки) такой же высоты втулки по числу шурупов, и в окончательном виде установить эти втулки под каждый из шурупов, а шурупы завернуть теперь уже намертво.

Устройство всей конструкции понятно из рис. 21.

\*\*\*

Понятие «микрофонный эффект» в большей степени относится к ламповой аппаратуре, где этот эффект проявлялся довольно часто в каскадах гетеродина или предварительного каскада УЗЧ от микрофонного входа в магнитофонах, откуда и название эффекта. Проявлялся он в том, что при легком постукивании по баллону лампы на выходе усилителя из громкоговорителя слышались такие же щелчки, как при постукивании по микрофону.

Физика явления состояла в том, что постукивание по баллону передавалось к управляющей сетке лампы и вызывало ее микроколебания, приводящие к модуляции электронного потока. А поскольку возникшие колебания далее усиливались всеми последующими каскадами, то естественно, что микрофонный эффект больше всего проявлялся в лампах самого первого каскада.

В реальной аппаратуре со встроенной акустикой микрофонный эффект вызывало не постукивание по баллону первой лампы УЗЧ или гетеродина, а вибрация шасси при большой громкости звучания, что на слух выражалось в характерном звоне.

Для устранения микрофонного эффекта лампы, подверженные этому недостатку, крепили к шасси не намертво, а через резиновый подвес наподобие описанному выше способу крепления платы проигрывателя.

В современной полупроводниковой технике с явлением микрофонного эффекта почти не приходится встречаться, а приведенные рекомендации могут пригодиться радиолюбителю, если со временем он надумает построить современный ламповый усилитель или измерительный генератор, в котором иногда микрофонному эффекту оказываются подвержены сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости с воздушным диэлектриком.

## Борьба с магнитными наводками

В отличие от электрических наводок, являющихся основной причиной возникновения паразитных обратных связей и существенно нарушающих нормальную работу любого радиоаппарата, магнитные наводки, как правило, работу аппарата не нарушают, а приводят к появлению дополнительных электрических сигналов, индуцированных магнитными полями источника наводок на магнитные сердечники трансформаторов и дросселей других элементов схемы.

Как правило (но не всегда!), основным мощным источником «паразитных» магнитных полей являются силовой трансформатор и дроссель фильтра выпрямителя в аппаратуре с питанием от сети переменного тока. Частота магнитного поля силового трансформатора всегда равна частоте питающей сети и в нашей стране составляет 50 Гц. Частота магнитного поля, излучаемого дросселем фильтра при однополупериодной схеме выпрямителя, также равна 50 Гц, а при двухполупериодной схеме — 100 Гц.

В любом телевизоре мощным источником магнитных полей является выходной трансформатор блока строчной развертки. При этом частота магнитного поля составляет 15625 Гц, что делает его излучение более проникающим, а узлы схемы, восприимчивые к магнитным полям, — более уязвимыми, чем для полей низкочастотных. Положение намного усугубляется тем, что в обмотках строчного трансформатора циркулируют токи импульсной формы, образующие большое число гармоник, частоты которых в кратное число раз выше частоты основного сигнала.

К примеру, десятая гармоника основной частоты развертки составляет более 156 кГц, т. е. находится уже внутри длинноволнового радиовещательного диапазона, создавая ощутимые помехи радиоприему даже на значительных расстояниях (десятки и даже сотни метров от излучающего телевизора).

В любом магнитофоне, включая аппараты с батарейным питанием, имеется генератор тока стирания и подмагничивания, нагрузкой которого всегда является выходной трансформатор, сердечник которого создает достаточно мощное магнитное поле с частотой генератора. А эта частота в современных магнитофонах лежит в пределах 60...120 кГц.

А наиболее уязвимыми для магнитных наводок в магнитофоне являются воспроизводящие и универсальные головки, чувствительные даже к очень слабым магнитным полям. Правда, генератор тока стирания и подмагничивания работает в магнитофоне только в режиме записи, поэтому в режиме воспроизведения никаких магнитных полей не создает.

Но в режиме записи, если эта запись производится в компактной кассетной магнитоле с собственного радиоприемника на собственную деку, возможно возникновение интермодуляционных искажений при взаимодействии несущей частоты принимаемой станции с одной из гармоник генератора тока стирания. Вполне вероятно, что разность этих двух частот может оказаться внутри звукового диапазона и проявится в записи в виде свиста определенного тона.

Отчасти из-за этого в большинстве магнитофонов имеется специальный переключатель, с помощью которого можно выбрать одну из нескольких разных частот генератора. А для предельного снижения уровня излучаемого магнитного поля катушки генератора помещают в глухой броневой сердечник из феррита или альсифера.

Что же касается борьбы с наводками от силового трансформатора на воспроизводящую (или универсальную) головку, то для этого рабочий зазор головки снаружи прикрывают специальной откидной шторкой из особого сорта железа — пермаллоя с очень высокой магнитной проницаемостью. После заправки ленты шторка прикрывает головку вместе с лентой. Из этого же материала сделан и общий экран, защищающий от наводок всю головку.

Для снижения магнитного излучения силовых и звуковых трансформаторов их выполняют на так называемых ленточных сердечниках, имеющих значительно меньшие поля рассеяния, чем броневые, Ш-образные сердечники. Кроме того, нередко применяют специальные крышки из железа, которыми прикрывают верхнюю и нижнюю стороны трансформатора со стороны обмоток.

В особо ответственных случаях, когда наличие даже незначительных магнитных наводок нежелательно или недопустимо, при расположении трансформатора



на шасси опытным путем выбирают определенный угол поворота его сердечника, при котором воздействие магнитных полей на магниточувствительный элемент схемы минимально.

В любых случаях минимального вредного воздействия магнитных наводок в аппарате добиваются путем рационального, продуманного взаимного расположения отдельных его узлов и деталей.

## Грамотное размещение органов управления

Грамотным надо считать такое размещение органов управления аппаратом (ручек настройки, кнопок переключателей, тумблеров и т. п.), при котором, с одной стороны, обеспечивается максимальное удобство и эргономическая целесообразность пользования ими, а с другой, управляемые этими ручками и кнопками элементы схемы (конденсаторы настройки, потенциометры регуляторов громкости и тембра, сетевые выключатели и т. п.) располагаются внутри аппарата таким образом, чтобы свести к минимуму возможность возникновения паразитных обратных связей между ними. Чаще всего больших проблем с этим не возникает. На передней (лицевой) панели аппарата, как правило, размещают так называемые **оперативные** органы управления, т. е. такие, которыми приходится пользоваться либо постоянно, либо очень часто.

Для каждого вида аппаратуры существует свой, устоявшийся набор таких регуляторов. В аппаратуре прежних лет таких регуляторов было значительно больше, а сегодня их число существенно сократилось за счет *внедрения в схемы многочисленных высокоэффективных автоматических регулировок*.

Тем не менее в большинстве даже самых современных аппаратов основной набор оперативных регуляторов сохранился. Так, в радиоприемниках и тюнерах неприкосновенными остались переключатель диапазонов, общий сетевой выключатель, регулятор громкости, регуляторы тембра или ручки управления многополосным эквалайзером, ручка плавной настройки, а также кнопки включения/отключения различных систем автоматики.

В телевизорах в числе обязательных остались кнопки выбора телеканалов, регулировок громкости, яркости, контрастности, иногда цветовой насыщенности, зато такие обязательные в старых телевизорах регуляторы, как частота строк, частота кадров, размер и линейность изображения по горизонтали и вертикали исчезли даже с задней стенки, поскольку в современных телевизорах в таких регулировках в процессе эксплуатации телевизора вообще отпала необходимость — эти функции полностью выполняет автоматика.

В аудиомагнитофонах из регулирующих органов остался, пожалуй, единственный регулятор громкости в режиме воспроизведения, а кнопочный или сенсорный переключатель на передней панели нужен лишь для команд выбора режима работы (запись, воспроизведение, прямая или обратная перемотка ленты и т. п.). Остальные же регулирующие функции, такие как выбор оптимального режима записи для разных типов лент, автостоп или автореверс при окончании записи на одной дорожке и пр., сегодня также отданы системам автоматики.

Какое же размещение оперативных органов управления следует считать грамотным? Разумеется, дать однозначный и единый для всех видов аппаратуры ответ невозможно, однако несколько общих принципов следует придерживаться во всех случаях. Их не так много, и мы сейчас рассмотрим каждый из них.

Поскольку во всех случаях пользование любыми регуляторами и переключателями осуществляется руками, а контроль за результатом этого действия осуществляется визуально или на слух, то главным принципом при размещении органов регулировки и приборов контроля является эргономическая совместимость этих процессов, т. е. проще говоря, надо, чтобы рука, осуществляющая ту или иную регулировку, не мешала наблюдать за шкалой прибора, фиксирующего результат регулировки. Поясним это еще нагляднее. Если ручку настройки приемника поместить **над шкалой**, то из-за кисти руки не будет видно стрелку-указатель.

Руководствуясь этим **основным принципом** конструкторы во всем мире при создании любых изделий БРА **всегда** располагают ручку настройки приемника **под шкалой** или **справа** от шкалы, ручку управления галетным переключателем — на **правом краю лицевой панели** или на **правой боковой стенке футляра**, тональный звукосниматель в электрофонах и радиолах — под **правую руку** пользователя.

Взгляни на рис. 22. На нем изображены самые разнообразные изделия БРА, начиная с примитивного карманного радиоприемника (рис. 22,а) и кончая профессиональным приемником высшего класса типа «Сателлит» фирмы Grundig (рис. 22,б), в том числе широко распространенные в свое время переносные транзисторные приемники (рис. 22,а и ж), радиола среднего класса (рис. 22,д) и ЭПУ высшего класса (рис. 22,е), а также телевизор марки «Темп» (рис. 22,г).

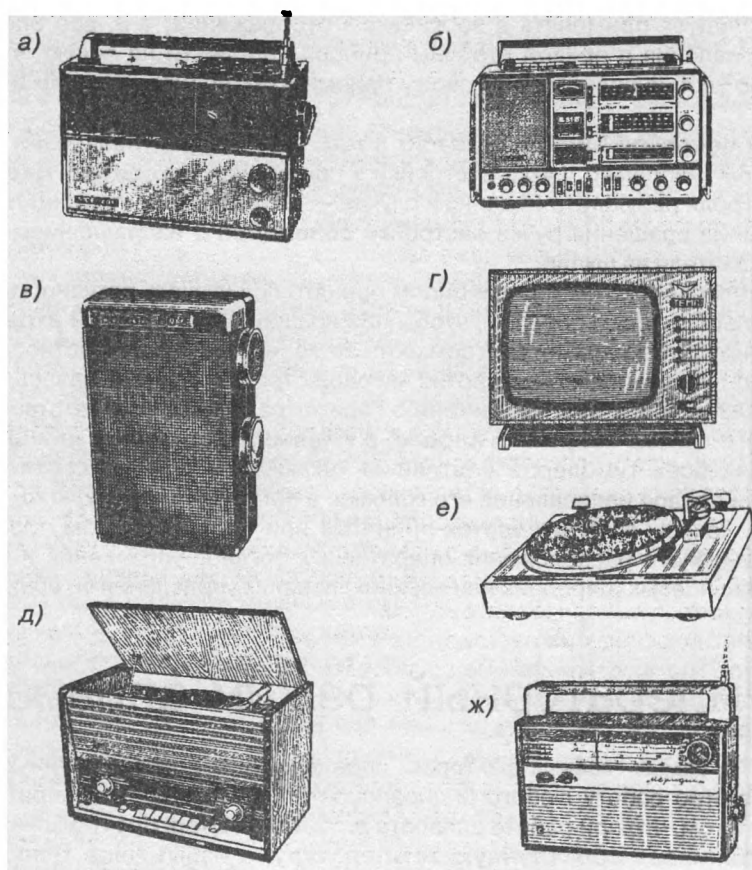


Рис. 22. Расположение оперативных органов управления в различных изделиях БРА промышленного производства

Нетрудно увидеть, что все они выполнены при строгом соблюдении основного принципа. И действительно, такими аппаратами удобно пользоваться. Но только при одном если...

При каком именно? При условии, что ты — правша, т. е. человек с преимущественным развитием правой руки.

А теперь представь себе на минуту, что ты — левша, и что от рождения привык все основные действия осуществлять не правой, а левой рукой. Ну, к примеру, попытайся переключить диапазон в приемнике ВЭФ (рис. 22,а) или опустить головку тонарма в проигрывателе (рис. 22,е). Или возьми в **правую** руку приемник «Космос» (рис. 22,в), а **левой** рукой вращай регулятор громкости и ручку настройки.

Ну как, удобно? Или все же не очень? И какой же вывод из этого следует делать? А вывод из этого очень простой: основной принцип бесспорно справедлив, но только по отношению к пользователям-правшам. А поскольку по статистике в общей массе населения правшей все же больше, чем левшей, **промышленную БРА** выпускают, ориентируясь на большинство.

Но у нас с тобой речь идет о конструировании **радиолюбительской** аппаратуры, предназначенной не для большинства населения, а исключительно для твоего индивидуального пользования. И если ты, как большинство, правша — смело применяй **основной принцип** при создании своего личного приемника или телевизора.

А если ты принадлежишь к «левому» меньшинству, то этот самый основной принцип тебе следует применять в зеркальном отображении, т. е. все оперативные органы управления с правой стороны прибора перенести на левую, чтобы **тебе лично** было удобно пользоваться своим приемником, проигрывателем или телевизором.

**Второй основной принцип** состоит в том, чтобы ручка управления оперативным органом (например, ручка настройки в приемнике) находилась **рядом** с прибором контроля результата (в данном случае — со **шкалой настройки** приемника, а направление вращения ручки настройки **совпадало** с направлением движения стрелки-указателя на шкале).

В соответствии с этим же принципом принято подключать регулирующий орган к схеме аппарата таким образом, чтобы при вращении **по часовой стрелке** величина регулируемого параметра (громкость звука, яркость и контрастность изображения и т. п.) увеличивалась, а против часовой стрелки — уменьшалась. Для регуляторов ползункового типа **увеличению** параметра должно соответствовать перемещение его движка **вверх или вправо, а уменьшению — вниз или влево**. Аналогично для всех тумблеров состоянию «включено» должно соответствовать верхнее или правое направление его головки, а состоянию «выключено» — нижнее или левое. Таковы в общих чертах принятые при промышленном производстве правила взаимного расположения оперативных органов управления и элементов контроля на лицевых (передних или верхних) панелях управления во всех БРА.

## Температурный режим аппарата

Одним из самых главных факторов, определяющих долговременную стабильную и надежную работу любого радиоаппарата является его температурный режим. Дело в том, что при работе аппарата **любой его энергопотребляющий элемент увеличивает собственную температуру**, а избыточное тепло излучает в окружающее пространство.

Чаще всего таким окружающим пространством является **замкнутый ограниченный объем** внутри корпуса прибора, поэтому тепло, выделяемое **всеми эле-**

ментами схемы, суммируется, что приводит к достаточно быстрому повышению температуры воздуха внутри футляра, а это в свою очередь ухудшает условия теплоотдачи и, как следствие, вызывает дальнейшее повышение температуры самих теплоизлучающих элементов схемы.

В неграмотно сконструированных аппаратах этот повторяющийся каждый раз процесс приводит к нестабильности параметров схемы и резкому снижению надежности и долговечности всего аппарата. Для уменьшения вредного воздействия повышения температуры в процессе конструирования любого аппарата *заранее* закладываются общеизвестные и эффективные меры, позволяющие в десятки раз снизить нагрев аппарата при его длительной работе. Далее мы самым подробным образом познакомимся с этими мерами.

Первая и самая главная задача конструктора состоит в том, чтобы в процессе работы теплоизлучающего элемента его собственная температура повышалась как можно меньше, для чего надо постоянно отводить с его поверхности **избыточное тепло**.

Известно, что эффективность теплоотдачи любого нагретого тела прямо пропорциональна площади его поверхности. Поэтому если взять два одинаковых по величине сопротивления резистора разной **номинальной мощности** (например, полуваттный и двухваттный) и пропускать через них ток одинаковой величины, то полуваттный резистор будет нагреваться значительно больше и температура резистора будет гораздо выше, поскольку **площадь его поверхности** намного меньше, чем у двухваттного, а следовательно, и условия теплоотдачи у маломощного резистора намного хуже.

В случае с резистором дело обстоит достаточно просто. Если мы хотим уменьшить его собственную температуру при данной рассеиваемой мощности, то достаточно применить резистор с большей **номинальной мощностью рассеяния**.

Что же касается **активных элементов** схемы (транзисторов, микросхем, радиоламп), этот путь оказывается непригоден хотя бы даже по чисто экономическим соображениям.

Между тем именно активные элементы являются основными источниками выделения тепла. При этом паспортные данные на многие мощные полупроводниковые приборы допускают нагрев их корпусов до температур порядка 120...150 °С, а температуру баллонов радиоламп — даже до 200...250 °С, доходя у некоторых мощных тетродов до 280 °С (6П44С). Эти особенности работы радиоламп и мощных транзисторов необходимо учитывать уже при первичной, предварительной компоновке аппарата, не допуская соседства с этими элементами других деталей, критичных к избыточному нагреву.

В качестве иллюстрации к сказанному на рис. 23 показан пример совершенно недопустимого размещения электролитического конденсатора **между** двумя мощными оконечными лампами в УЗЧ, баллоны которых имеют законное право нагреваться до температуры в 220 °С.

А что же надо делать, чтобы в процессе конструирования обеспечить оптимальный температурный режим создаваемого аппарата? Прежде всего еще на начальной стадии конструирования, когда типы используемых активных элементов уже определены, необходимо произвести предварительный электрический расчет режима их использо-

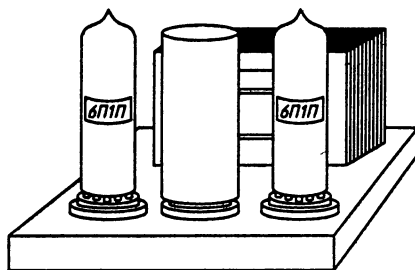


Рис. 23. Пример недопустимого взаимного расположения мощных теплоизлучающих радиоламп и электролитического конденсатора

вания, чтобы определить фактическую величину **мощности рассеяния**, которая в любом случае будет выделяться этими элементами в виде тепла, нагревая не только самих себя, но и окружающий их воздух **внутри аппарата**. Для мощных транзисторов, диодов и радиоламп такие сведения можно извлечь из паспортов на них или из справочников.

Следующий вопрос: как удалить избыточное тепло, выделяемое этими элементами, чтобы прежде всего понизить их собственную температуру, что эквивалентно уменьшению **коэффициента использования** элемента или увеличению снимаемой с него полезной мощности.

В случаях с применением мощных ламп этот вопрос оказывается не простым, поскольку надевать на стеклянный баллон металлический теплорассеивающий радиатор нельзя, так как он преградит путь для теплового излучения анода через стекло баллона, что приведет к еще большему разогреву анода.

В этих случаях наиболее эффективным оказывается обеспечение наилучших условий для **конвекционного охлаждения**. С этой целью **вокруг** панельки лампы в шасси или печатной плате насверливают несколько отверстий, через которые более холодный воздух **снизу** шасси или платы устремляется вверх, обтекая при этом баллон лампы и тем самым охлаждая ее. При таком решении совершенно необходимо предоставить свежему холодному воздуху беспрепятственно попадать внутрь футляра, а нагретому тепловому — так же беспрепятственно покидать футляр аппарата. Для этого днище корпуса футляра в районе расположения мощных ламп делают перфорированным, а в верхней части задней стенки делают либо щелевые прорезы, либо такую же перфорацию, как и в основании футляра.

С охлаждением мощных транзисторов и полупроводниковых диодов дело обстоит проще, поскольку *проблема легко решается путем размещения этих элементов на теплорассеивающих радиаторах*. Существует довольно большое число разных конструкций радиаторов, специально приспособленных под те или иные виды полупроводниковых приборов. На рис. 24 показаны некоторые их разновидности.

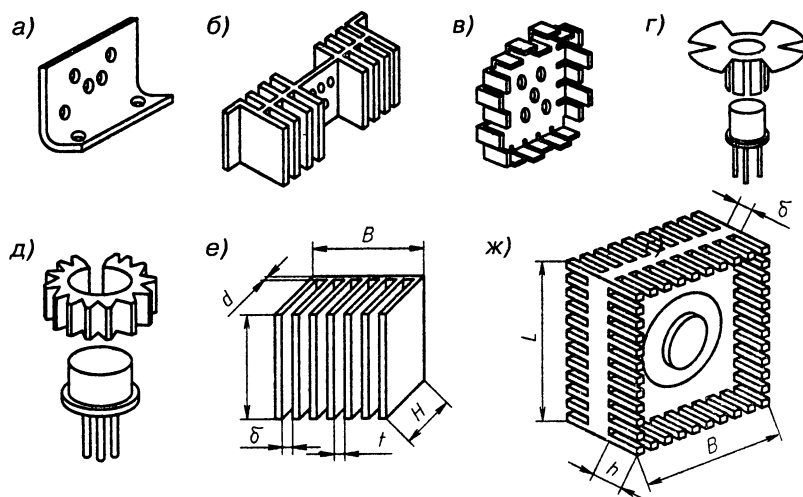


Рис. 24. Различные виды теплоотводящих металлических радиаторов для транзисторов разного типа:

а — пластинчатый; б — с продольным расположением ребер; в — с зигзагообразным расположением ребер; г — с «крылышками»; д — типа «звездочка»; е — односторонний ребристый; ж — двусторонний штыревой (иглолчатый)

Принцип действия всех радиаторов один и тот же: они искусственно увеличивают площадь теплорассеивающей поверхности, тем самым понижая температуру самого теплоизлучающего элемента.

Выбор того или иного вида радиатора и его размеры достаточно просто и сравнительно точно определяются простыми расчетами с использованием либо соответствующих формул, либо графиков. Последний способ для радиолюбителей явно предпочтительнее, поэтому приведем ниже два типовых графика.

Первый из них (рис. 25) показывает влияние конструкции радиатора на температуру коллекторного перехода мощного транзистора при конвекционном и принудительном воздушном охлаждении, а второй (рис. 26) позволяет рассчитать размеры простого алюминиевого радиатора в виде плоской пластины толщиной 2...4 мм по допустимому (при заданной мощности рассеяния) превышению температуры корпуса транзистора или диода над температурой окружающего воздуха.

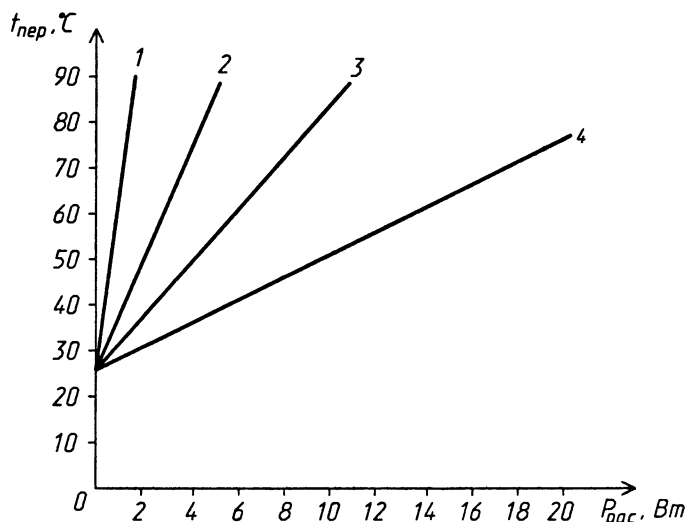


Рис. 25. График зависимости температуры коллекторного перехода транзистора от величины рассеиваемой мощности (при температуре окружающей среды в  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ ) для разных конструкций теплоотводящего радиатора:

1 — без теплоотвода при естественной конвекции; 2 — радиатор в виде пластины размером  $6 \times 6$  см при естественной конвекции; 3 — штыревой (игольчатый) радиатор размером  $6 \times 6 \times 3,4$  см при естественной конвекции; 4 — тот же игольчатый радиатор с принудительным (вентиляторным) охлаждением при скорости воздушного потока 2 м/с

Обрати особое внимание на то, что на графике цифры от 10 до 70 показывают не абсолютное значение температуры, а величину ее превышения над окружающей температурой ( $\Delta t$ ), т. е. при температуре окружающего воздуха в  $20\text{ }^\circ\text{C}$  температура корпуса транзистора для первой (слева) прямой будет составлять не 10, а  $20 + 10 = 30\text{ }^\circ\text{C}$ , а для последней (справа)  $20 + 70 = 90\text{ }^\circ\text{C}$ .

Пользоваться вторым графиком очень просто, что можно видеть из примера. Пусть транзистор рассеивает мощность в 10 Вт, температура окружающего воздуха равна  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , а предельная температура корпуса транзистора не должна превышать  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . В этом случае величина  $\Delta t$  составит  $60 - 20 = 40\text{ }^\circ\text{C}$ .

Из точки на горизонтальной оси, соответствующей мощности в 10 Вт, восстановим перпендикуляр до пересечения с линией графика для величины  $\Delta t = 40\text{ }^\circ\text{C}$ .

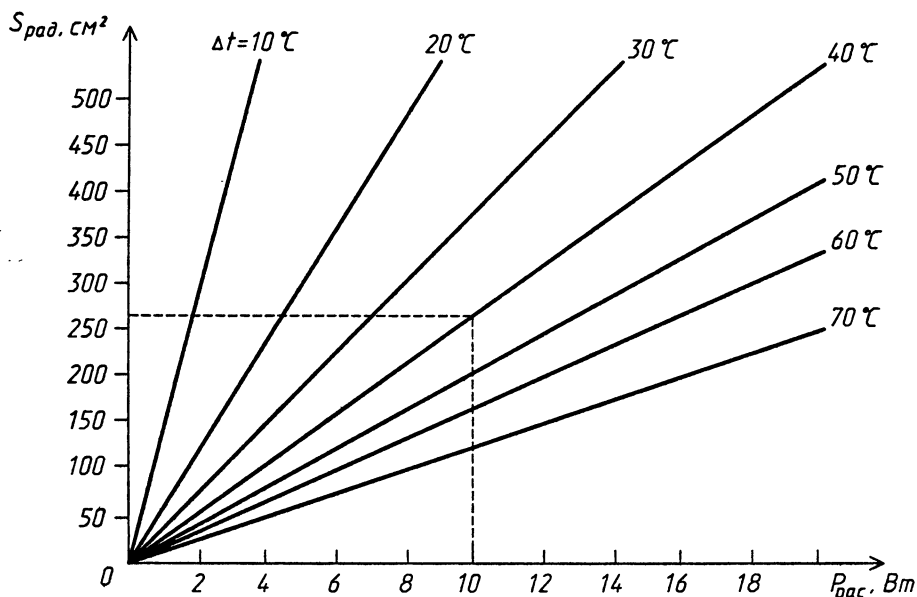


Рис. 26. График зависимости площади излучения плоского радиатора от величины рассеиваемой транзистором мощности для разных значений допустимого превышения температуры коллекторного перехода транзистора над температурой окружающего воздуха

Точке пересечения соответствует площадь поверхности излучения в  $260 \text{ см}^2$ . Но надо помнить, что у плоской пластины две поверхности излучения, поэтому площадь пластины можно уменьшить вдвое, т. е. ее размеры (при квадратном формате) будут составлять приблизительно  $11,5 \times 11,5 \text{ см}$ .

Чтобы еще вдвое уменьшить занимаемое этой пластиной место, ее вполне можно согнуть в виде буквы П, закрепив транзистор на одной из сторон, как это показано на рис. 27.

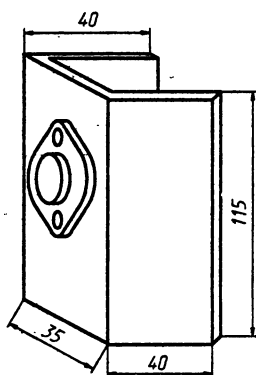


Рис. 27. Конструкция плоского пластинчатого радиатора, изогнутого в виде П-образной скобы для экономии места

В большинстве промышленных конструкций приемников и особенно мощных автономных УЗЧ мощные транзисторы оконечных каскадов вместе с радиаторами выносят из внутреннего пространства аппарата, размещая их на задней стенке шасси с **внешней стороны**.

Этим достигаются сразу два положительных эффекта. Во-первых, выделяемое ими тепло не попадает внутрь аппарата, существенно уменьшая нагрев воздуха внутри него. Во-вторых, вне футляра намного улучшаются условия конвекционного охлаждения самих радиаторов, что приводит к снижению температуры транзисторов.

Более того, в ряде случаев такой способ размещения радиаторов непосредственно на металлической стенке шасси позволяет использовать саму стенку шасси в качестве дополнительной теплорассеивающей поверхности, еще более снижая температуру транзисторов.

# Вопросы техники безопасности

В данном случае под техникой безопасности надо понимать не меры, которые *обязан предпринимать пользователь аппаратурой*, чтобы избежать случайного поражения током или теплового ожога, а меры, которые **обязан предпринять конструктор аппарата, закладывая в конструкцию такие решения, которые бы заведомо исключали возможность такого поражения или ожога.**

В промышленной аппаратуре такие меры стандартизованы и оговорены специальными документами, в первую очередь соответствующими ГОСТами. Меры эти достаточно ограниченные из-за соображений экономического порядка и в ряде случаев довольствуются предупредительными надписями на задней съемной стенке аппарата, запрещающими любые работы с аппаратом при снятой задней стенке. Чаще всего эти грозные надписи дублируются таким расположением сетевого разъема, который исключает возможность подключения аппарата к питающей сети при снятой задней стенке.

Впрочем, абсолютное большинство рядовых пользователей аппаратурой обычно и не пытается самостоятельно вскрывать неработающий аппарат, доверяя ремонт специалистам радиомастерских и сервисных центров.

Совсем иначе обстоит дело с радиолюбителями. Вот они то как раз чаще всего осуществляют самые различные работы со своими радиоаппаратами не только при снятой задней стенке, но и с аппаратом, извлеченным из футляра и находящимся под напряжением. И в этой ситуации опасность поражения электрическим током или теплового ожога многократно возрастает.

*Создавая свою очередную собственную конструкцию, радиолюбитель обязан предусмотреть все возможное, чтобы в его новом приемнике, магнитофоне или телевизоре вообще не было таких открытых участков схемы, случайное прикосновение к которым может оказаться опасным.*

Дело это, кстати говоря, совсем не сложное, если только отнестись к этой проблеме серьезно и не игнорировать некоторые, кажущиеся на первый взгляд несущественными, советы.

Вначале попытаемся определить, что вообще следует считать потенциально опасным в любой радиоаппаратуре. На первом месте, безусловно, будет напряжение силовой электросети. Независимо от величины ее напряжения (110, 127 или 220 В) прямой контакт с двумя токонесущими проводами почти всегда смертелен. К такому же результату приводит и одновременное касание **одного провода сети** и любого металлического предмета, имеющего прямую связь с так называемой землей. К числу последних относятся все без исключения трубы городских коммуникаций — водопровода, центрального отопления, газовой сети. Как правило, заземленной бывает экранирующая оплетка кабеля коллективной телевизионной антенны.

Во многих случаях в технической литературе настоятельно рекомендуют специально заземлять металлическое шасси аппарата, а в промышленных приемниках с этой целью на задней стенке шасси предусматривается специальное гнездо для подключения провода заземления.



С другой стороны, во всех без исключения радиоаппаратах обязательно предусматриваются по меньшей мере два плавких предохранителя, включаемых в разрыв обоих проводов питающей сети и находящихся таким образом под полным напряжением сети.

*Если шасси приемника заземлено, то **любая** его точка потенциально смертельно опасна по отношению к каждой открытой точке обоих сетевых предохранителей.*

Чтобы ликвидировать такую опасность на корню, при изготовлении аппарата всего-то и надо, что изготовить примитивную защитную крышку на блок предохранителей, материалом для которой может послужить внутренняя (вставная) часть обычного спичечного коробка. Устройство такого защитного колпачка понятно из рис. 28.

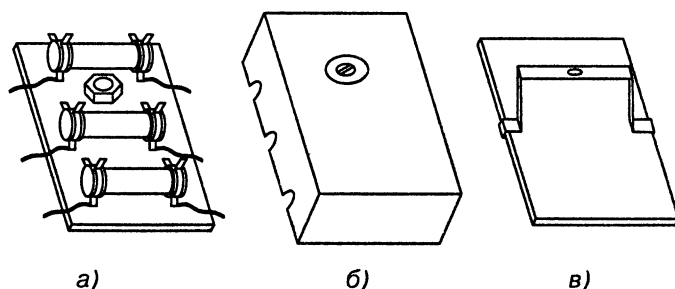


Рис. 28. Конструкция защиты сетевых предохранителей

В плате предохранителей (рис. 28,а) между двумя соседними предохранителями нужно просверлить отверстие диаметром 3,5 мм и точно по его центру приклеить клеем АК-20, «Момент» или «Уникум» гайку с 3-миллиметровой резьбой. В защитной крышке над этим местом надо просверлить отверстие для крепежного винта с резьбой 3 мм (рис. 28,б).

Можно поступить и иначе. Из тонкой жести (от консервной банки) вырежь узкую полоску, как на рис. 28,в, в ее центре проколи шилом или пробей тонким гвоздиком отверстие под самонарезной шуруп. Крепить скобу на планке можно, загнув ее выступающие «крылышки» на обратную сторону платы предохранителей, либо такими же шурупами-саморезами.

Другим открытым источником сетевого напряжения являются контакты сетевого выключателя, расположенные, как правило, на одном из переменных резисторов (обычно на регуляторе громкости или яркости).

Защититься от случайного прикосновения к ним можно простейшим способом, понятным из рис. 29. Для этого на провода, идущие к клеммам выключателя, заранее, до припайки, нужно надеть отрезки изоляционной (хлорвиниловой или резиновой) трубки соответствующего диаметра, а после припайки проводов натянуть трубку на контакт таким образом, чтобы к нему оказалось невозможно прикоснуться.

Помимо источников сетевого переменного напряжения в ряде аппаратов, особенно использующих радиолампы (некоторые измерительные приборы, современные УЗЧ, многие телевизоры), имеются источники достаточно высокого постоянного напряжения порядка 150...350 В, также представляющие реальную опасность поражения током.

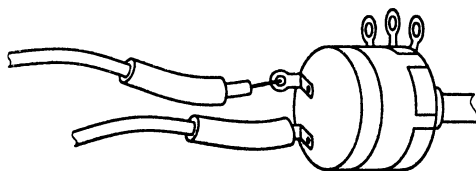


Рис. 29. Защита выводов сетевого выключателя

Поскольку это постоянное напряжение получают путем выпрямления того же сетевого переменного напряжения, возникает потребность фильтрации выпрямленного напряжения, для чего используются электролитические конденсаторы большой емкости, хранящие запас электроэнергии, достаточный для смертельного поражения человека. Как правило, положительный полюс выпрямителя бывает соединен с так называемым плюсовым выводом конденсатора, а его минусовой вывод обычно напрямую соединен с алюминиевым корпусом, который намертво привинчивается к металлическому шасси (рис. 30).

Таким образом, **случайное одновременное касание двумя руками к любой точке шасси и плюсовому выводу конденсатора может оказаться смертельным.**

Поскольку ни один радиолюбитель не застрахован от такого случайного касания, лучше исключить такую возможность, для чего не требуется никаких усилий. Достаточно из куска хлорвиниловой трубки подходящего диаметра отрезать столбик высотой в 20...25 мм, сделать в нем узкую прорезь до половины высоты для выпуска монтажного провода и плотно насадить этот колпачок на резьбовую часть плюсового вывода конденсатора. Такая простейшая защита полностью гарантирует от возможных серьезных неприятностей. Устройство колпачка ясно из того же рисунка.

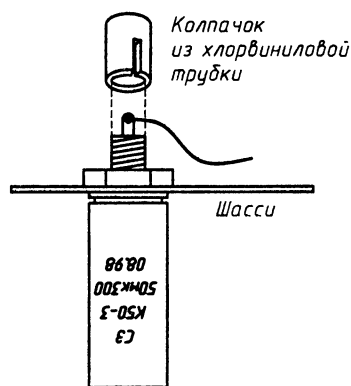


Рис. 30. Защита плюсового вывода электролитического конденсатора

Что касается другого вида опасности — ожогов от случайного прикосновения к деталям, температура которых превышает 80 °С, здесь прежде всего следует знать, что это за детали. В основном их три вида: это *баллоны мощных радиоламп, корпуса мощных транзисторов и поверхность проволочных остеклованных резисторов* мощностью от 5 Вт и выше.

С радиолампами сегодняшние радиолюбители скорее всего будут сталкиваться в крайне редких случаях, а вот два других потенциальных источника термических ожогов будут встречаться очень часто.

Во всех таких случаях **единственный способ защиты — это механическое ограждение горячих элементов.** Однако именно в этом и заключается главная проблема, поскольку для интенсивного охлаждения самих этих деталей любые экраны являются помехой.

Решить эту проблему можно одним единственным способом: ограждать такие детали экранами из крупноячеистой металлической сетки.

Если речь идет о радиолампе, то вокруг нее надо установить стакан из проволочной сетки, диаметр которого должен быть в 1,5 раза больше диаметра лампы, а его высота — превышать высоту лампы на 1,5...2 см.

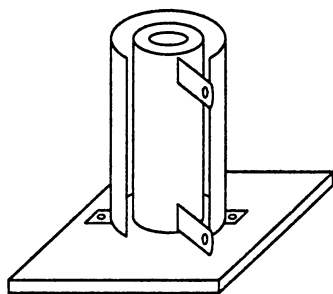


Рис. 31. Противоожоговая защита от мощного проволочного резистора

Корпус мощного транзистора, установленного, как правило, на теплоотводящем радиаторе, можно защитить куполообразным колпачком из такой же металлической сетки, закрепив этот колпачок на корпусе радиатора любым способом.

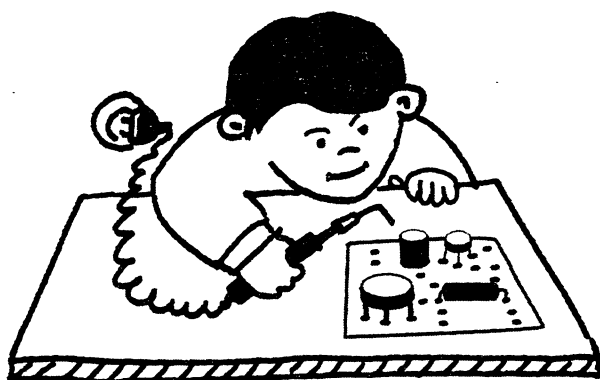
Значительно сложнее оградить проволочный резистор, но если он установлен на шасси, можно поступить так же, как в случае с радиолампой (рис. 31).

Вот на этом, пожалуй, можно и закончить первую часть книги, которую мы условно назвали **теоретической**, хотя на самом деле все, о чем мы говорили, прежде всего нужно именно для практической деятельности радиолюбителя.

Что же касается второй части, названной **практической**, то в ней мы будем вместе создавать реальные любительские конструкции, предназначенные «для дома, для семьи», а также для удовлетворения личных потребностей. Но это будет чуть позже, а сейчас самое время устроить маленькие каникулы, чтобы перед началом практической деятельности еще раз внимательно пройти по материалам первой части и сделать для себя, как настоящего конструктора, определенные выводы.

Часть вторая

# ПРАКТИКУМ



\*\*\*

Приступая к заключительной части необходимо сделать некоторые пояснения, касающиеся содержания и построения этого раздела. В первых двух книгах\* и теоретической части третьей книги, мы постепенно, шаг за шагом, осваивали новый огромный мир, имя которому — **радиотехника**.

С самых азов, с простейших понятий и представлений мы медленно, но верно продвигались в глубь этой области, обрастая багажом как чисто теоретических знаний, так и практического опыта, совершенно необходимых для самостоятельной творческой деятельности.

И вот теперь наступил такой момент, когда ты уже вполне самостоятельно можешь этой творческой деятельностью заняться. Ну, скажем, не совсем самостоятельно, а под присмотром автора.

Мы займемся самостоятельным изготовлением нескольких очень разных радиолубительских конструкций различного назначения, разной степени сложности, на различной элементной базе с тем, чтобы по возможности охватить наиболее широкий круг тем. Я имею в виду, что охватить все темы абсолютно нереально по двум главным причинам: во-первых, из-за ограниченного объема издания, а во-вторых, из-за того, что приобретенный тобой опыт на сегодня явно недостаточен для самостоятельного конструирования, изготовления и полноценного налаживания таких сложных изделий, как цветной телевизор, видеоманитфон или радиоуправляемый многофункциональный робот. Поэтому на данном этапе мы будем делать то, что нам по плечу.

А поскольку по плечу нам уже многое, при отборе конструкций для выпускного экзамена автор исходил из двух основных принципов:

1. Все изготовленные аппараты должны быть предназначены *для дома, для семьи*, т. е. иметь чисто практическое, хозяйственное назначение.

2. В этих конструкциях должны быть охвачены все (или большинство) представители **элементной базы** — дискретные полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды, включая светодиоды), интегральные микросхемы, электровакуумные приборы (радиолампы).

Конструкции эти очень разные как по назначению, так и по степени сложности, поэтому ты сам должен решить, в какой последовательности их осваивать. Я в этот процесс вмешиваться не стану, могу лишь посоветовать пройти это путь постепенно, от более простого к более сложному.

Одно могу обещать твердо: при описании каждой конструкции я буду самым подробнейшим образом объяснять принцип действия как всей конструкции, так и каждого ее функционального узла, чтобы твоя работа не превратилась в слепое копирование, а была осознанной. Вот на этом и закончим нравоучительную часть и займемся, наконец, настоящим делом.

\*\*\*

---

\* Гендин Г. С. Азбука радиолубителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003; Гендин Г. С. Школа радиолубителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003

# Система охранной сигнализации (SOS!)

Система предназначена для защиты от несанкционированного вторжения или, попросту говоря, от попытки проникновения в жилище, хозяйственную постройку или транспортное средство. Функциональная сущность системы заключается во включении звуковой тревожной сигнализации при злоумышленном открывании любого канала проникновения в охраняемый объект: входных дверей и окон жилища или хозяйственной постройки, дверей, крышки капота и багажника автомашины, калитки ограждения дачного участка и т. п.

Система разработана автором и обладает хотя и примитивными, но все же интеллектуальными свойствами: ее действие напрямую связано с поведением человека и адекватно характеру и последовательности манипуляций при ее включении и отключении.

Параметры системы выбирались таким образом, чтобы ее включение и отключение были удобными для хозяина и незаметны для посторонних лиц.

Система состоит из нескольких связанных между собой, но независимых функциональных узлов, решающих каждый свою конкретную задачу. Полная принципиальная схема системы приведена на рис. 32. На схеме каждый из функциональных узлов отделен пунктирной рамкой и помечен порядковым номером в кружочке.

Всего таких узлов 8, и работу каждого из них мы будем досконально изучать, разбирая по косточкам назначение каждой отдельной детали. А для начала просто перечислим назначение этих узлов.

**Узел 1.** Специальная схема временной задержки, позволяющая беспрепятственно покинуть охраняемый объект после включения системы тумблером, расположенным внутри охраняемого объекта, и спокойно отключить систему после открывания единственного предназначенного для этой цели входного канала (входной двери помещения, дверцы водителя автомобиля).

**Узел 2.** Блок из трех транзисторных ключей, выполняющих функции блокировочных реле, которые после срабатывания сигнализации делают систему невосприимчивой к любым попыткам нарушить датчики или соединительную проводку.

**Узел 3.** Блок управления системой, определяющий характер работы сигнализации в зависимости от вида внешнего воздействия и одновременно определяющий длительность подачи звукового сигнала при разных состояниях датчиков после факта их нарушения.

**Узел 4.** Выносной светодиодный пульт, расположенный снаружи охраняемого объекта и предупреждающий о включенном состоянии системы.

**Узел 5.** Секундный мультивибратор, обеспечивающий мигание светодиодов и плавное «качание» частоты исполнительный сирены.

**Узел 6.** Звуковой генератор «качающейся» частоты, имитирующий звуки типовой сирены.

**Узел 7.** Трехкаскадный транзисторный УЗЧ с трансформаторным выходом.

**Узел 8.** Громкоговоритель, размещаемый в защищенном от разрушения кожухе **снаружи** охраняемого объекта и предназначенный для привлечения внимания окружающих звуками сирены.

Мне кажется, что будет целесообразно начать рассмотрение полной схемы не по порядку нумерации функциональных узлов, а с тех узлов, с которыми ты уже хорошо знаком и которые поэтому не потребуют специальных разъяснений.

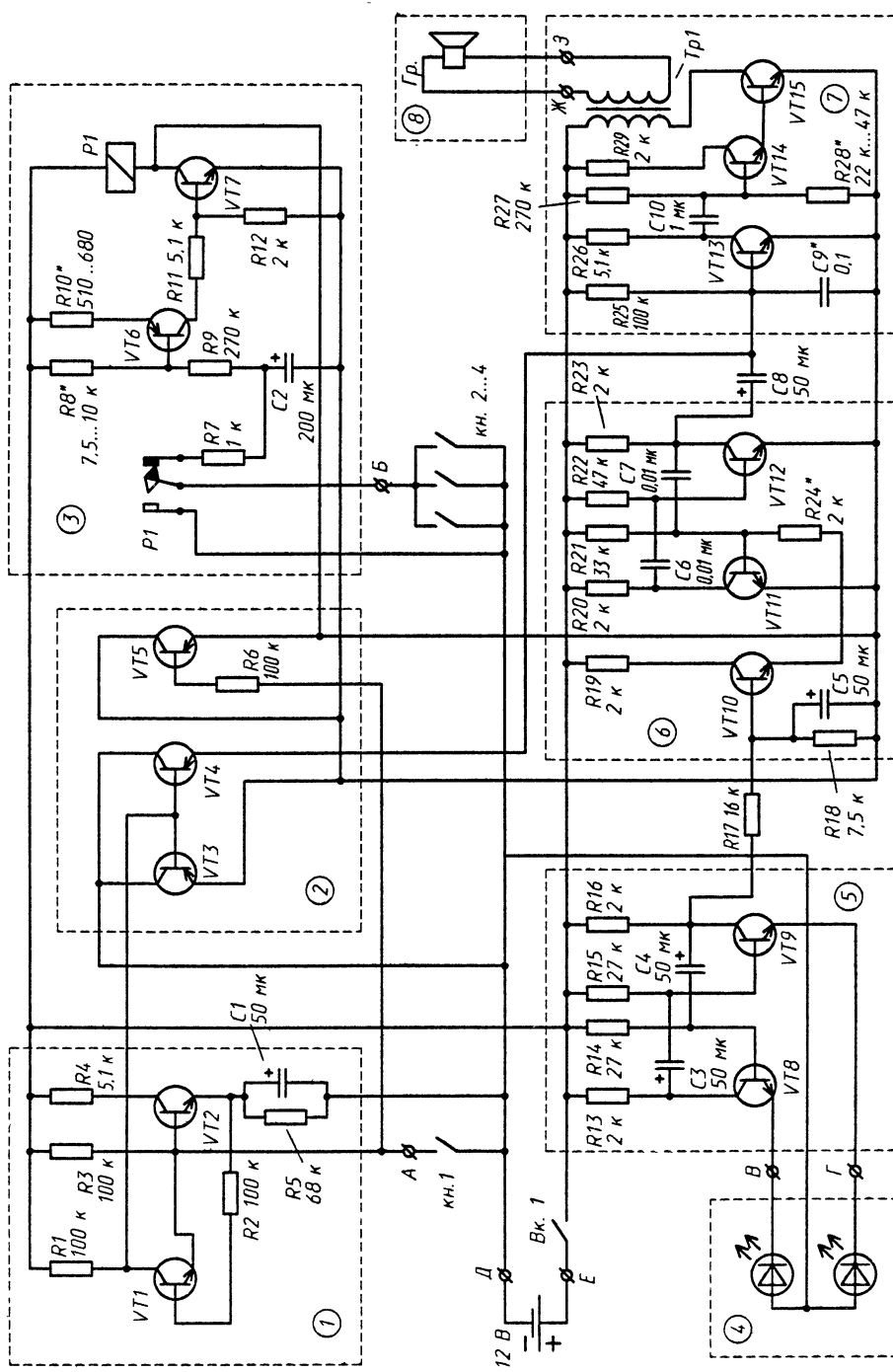


Рис. 32. Принципиальная схема системы охранной сигнализации

Узел 5-й представляет собой классический симметричный мультивибратор Абрагама-Блоха, с работой которого мы очень подробно знакомимся во второй книге. Параметры времязадающих цепочек выбраны такими, чтобы период генерируемых импульсов был близок к 1 с. В силу полной симметрии схема генерирует *меандр*. Помнишь такое слово? Нет? Тогда полистай снова вторую книгу «Школа радиолюбителя».

Единственной новостью в этой схеме для тебя является включение в разрыв эмиттеров транзисторов светодиодов. Кстати говоря, на работе самого мультивибратора такое включение никак не сказывается, поскольку при протекании прямого тока внутреннее сопротивление открытых диодов крайне мало, а при запертых транзисторах ток через транзистор не протекает как при отсутствии, так и при наличии светодиодов.

Общие минусовые выводы светодиодов напрямую соединены с минусом источника питания, а плюс питания подается на схему мультивибратора сразу же при включении системы потайным тумблером, поэтому светодиоды начинают попеременно мигать также сразу после включения сигнализации.

Выносной дисплей с двумя светодиодами закрепляется в любом месте снаружи охраняемого объекта (или с внутренней стороны на лобовом и заднем стеклах автомобиля) и соединяется с основной платой прибора трехпроводным кабелем. Эту проводку нужно делать скрытой, а дисплей с диодами защитить от возможности разрушения, поскольку в случае обрыва цепи перестает работать мультивибратор.

Надо сказать, что этот недостаток в части надежности порожден исключительно соображениями экономичности. В авторском экземпляре устройства применен не один, а два совершенно одинаковых мультивибратора, один из которых работает на светодиоды, а второй управляет работой генератора сирены. В этом случае разрушение дисплея со светодиодами никак не сказывается на работе остальной части системы.

Возможен и третий, еще лучший вариант, при котором оба эмиттера транзисторов мультивибратора заземляются непосредственно на основной печатной плате, а в выносном дисплее устанавливаются один или два так называемые самомигающие светодиоды, для работы которых вообще не нужен мультивибратор. Эти светодиоды подключаются через ограничительные резисторы непосредственно к двум полюсам источника питания (после потайного выключателя) и начинают мигать сразу после включения системы. Так что за тобой остается право выбора того или иного варианта.

Блок № 7 — это самый обычный УЗЧ, первый каскад которого на транзисторе *VT13* представляет собой простейший резистивный усилитель по схеме с общим эмиттером, работу которого мы досконально изучили во второй книге.

Оконечный каскад собран также по схеме с общим эмиттером и с трансформаторным выходом на транзисторе *n-p-n* типов КТ815, КТ817 или КТ961. К корпусу этого транзистора привинчена прямоугольная алюминиевая пластинка размером 10×20 мм и толщиной 2 мм, выполняющая роль теплоотводящего радиатора.

В отличие от секундного мультивибратора минусовая цепь усилителя, равно как и минусовые цепи других блоков, с минусом источника питания непосредственно не соединена, а подключается к нему через один из транзисторных ключей блока № 2 только при тревожном срабатывании сигнализации.

Нагрузкой усилителя служит громкоговоритель *Гр*, размещенный также как и светодиоды дисплея в неразрушаемом защитном кожухе снаружи охраняемого помещения с обеспечением защиты от пыли, грязи и влаги. При срабатывании сигнализации громкоговоритель воспроизводит звуковой сигнал сирены, привлекая внимание окружающих.



Теперь самое время более подробно разобраться с работой генератора сигнала «сирена» (блок № 6). Основой генератора является также мультивибратор Абрагама-Блоха, собранный на транзисторах *VT11* и *VT12*. Малые величины номиналов емкостей *C6* и *C7* обеспечивают работу мультивибратора на звуковой частоте. Изменяя их величины в процессе регулировки схемы, можно легко сдвигать спектр звучания сирены как в сторону понижения, так и в сторону повышения.

Сформированный сигнал сирены через конденсатор *C8* подается на вход УЗЧ. «Качание» частоты сигнала мультивибратора обеспечивается каскадом на транзисторе *VT10*, работу которого мы рассмотрим во всех подробностях. По существу, это самый обычный усилительный каскад по схеме с общим эмиттером. Резистор *R19* в цепи коллектора является нагрузкой каскада, а базовый делитель состоит из последовательно включенных резисторов *R16*, *R17* и *R18*. При этом резистор *R16* одновременно является и нагрузкой одного из транзисторов секундного мультивибратора.

Нетрудно сообразить, что при отсутствии конденсатора *C5* и в процессе работы секундного мультивибратора напряжение на базе транзистора *VT10* скачкообразно менялось бы от почти полного нуля (при открытом транзисторе *VT9*) до некоторого положительного значения, определяемого отношением величин резисторов делителя (при запертом транзисторе *VT9*). При этом также скачкообразно изменялся бы и ток через транзистор *VT10*, а следовательно, и внутреннее сопротивление транзистора.

Подключение к базе транзистора *VT10* электролитического конденсатора достаточно большой емкости в корне меняет картину событий. При неработающем секундном мультивибраторе конденсатор заряжается от источника питания через резисторы базового делителя до некоторой постоянной величины, которой соответствует какое-то исходное значение внутреннего сопротивления транзистора. При опрокидывании секундного мультивибратора, когда напряжение на коллекторе транзистора *VT9* стало равно нулю, напряжение на базе транзистора *VT10* уже не может мгновенно упасть до нуля из-за наличия заряженного конденсатора *C5*.

Однако за время секундной паузы этот конденсатор будет разряжаться через параллельный резистор *R18*, что будет сопровождаться уменьшением напряжения на базе и соответствующим увеличением внутреннего сопротивления транзистора.

При очередном опрокидывании мультивибратора на базовом делителе вновь появится полное напряжение источника питания, однако это не приведет к скачкообразному увеличению положительного напряжения на базе транзистора *VT10* из-за инерционности процесса заряда конденсатора. Это напряжение будет возрастать плавно в течение очередной секунды цикла мультивибратора, и так же плавно будет уменьшаться внутреннее сопротивление транзистора *VT10*.

В итоге в процессе работы секундного мультивибратора с такой же частотой будет в некоторых пределах **плавно** меняться величина внутреннего сопротивления транзистора *VT10*, то убывая, то возрастая.

А теперь взглянем на рис. 33. На нем очень наглядно видно, что весь каскад транзистора *VT10* включен параллельно базовому резистору транзистора *VT11*. А мы знаем, что два параллельно соединенных резистора можно рассматривать как один новый резистор, сопротивление которого легко вычисляется по хорошо знакомой тебе формуле.

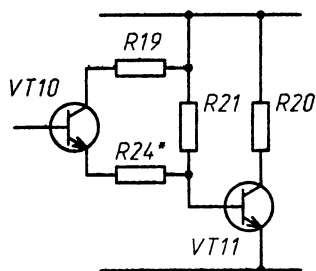


Рис. 33. Принцип регулирования величины сопротивления транзистором

Но вся изюминка схемы сирены состоит в том, что величина одного из этих двух параллельных резисторов не остается постоянной, а меняется в некоторых пределах при работе секундного мультивибратора из-за постоянного плавного изменения внутреннего сопротивления транзистора *VT10*. Поэтому и величина общего базового сопротивления транзистора *VT11* плавно «качается» относительно некоторого среднего значения с частотой генерации секундного мультивибратора. А поскольку величина базового резистора в мультивибраторе звукового генератора (в блоке № 6) определяет частоту его собственных колебаний, то и частота эта не остается неизменной, а плавно «качается», создавая звук, характерный для любой сирены. Кстати говоря, звук сирены элементарно просто превратить в звук типа «и-а, и-а, и-а». Для этого достаточно просто исключить из схемы конденсатор *C5*.

Следующий у нас на очереди блок № 3. Для того чтобы проще было разобраться с его работой, упростим слегка его схему до изображенной на рис. 34. Здесь все те же элементы, что и на полной схеме, и нумерация их сохранена, исключены только транзисторные ключи блока № 2, роль и влияние которых мы пока что оставим в стороне.

Легко заметить, что в исходном (дежурном) состоянии схема практически полностью обесточена по минусовой цепи источника питания.

Кнопка *Kn.* представляет собой один из параллельно соединенных датчиков на всех окнах и второстепенных дверях помещения. При закрытом состоянии окон контакты кнопки разомкнуты, а при открывании любого из них контакты замыкаются, подключая схему к источнику питания.

Реле *P1* в исходном (дежурном) состоянии обесточено, а его контакты находятся в положении, изображенном на рис. 34. Нетрудно сообразить, что в этом состоянии схемы конденсатор *C2* полностью разряжен через резистор *R7* и нормально замкнутую пару контактов реле.

Откроем теперь одно из охраняемых окон. Контакты датчика *Kn.* при этом замкнутся, минус источника питания через нормально замкнутые контакты реле и последовательно соединенные резисторы *R7* и *R9* попадет на базу транзистора *VT6* проводимости **p-n-p**, что приведет к его открыванию и открыванию связанного с ним гальванически транзистора *VT7*.

Реле *P1* сработает и заблокирует контакты оконного датчика, так что если теперь даже и закрыть окно, система будет продолжать работать. Однако теперь состояние схемы существенно изменилось. При перекидывании контакта реле нарушилась цепь подачи смещения на базу транзистора *VT6* и казалось бы, что транзистор должен запереться. Однако это не произойдет, поскольку база транзистора продолжает оставаться подключенной к минусу источника питания через конденсатор *C2*. Он ведь у нас к этому моменту полностью разряжен, а потому представляет собой для постоянного тока чистое короткое замыкание. Поэтому реле продолжает оставаться в сработавшем состоянии, несмотря на размыкание оконного датчика.

Но поскольку через конденсатор теперь протекает постоянный ток, он начинает постепенно заряжаться, а это, как мы знаем, приводит к постепенному возрастанию его сопротивления, которое, складываясь с сопротивлением резистора *R9*,

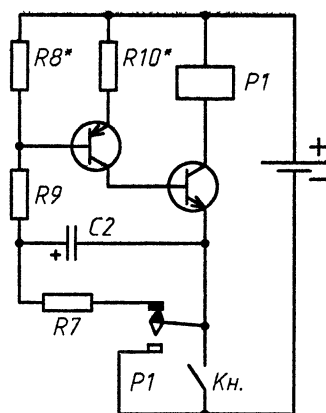


Рис. 34. Упрощенная схема блока № 3, поясняющая принцип ее работы

уменьшает коллекторный ток обоих связанных транзисторов. В конце концов этот ток уменьшается до значения, при котором происходит отпускание реле, его контакты перекидываются в противоположное положение, и вся система возвращается в исходное состояние.

Время, в течение которого схема удерживает сама себя после кратковременного нарушения любого из оконных датчиков, определяется постоянной времени зарядной цепочки  $C2R9$  и может колебаться в достаточно широких пределах. При выбранных автором номиналах в 200 мкФ и 270 кОм это время составляет около полутора минут, что вполне достаточно, чтобы отпугнуть злоумышленника, поскольку в момент открывания окна или второстепенной двери система срабатывает мгновенно и также сразу начинает звучать сирена.

Изменять время работы системы лучше всего подбором величины резистора  $R8$ , помеченного на схеме звездочкой. Если же система не отключается по истечении более трех минут, надо немного увеличить номинал резистора  $R10$ .

Весьма существенно, что если окно открыли и тут же закрыли, сирена продолжает звучать полторы минуты, после чего замолкает, а система автоматически возвращается в дежурный режим без вмешательства хозяина и при повторной попытке вскрытия снова срабатывает по тому же сценарию.

Если же окно или дверь после вскрытия оставили открытыми, отключения sireны не происходит до тех пор, пока не будет выключен потайной тумблер внутри охраняемого объекта.

Полная схема блока отличается от приведенной на рис. 34 тем, что вся ее минусовая цепь соединена с эмиттером ключевого транзистора  $VT3$ , а минусовой вывод обмотки реле соединен с эмиттером другого ключевого транзистора —  $VT5$ . Зачем и для чего это сделано — мы выясним чуть позже.

Остался у нас не изученным самый первый по порядку блок № 1. Это потому, что физика его работы наиболее сложна для понимания. Но мы все же попытаемся раскусить и этот орешек. Для начала попробуем угадать назначение тех деталей, смысл включения которых нам вроде бы понятен. Резисторы  $R1$  и  $R4$  скорее всего являются сопротивлениями нагрузки, хотя сразу же настораживает слишком большая разница их величин.

Резистор  $R5$  можно было бы посчитать резистором автоматического смещения, но такие резисторы не могут быть в десять с лишним раз больше сопротивления нагрузки.

Попробуем проследить, что происходит внутри схемы в реальной ситуации. Напомним только, что кнопка  $Kn1$  — это датчик основной входной двери, через которую хозяин будет входить и выходить из комнаты, квартиры, сарая или автомобиля.

В изображенной на схеме ситуации входная дверь закрыта и контакты ее датчика разомкнуты. Включим источник питания тумблером  $Bk1$ . Плюс источника оказывается подключен сразу ко всем без исключения участкам схемы, а минус — только к секундному мультивибратору, который с этого момента будет работать все время, независимо от изменения состояний системы. Однако на этом этапе его работа будет отражаться лишь на мигании светодиодов, поскольку минусовые цепи всех остальных узлов схемы от минуса источника оторваны.

Помимо этого события начнется протекание тока по цепи плюс источника — резистор  $R4$  — транзистор  $VT2$  — конденсатор  $C1$  — минус источника. Почему потечет ток? Потому что к базе транзистора ***n-p-n*** через резистор  $R3$  от плюса источника окажется приложен положительный потенциал, открывающий транзистор. Одновременно этот же самый положительный потенциал, подведенный через резистор  $R6$  к базе транзистора  $VT5$  с проводимостью ***p-n-p***, напротив, надежно запрет транзистор и сделает этот ключ непроводящим, т. е. разомкнутым.

Транзистор *VT1* при этом будет оставаться обесточенным, поскольку его эмиттер оторван от минуса источника, а потенциал на его базе будет отрицательным относительно собственного эмиттера. Но при отсутствии тока через транзистор не будет и никакого падения напряжения на резисторе *R1*, следовательно, полный плюс источника окажется приложен к базам остальных двух ключевых транзисторов *VT3* и *VT4*, которые также окажутся надежно запертыми.

Но и после того, как конденсатор *C1* полностью зарядится (а это происходит за 2...3 с), в состоянии схемы ничего не изменится. Иными словами при всех закрытых дверях и окнах включение потайного тумблера просто приводит систему в состояние готовности и включает предупреждающие мигающие светодиоды.

Что произойдет далее, если будет нарушен один из датчиков мгновенного срабатывания (оконный датчик), мы подробно рассмотрели чуть раньше. А теперь давайте рассмотрим к чему приведет открывание главной входной двери.

При ее открывании замкнутся контакты датчика *Kn1*, что одновременно приведет к полному запираению транзистора *VT2* и, наоборот, к полному отпираению транзистора *VT1*. Напряжение на коллекторе транзистора *VT1* скачком упадет почти до нуля из-за падения напряжения на резисторе *R1* (теперь ты понимаешь, почему его величина выбрана такой большой?), такой же ноль окажется на базах ключевых транзисторов *VT3* и *VT4*, вследствие чего оба ключа откроются. Открывание первого из них приведет к подаче минуса источника на все остальные узлы схемы, а открывание второго одновременно замкнет накоротко на минус вход *УЗЧ*. За компанию с двумя первыми откроется и третий ключ на транзисторе *VT5*, поскольку теперь на его базе также окажется полный минус источника (через замкнутые контакты датчика *Kn1*). Следствием этого станет срабатывание реле и блокировка его контактами всей группы оконных датчиков.

Но несмотря на то, что теперь заработали и сирена, и *УЗЧ*, звука в динамике не будет, потому что вход *УЗЧ* замкнут ключом *VT4*.

Ну и что же будет дальше? А дальше будет вот что: поскольку при открытой входной двери ток через транзистор *VT2* не протекает, оказывается разорванной цепь подзарядки конденсатора *C1*, вследствие чего ему не остается ничего иного, как начать медленно разряжаться через резистор *R5*. Но по мере его разряда будет уменьшаться и напряжение на его выводах. А так как от величины этого напряжения зависит величина тока через транзистор *VT1*, то к моменту полного разряда конденсатора ток через транзистор прекратится, напряжение на его коллекторе снова станет положительным, что приведет к запираению транзисторных ключей. Ключ *VT4* разомкнет вход *УЗЧ* и звук сирены появится в динамике.

Таким образом система временной задержки дает возможность хозяину открыв входную дверь войти в помещение и отключить главный секретный тумблер. Для этого в его распоряжении будет 5...10 с. Время задержки определяется постоянной времени цепочки *R5C1* и устанавливается в процессе регулировки системы.

Те же секунды будут и в распоряжении взломщика, но в отличие от хозяина взломщик не знает, где находится секретный тумблер и что именно произойдет по истечении этих пяти или восьми секунд.

Если же после открывания входной двери закрыть ее, не выключив потайного тумблера, задержка аннулируется и звук возникает сразу в момент закрывания двери. А почему это происходит — предоставляю тебе возможность разобраться в этом самостоятельно.

Но тогда возникает законный вопрос: а как же самому хозяину покинуть помещение, включив сигнализацию? Ведь потайной тумблер находится внутри помещения, а после его включения открывание входной двери приводит к срабатыванию системы!

Но ведь я не зря сказал в самом начале, что система эта хотя и не очень, но все же в какой-то мере интеллектуальная, поэтому и такую ситуацию она предусмотрела.

Немного изменим последовательность действий хозяина. Пусть он **сначала** слегка приоткроет входную дверь, чтобы замкнулись контакты датчика, а уже **потом** включит потайной тумблер.

Так как к моменту появления плюса источника база транзистора **VT2** уже заземлена, транзистор оказывается заперт, конденсатор **C1** не заряжается, напряжение на нем равно нулю, транзистор **VT1** также заперт, поскольку и его база заземлена через последовательно соединенные резисторы **R2** и **R5**, а следовательно, и напряжение на его коллекторе равно полному плюсу источника, все три ключа разомкнуты и срабатывания системы не происходит.

Нетрудно увидеть, что в таком состоянии система может находиться сколько угодно времени. Но стоит после этого закрыть входную дверь **снаружи**, как система автоматически и вполне самостоятельно войдет в дежурный режим. И теперь повторное открывание входной двери приведет систему к мгновенному срабатыванию, но с задержкой появления звукового сигнала.

Теперь можно и подвести окончательные итоги или, как принято говорить у ученых мужей, **сформулировать резюме**.



*Для того чтобы включить охранную систему и покинуть охраняемый объект, его хозяин должен убедиться, что все без исключения защищаемые окна и двери плотно закрыты и заперты, после этого **открыть или слегка приоткрыть входную дверь**, затем включить потайной тумблер, убедиться, что начали мигать сигнальные светодиоды, не спеша выйти из помещения и плотно закрыть за собой входную дверь.*

*Вернувшись, хозяин должен открыть входную дверь, **не закрывая ее** войти в помещение, выключить потайной тумблер и только после этого закрыть за собой дверь. На все это ему отводится 5...10 с в зависимости от установленного при регулировке системы времени задержки.*

\*\*\*

Ну а что касается практического воплощения, то я, конечно, приведу чертеж печатной платы и даже покажу на нем расположение всех деталей (рис. 35), но при этом посоветую сначала не обращать на него внимания и попытаться нарисовать эту плату самостоятельно, исходя из принципиальной схемы, как, кстати, пришлось это делать мне самому.

Какие детали использованы для данной конкретной системы? Реле в принципе может быть любого типа (желательно — малогабаритное) с одной группой на переключение, срабатывающее при напряжении в 10...11 В. В авторском варианте применено реле РЭС-49 с последними цифрами паспорта 0101 (или 424, 425), но с таким же успехом годятся, к примеру, реле РЭС-15 (окончание номера паспорта 004 и 006), реле РЭС-10 (303). А вообще-то будет лучше, если ты возьмешь любой справочник по коммутационным изделиям или в крайнем случае «Справочник радиолюбителя», найдешь в нем раздел «Электромагнитные реле» и сориентируешься самостоятельно.

Теперь о транзисторах. Три ключевых транзистора в блоке № 2 — с проводимостью **р-п-р**. Один из них (**VT3**), через который протекает общий суммарный ток всей схемы, должен этот ток обеспечивать по паспортным данным, т. е. быть более мощным, чем два других. На эту роль одинаково годятся КТ-814, КТ-639 с любыми буквенными индексами. Остальные два ключа вполне можно выполнить на самых распространенных маломощных транзисторах типа КТ-361 с буквами Б, Г или Е.

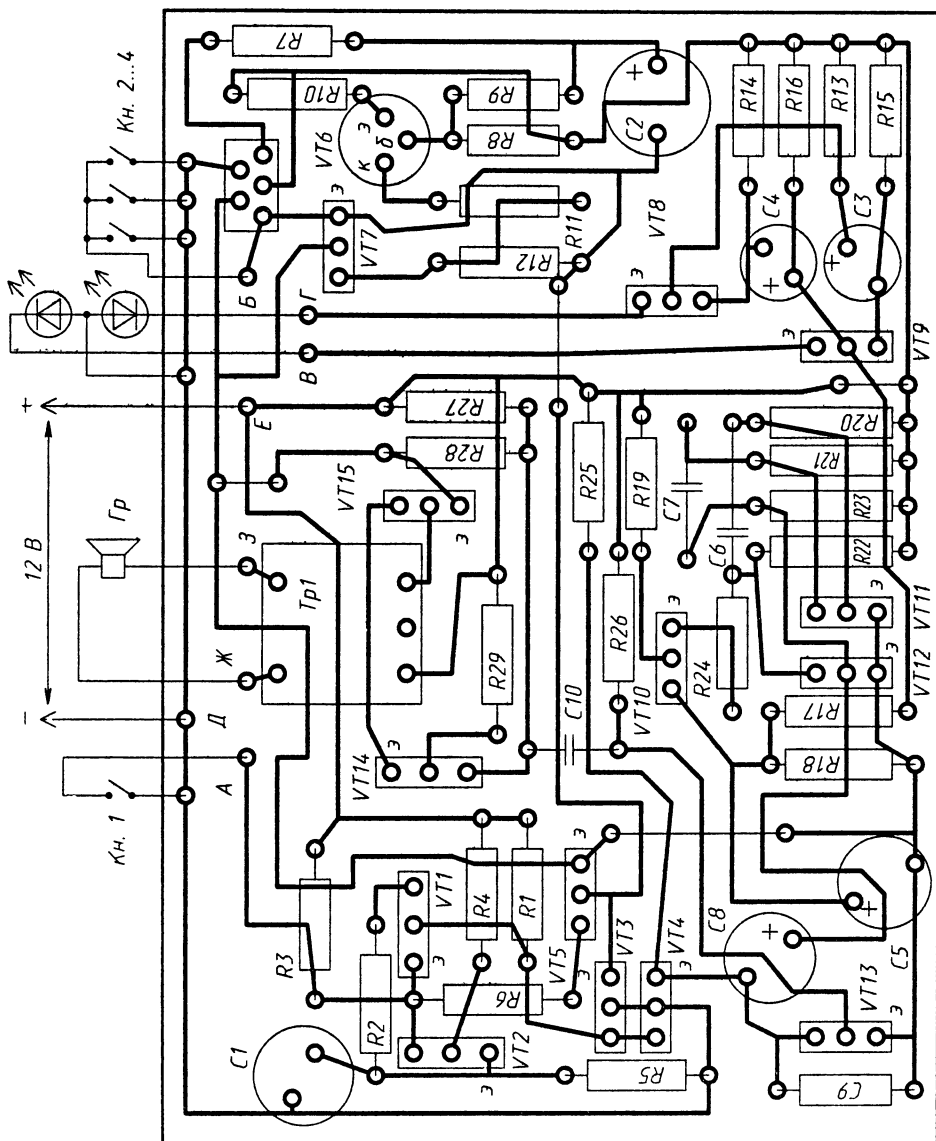


Рис. 35. Печатная плата системы с расположением деталей

Оконечный транзистор в УЗЧ (VT15) — с проводимостью *n-p-n* типов КТ-815, КТ-817 или КТ-961. Я уже напоминал, что к этому транзистору нужно будет привинтить небольшую теплоотводящую пластинку из алюминия или медную.

Транзистор VT6 выбран из устаревших типов — МП-21Д, поскольку именно с ним обеспечивается максимальная стабильность временных параметров при колебаниях температуры от  $-30$  до  $+50$  °С, что необходимо при эксплуатации системы на автомобиле. Если ты будешь использовать систему для охраны городской квартиры, вполне можешь применить транзистор более современный — здесь для тебя открывается возможность для самостоятельного экспериментирования.

Все остальные транзисторы (VT1, VT2, VT8-VT14) — типа КТ-315 с буквенными индексами Б, Г или Е.

Выходной трансформатор годится от любого карманного приемника. Я, к примеру, использовал трансформатор от приемника «Сокол-403».

Теперь настало время поговорить о датчиках. Лучше всего для этой цели подходят микропереключатели типов МП1-1, МП3-1, МП5, МП7, МП9, МП10, МП11, МП22-2. Все они конструктивно выполнены одинаково и различаются весьма незначительно размерами корпуса и электрическими параметрами. Для нашего случая эти параметры несущественны, поэтому можешь применять любой тип.

Конструкция датчика, порядок его сборки и установка на оконном переплете понятны из рис. 36. Сам микропереключатель крепится на полоске из пружинящей фосфористой бронзы шириной 10 мм длиной 100...150 мм и толщиной 0,6...0,8 мм.

Потайной выключатель — наипростейший по схеме однополюсный размыкатель, поэтому для этой цели можно использовать любой выключатель или тумблер по твоему усмотрению. Главное требование к нему — это незаметность размещения или возможность замаскировать его под какой-нибудь предмет хозяйственного назначения — крючок, вешалку, украшение. Вот уж здесь нет предела твоей творческой фантазии. Важно только, чтобы расположен этот выключатель был недалеко от входной двери, а процесс выключения не привлекал внимания посторонних — на это отводится всего несколько секунд!

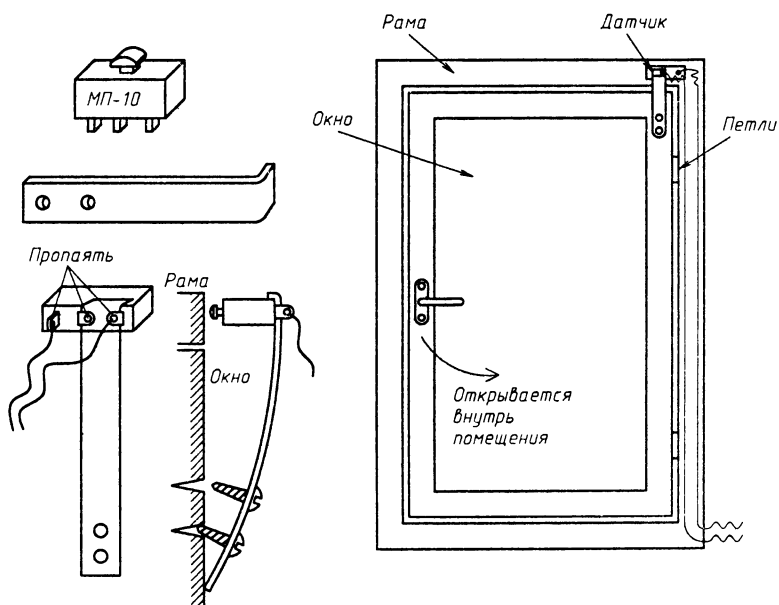


Рис. 36. Конструкция оконных датчиков и крепление их на раме

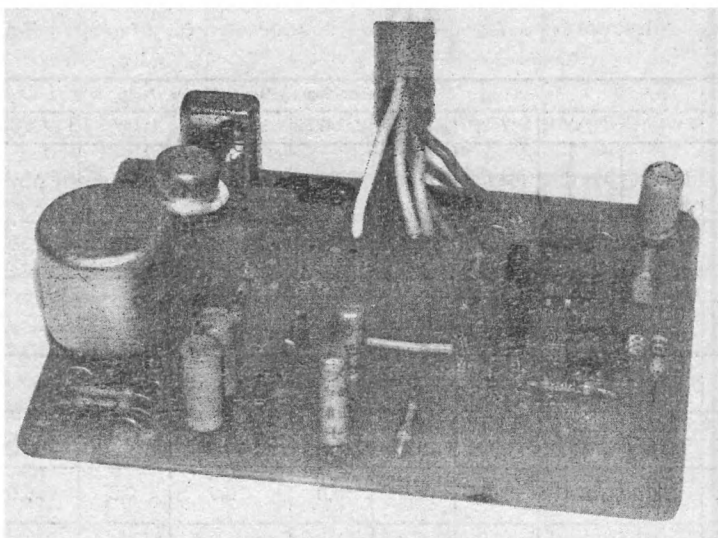


Рис. 37. Внешний вид  
готовой печатной платы системы

Напоследок привожу внешний вид одного из вариантов смонтированной печатной платы (рис. 37).

Вот на этом, пожалуй, мои подсказки исчерпываются. Все остальное — за тобой. Желаю успеха!

## УЗЧ на одной микросхеме

При всех достоинствах описанной системы охранной сигнализации один из ее параметров можно считать неудовлетворительным. Это касается выходной мощности усилителя, которая действительно не превышает 0,8...1,0 Вт. Дело, однако, в том, что описанный вариант предназначался для использования охраны жилого помещения в многоквартирном жилом доме, где на одной лестничной площадке помимо охраняемой квартиры расположены еще по меньшей мере три (или пять и даже семь) других квартир. В этом случае звука сирены при мощности в 1 Вт вполне достаточно, чтобы при расположении динамика на лестничной площадке его услышали соседи.

Но если охранная система будет использоваться в загородном поселке или для охраны хозблока на дачном (садовом) участке, этой выходной мощности окажется недостаточно. На этот случай я рекомендую изготовить отдельный низкочастотный усилитель универсального назначения, который ты сможешь использовать в целом ряде других ситуаций.

Речь идет о так называемом типовом УЗЧ на одной стандартной микросхеме. В свое время была разработана и выпускалась промышленностью целая линейка таких микросхем, различавшихся в основном величиной выходной мощности и предназначавшаяся для создания на их базе унифицированных УЗЧ в разнообразной промышленной БРА — радиоприемниках, магнитофонах, телевизорах, электрофонах. В табл. 1 представлены данные нескольких таких микросхем, выпускавшихся в массовых количествах, а потому наиболее доступных для приобретения и достаточно дешевых.



Таблица 1

Электрический параметр	Наименование микросхемы								
	K174УН4	K174УН5	K174УН7	K174УН8	K174УН9	K174УН11	K174УН14	K174УН15	K174УН19
Напряжение источника питания, В	9±10%	12±10%	15±10%	12±10%	18	+15...0...-15	15	15	+15...0...-15
Ток потребления, мА	10	30	20	15	20	100	10...80	40...120	65
Коэффициент усиления по напряжению	4...40	80...120	—	4...40	50...120	—	39,5...41	—	30
Входное сопротивление, кОм	10	10	50	10	100	95	—	50	20
Полоса пропускания, Гц	30...20000	30...20000	40...20000	30...20000	40...20000	20...20000	40...20000	30...20000	30...20000
Выходная мощность, Вт	1,0	2,0	4,5	2,0	5,0	10,0	2,5	2×6,0	15,0
Коэффициент гармоник, %	2,0	1,0	10,0	2,0	1,5	1,0	0,5	1,0	10,0

Предлагаю заняться созданием такого усилителя по трем причинам: во-первых (и это самое главное!), мы до сих пор имели о микросхемах самое общее представление и еще не изготавливали самостоятельно ни одной конструкции с их использованием. А такой опыт совершенно необходим.

Во-вторых, мы решили увеличить громкость нашей охранной сирены, не затрагивая ее конструкции, а просто дополнив ее более мощным автономным усилителем.

И в-третьих, как я уже сказал, этот усилитель можно будет использовать и во многих других будущих конструкциях — приемниках, электрофонах, магнитофонах.

Полная схема усилителя приведена на рис. 38. Он очень простенький: в нем всего-то двенадцать деталей — 4 резистора и 8 конденсаторов, не считая, разумеется, самой микросхемы.

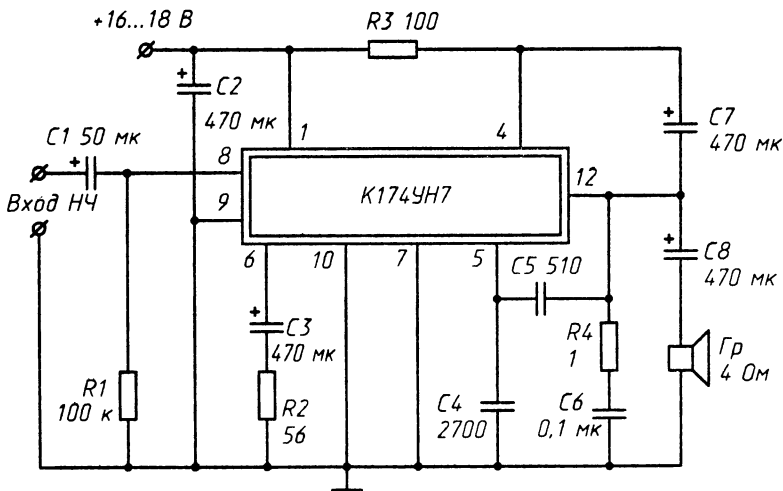


Рис. 38. Принципиальная схема УЗЧ на микросхеме K174УН7

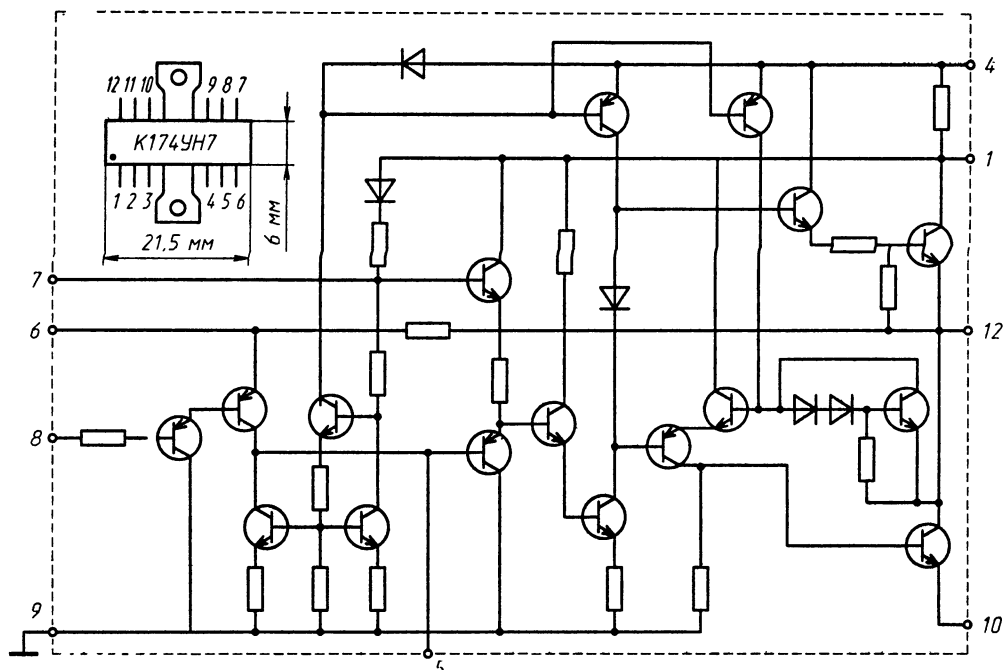


Рис. 39. Внутренний состав микросхемы K174УН7

Однако именно в этом и состоит весь смысл создания микросхемы: в ее маленьком пластмассовом корпусе размером 5×7×21 мм спрятаны остальные... 17 транзисторов, 5 диодов и 16 резисторов. Можешь убедиться в этом, посмотрев на рис. 39, где приведена полная внутренняя схема микросхемы K174УН7, на базе которой мы и будем делать наш УЗЧ.

Но прежде чем мы этим займемся, предстоит осуществить общее знакомство с правилами обращения не только с этой, но и со всеми другими микросхемами вообще. Правила эти не слишком сложные, но знать их совершенно необходимо.

Общение с любой микросхемой начинается с ее приобретения, и на этом этапе столкнемся с первой проблемой. Ее выводы могут быть либо вообще не отформованы, либо отформованы (загнуты) разными способами. Поэтому, не имея на руках микросхемы, мы практически не можем создать чертеж печатной платы, потому что расстояние между соседними выводами даже у простейших микросхем не превышает 2,5 мм, а у больших микросхем и микропроцессоров составляет доли миллиметров.

При формовке выводов микросхем в промышленных условиях применяются исключительно специальные технологические установки и приспособления, выполняющие одновременно несколько функций: надежное механическое крепление корпуса микросхемы, изгиб, формовку и обрезание излишков длины ее выводов. Также технологично осуществляется и залуживание отформованных выводов методом погружения в ванну с расплавленным припоем.

Нам же все эти операции придется проделывать вручную, не допуская при этом нарушения некоторых обязательных правил и условий. Начинается подготовка микросхемы с загибки ее выводов. В радиолюбительских условиях применяется почти всегда, за очень редким исключением, односторонний печатный монтаж, когда корпус микросхемы располагается с нефольгированной стороны платы, а ее

выводы через сверления в плате пропускаются на противоположную сторону и там распайваются на фольговые печатные дорожки.

Выводы микросхемы можно изгибать в одну линейку, а можно — в шахматном порядке. В последнем случае расстояние между соседними выводами оказывается немного увеличенным, что облегчает их распайку. На рис. 40 показаны оба таких варианта для выбранной нами микросхемы К174УН7.

*Загибать выводы под прямым углом **категорически запрещается**. Допустимый радиус загиба должен быть не менее двух диаметров для круглых выводов и двух толщин — для плоских.*

Из рис. 40 видно, что толщина выводов у микросхемы К174УН7 равна 0,4 мм. Значит, радиус загиба нужно делать не менее 0,8 мм, а еще лучше — 1 мм.

Могу подсказать, как это лучше всего обеспечить в домашних условиях. Нужно взять обычную швейную иголку толщиной 1...1,5 мм, плотно прижать ее к выводу в месте сгиба, которое должно отстоять от корпуса микросхемы **не менее чем на 5 мм** и с помощью пинцета или небольших плоскогубцев осуществить загиб вывода под прямым углом. При этом нужный радиус изгиба получится автоматически.

После загиба всех выводов укорачивать их **не надо**! Эту операцию в радиолюбительских условиях следует осуществлять только **после распайки всех выводов** на печатной плате.

Поскольку выводы микросхемы расположены очень близко друг к другу, серьезной проблемой становится **точная разметка** печатной платы под будущие отверстия. Расскажу, как в этом случае поступаю я сам.

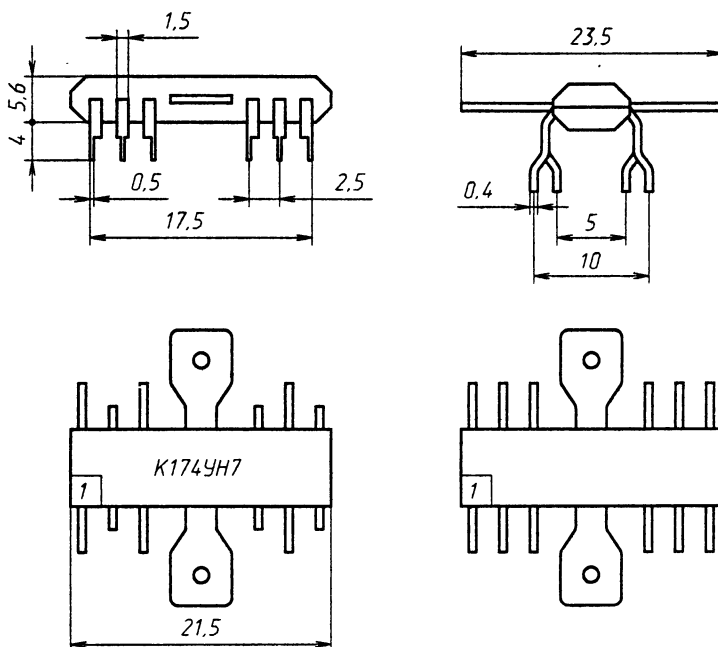


Рис. 40. Внешний вид и габаритные размеры микросхемы К174УН7

После того, как выводы микросхемы загнуты и выровнены с помощью пинцета в линейку или в шахматную клетку, надо взять достаточно толстую мягкую тряпочку (полотенце, сложенный вшестеро носовой платок и т. п.), положить ее на стол, сверху накрыть листом тонкой писчей бумаги, на бумагу положить микросхему выводами в сторону бумаги и совсем слегка надавить на ее корпус.

В результате на бумаге останется вполне различимый оттиск (кондуктор), который надо зафиксировать остро отточенным карандашом или авторучкой. Лишнюю бумагу надо отрезать, оставив прямоугольник по размеру корпуса микросхемы.

Когда место микросхемы на будущей плате будет однозначно и точно определено, на это место надо наклеить **наш кондуктор** и с помощью острого керна наметить точки для сверления отверстий. Такая методика обеспечивает наибольшую точность и предотвращает возможный перекося выводов при монтаже и распайке микросхемы.

Но вот микросхема установлена на плату, все ее выводы пропущены через отверстия диаметром (в нашем случае) 0,5 мм и теперь предстоит ее распайка. Но перед тем, как мы этим займемся, нужно совсем чуть-чуть, буквально на несколько градусов, отогнуть четыре крайних вывода, чтобы исключить обратное перемещение микросхемы наружу платы. И пока паяльник будет нагреваться, мы займемся знакомством с правилами распайки микросхем.

Кстати говоря, какой именно паяльник ты включил? Свой обычный? Тогда выключай его, потому что для распайки микросхем он не годится.



*Для распайки выводов микросхем потребуется отдельный паяльник, отвечающий специфическим требованиям.*

*Прежде всего его мощность не должна превышать 40 Вт, а предельная температура кончика жала — 250 °С. Сам кончик жала должен быть заточен таким образом, чтобы при пайке одного вывода не нагревался соседний вывод, а насколько ты мог заметить, это расстояние составляет всего 2,5 мм.*

Настоятельно рекомендуется использовать паяльник на рабочее напряжение 36 В, и во всех случаях  **жало паяльника** во время распайки выводов микросхемы должно быть **заземлено** отдельным самостоятельным проводом.

Для пайки выводов микросхем рекомендуется применять легкоплавкие припои с температурой плавления 130...180 °С, например ПОСВ-33, ПОСК-50 или ПОС-61. Время пайки одного вывода не должно превышать 3 с, такой же интервал должен соблюдаться между пайками двух соседних выводов. Последнее требование легко выполнить, если распаивать выводы не по порядку номеров, а, скажем, в такой последовательности: 6, 10, 9, 1, 5, 12, 8, 4, 7.

Вот только теперь, по окончании пайки, можно острыми бокорезами откусить торчащие лишние концы выводов, а место пайки тщательно промыть спиртом.

Следующая проблема — это теплоотводящий радиатор, без которого нечего и думать включать усилитель — микросхема «загнется» через несколько минут работы.

Во всех промышленных изделиях БРА для микросхем этого модельного ряда были разработаны и изготавливались специальные несложные сборные радиаторы, состоящие из двух отдельных деталей из мягкого алюминия. Они очень удобны и достаточно эффективны, поэтому я настоятельно рекомендую тебе изготовить самостоятельно именно такой радиатор, если его не удастся приобрести на рынке или в любой радиомастерской.

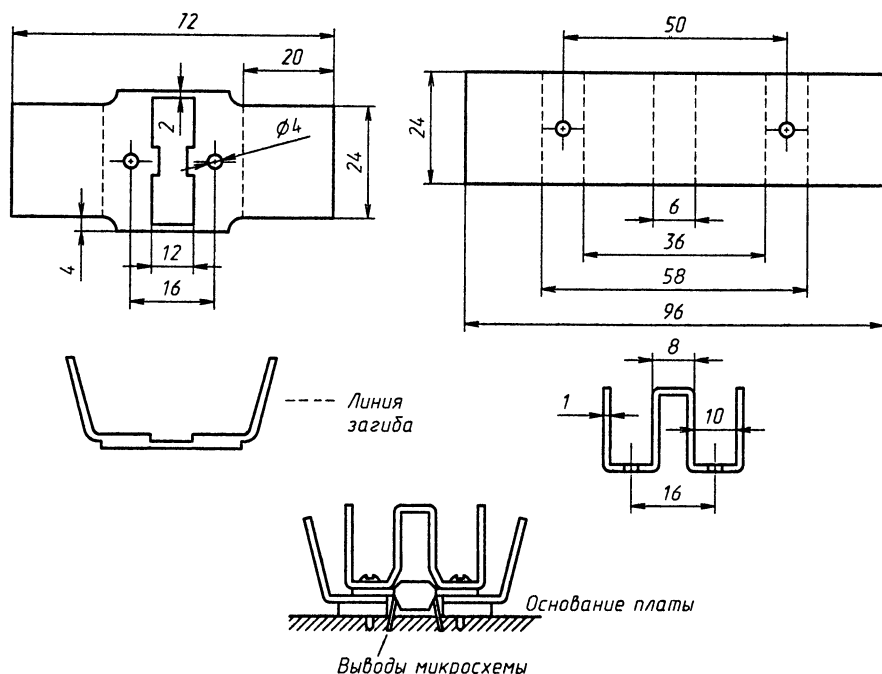


Рис. 41. «Выкройки» для самостоятельного изготовления радиатора для микросхемы K174УН7 и порядок его сборки

«Выкройки» для изготовления заготовок, их формовка и порядок сборки понятны из рис. 41. После окончательной формовки обе заготовки с обеих сторон нужно покрасить черной краской, а места, с которыми будут соприкасаться теплоотводящие крылышки самой микросхемы, наоборот, тщательно, до блеска, зачистить острым ножом, надфилем или наждачной шкуркой.

При установке микросхемы вначале на плату кладется нижняя часть радиатора с вырубленным окном, затем устанавливается сама микросхема, сверху на нее накладывается вторая часть радиатора и весь этот «слоеный пирог» намертво стягивается двумя винтами и гайками М3 через два отверстия в теле печатной платы. Надеюсь, тебе не надо особо разъяснять, что микросхему с радиатором нужно **сначала** установить и закрепить механически, а уж потом распаивать ее выводы.

Впрочем, тебе может сильно повезти, если удастся приобрести микросхему с приклеенным к ее корпусу радиатором. Такие микросхемы поставлялись в свое время по импорту. Их отличительной особенностью является форма радиатора в виде расходящихся по радиусам ребрышек (наподобие крылышек у бабочки). Кроме того, ребра радиатора не черненные, а обычные «алюминиевые», т. е. светло-серые.

Дальше у нас на очереди детали. Здесь особых проблем нет. Резисторы  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  — любого типа (например ВС или УЛМ) мощностью 0,125 Вт, резистор  $R4$  номиналом 1 Ом (это не опечатка — именно 1 Ом). Это вовсе не экзотический номинал. Резисторы такого номинала типов Р1-4, Р1-7, Р1-11, С2-1, С2-10, С2-11, С2-14, С2-29, БЛП, МЛТ, ОМЛТ выпускаются серийно. В авторской конструкции применен резистор типа МОН- 0,5 Вт 1Е0.

Все электролитические конденсаторы типа К50-35 — на рабочее напряжение не ниже 25 В. Конденсатор С6 надо выбирать по его габаритам. Отлично подходит конденсатор типа К73-17 0,1 мк на 250 В.

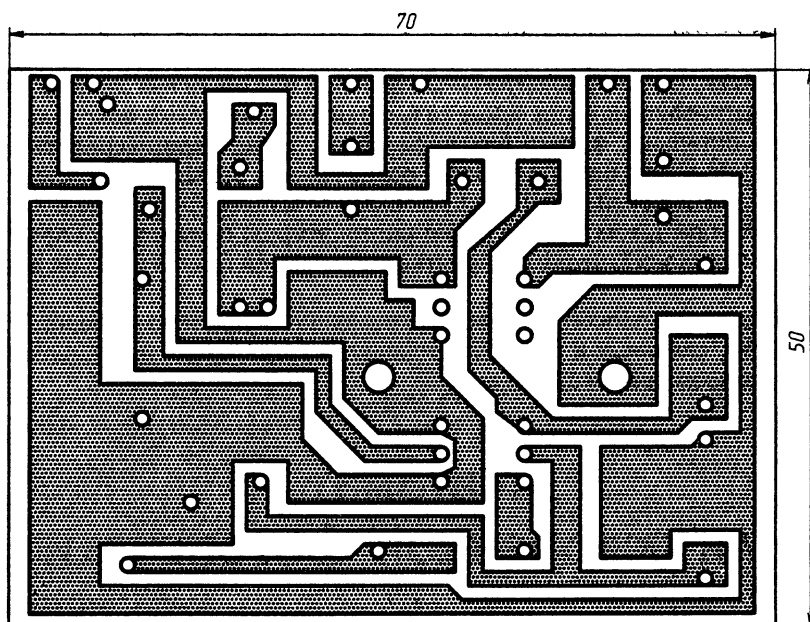
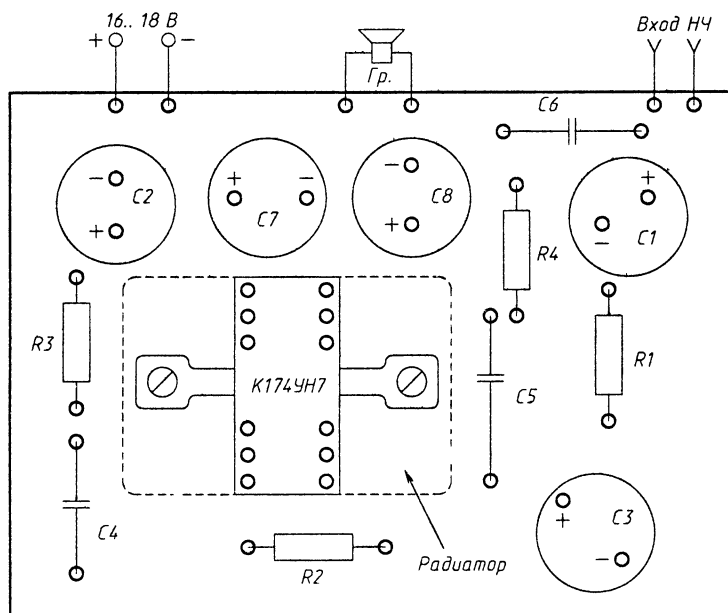


Рис. 42. Рисунок печатной платы усилителя

Для громкоговорителя критичным является только величина сопротивления звуковой катушки. Оно должно быть **не более 4 Ом**, иначе нельзя будет получить выходную мощность даже 1 Вт.

Вот, пожалуй, и все. Чертеж печатной платы приведен на рис. 42, а на рис. 43 — расположение деталей с нефольгированной стороны платы.



ис. 43. Расположение деталей на печатной плате

Для разнообразия в твоей практике эта печатная плата выполнена так называемым негативом. Если раньше мы на наших платах оставляли только сами соединительные дорожки, а всю остальную (незакрашенную) фольгу вытравляли, то в данном случае вытравливанию подлежат только небольшие каемки вокруг каждой дорожки, а вся остальная фольга (ее, разумеется, также надо закрасить краской) после травления платы остается целой, создавая тем самым очень эффективный заземленный статический экран между любыми соседними дорожками.

Кроме того, при таком методе резки (во много раз) снижается сопротивление «земляных» соединений, что благоприятно сказывается практически на всех параметрах схемы.

Такой негативный способ чаще всего применяется при изготовлении печатных плат устройств, склонных к самовозбуждению и критичных к величинам блуждающих токов по «земляным» цепям.

## Автомат для ускоренной фотопечати

Те, кто самостоятельно занимаются в домашних условиях фотопечатью, хорошо знают, что при печати крупноформатных отпечатков, особенно при большой плотности негатива, время экспозиции бывает достаточно большим, достигающим до нескольких минут, поэтому распечатка очередной пленки растягивается на много часов.

Этот процесс можно было бы намного ускорить, установив в увеличитель более мощную лампу, например, стоваттную, однако при этом увеличитель настолько быстро перегревается, что возникает опасность перегрева и коробления пленки.

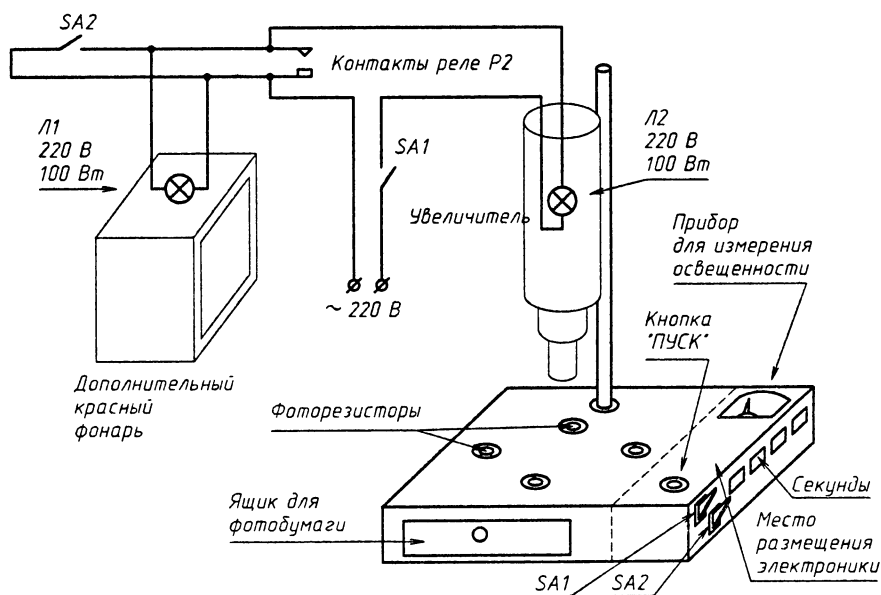


Рис. 44. Размещение элементов автомата на панели увеличителя и электрические соединения элементов между собой

В предлагаемой конструкции эта проблема решена оригинальным способом. В увеличителе установлена стоваттная лампа, и такая же лампа установлена в дополнительном (помимо основного) красном фонаре, но обе лампы включены последовательно. В этом случае фактическая, реальная мощность каждой из ламп не превышает половины номинальной мощности, а температурный режим увеличителя остается в пределах нормы.

В этом состоянии, при светящихся одновременно обоих красных фонарях и увеличителе, осуществляется весь подготовительный цикл: установка негатива, наводка на резкость, центровка кадра. Когда эта работа будет завершена, на коммутаторе автомата выбирают необходимое время выдержки и нажимают кнопку «ПУСК».

В автомате срабатывают одновременно два реле. Одно из них включает механизм отсчета времени выдержки, другое замыкает накоротко лампу в дополнительном красном фонаре. В результате на время экспозиции лампа в увеличителе работает на полную мощность (100 Вт), что позволяет ограничить время экспозиции несколькими секундами даже при самых плотных негативах. По окончании выдержки схема возвращается в исходное состояние.

Рис. 44 иллюстрирует общую идею автомата и компоновку его элементов, а на рис. 45 приведена принципиальная схема самого автомата. Электронная его часть представляет собой обычный двухкаскадный усилитель постоянного тока на транзисторах  $VT1$  и  $VT2$ . В коллекторную цепь второго транзистора включены параллельно два реле — маломощное РЭС-49 ( $P1$ ), функционально входящее в схему отсчета времени, и мощное ( $P2$ ) для коммутации силовой цепи рабочих ламп увеличителя. В качестве второго использовано обычное стандартное автомобильное реле на рабочее напряжение 12 В. Такие реле сегодня используются практически во всех отечественных и зарубежных автомобилях и продаются в магазинах автозапчастей и на станциях обслуживания.

Схема работает следующим образом. В исходном состоянии после подачи на схему напряжения питания (12 В) ничего не изменяется, поскольку эмиттеры обоих транзисторов оторваны от минуса источника кнопкой «ПУСК». Оба реле обесточены, конденсатор  $C1$  полностью разряжен через малое сопротивление резистора  $R7$  и замкнутые контакты реле  $P1$ .

При всех отжатых кнопках коммутатора времени выдержки база первого транзистора ( $VT1$ ) подключена к плюсу конденсатора  $C1$  через резистор  $R1$ .

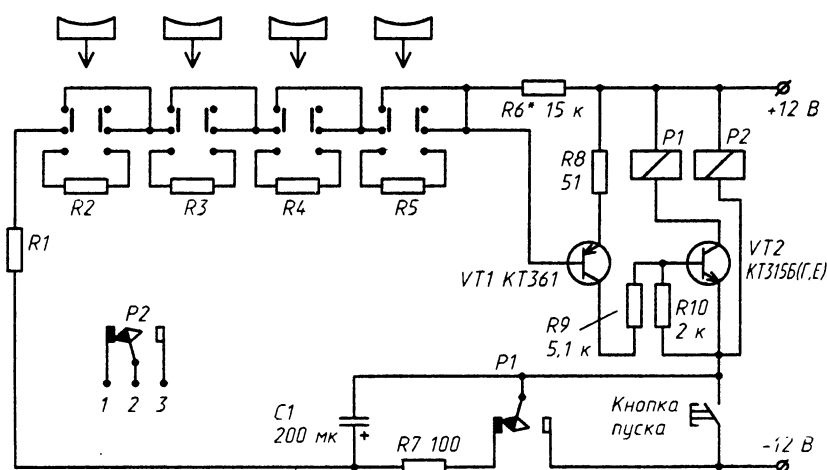


Рис. 45. Принципиальная схема автомата для ускоренной фотопечати



При нажатии на кнопку «ПУСК» эмиттеры обоих транзисторов замыкаются на минус источника, и одновременно этот же минус через полностью разряженный конденсатор  $C1$  и резистор  $R1$  подается на базу транзистора  $VT1$   $p-n-p$  проводимости. Транзистор открывается, в результате чего срабатывают оба реле, одно из которых закорачивает лампу в дополнительном красном фонаре и включает на полную мощность лампу в самом усилителе.

Второе реле ( $P1$ ) перебрасывает контакт в правое (по схеме) положение, в результате чего самоблокируется кнопка «ПУСК» и одновременно отключается резистор  $R7$ , замыкавший конденсатор  $C1$ .

Теперь минус на базу первого транзистора подается по той же цепи, что и в первый момент включения, но в отличие от этого первого момента конденсатор  $C1$  лишен возможности разряжаться через резистор  $R7$ , поэтому по мере протекания через него постоянного тока он начинает заряжаться, а его сопротивление соответственно увеличиваться.

Но общее сопротивление конденсатора и резистора  $R1$  составляет сопротивление верхнего плеча делителя напряжения, нижним плечом которого служит резистор  $R6$ , с которого снимается напряжение на базу первого транзистора. А поскольку сопротивление нижнего плеча остается неизменным, а верхнего плеча — увеличивается по мере заряда конденсатора, минус на базе уменьшается, что приводит к уменьшению тока через реле.

Как только его значение уменьшится до величины тока отпускания, контакты реле  $P1$  вернутся в левое (по схеме) положение, кнопка «ПУСК» разблокируется и обесточит схему, включая обмотку исполнительного реле  $P2$ . В результате цикл работы автомата завершится, и вся система вернется в первоначальное состояние.

Сколько времени длится весь этот процесс? Это определяется постоянной времени заряда конденсатора  $C1$  и соотношением плеч делителя в базовой цепи первого транзистора.

При всех отжатых кнопках коммутатора время удержания схемы минимальное и устанавливается подбором величины резистора  $R1$ . В авторском варианте это время выбрано равным 1 с.

Нетрудно заметить, что при нажатии любой кнопки коммутатора последовательно с резистором  $R1$  оказывается включен один из резисторов  $R2-R5$ . Увеличение общего сопротивления приводит к увеличению постоянной времени и следовательно к увеличению времени удержания схемы в рабочем режиме, что эквивалентно увеличению времени выдержки.

Нажимая поочередно кнопки коммутатора, подбирают такие величины резисторов  $R2-R5$ , чтобы время выдержки при нажатии очередной кнопки увеличивалось на 1 с. А поскольку все четыре кнопки имеют независимую фиксацию, комбинируя их нажатие можно суммировать время выдержки, определяемое каждой кнопкой.

На рис. 46 представлен один из возможных вариантов печатной платы автомата, где над каждой кнопкой указано время выдержки, определяемое именно этой кнопкой. При всех отжатых кнопках это время составляет 1 с, при нажатой первой (слева) кнопке — 2 с, при нажатой второй кнопке — 3 с, третьей кнопке — 4 с, четвертой — 5 с.

Если же одновременно нажать первую и третью кнопки, время выдержки составит 6 с. Одновременным нажатием второй и третьей, либо первой и четвертой кнопок устанавливается время выдержки в 7 с, а второй и четвертой — 8 с. При нажатии всех четырех кнопок максимальная выдержка составит 14 с. Таким образом комбинируя нажатие кнопок можно изменять время выдержки от 1 до 14 секунд с дискретностью в 1 с.

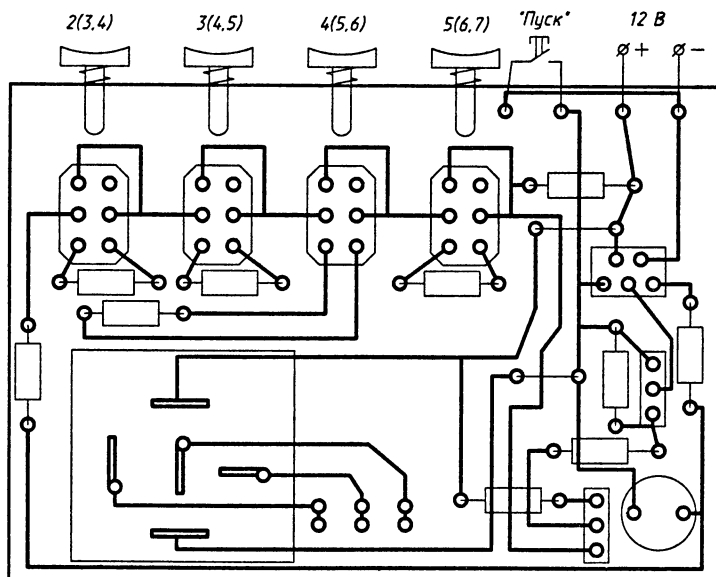


Рис. 46. Печатная плата автомата для ускоренной фотопечати

Можно, однако, существенно увеличить время максимальной выдержки, установив другие значения выдержки для всех 4-х кнопок, сохранив дискретность в 1 с. На рис. 46 такие варианты указаны над кнопками в скобках. Тогда максимальная выдержка может быть увеличена до 18 с или 22 с соответственно, что при экспонирующей лампе мощностью в 100 Вт оказывается избыточным даже при печати с очень плотных негативов и максимальном увеличении.

\*\*\*

Но вот вопрос: а как определить необходимое время выдержки для каждого очередного кадра? Практикующие фотолюбители обычно прибегают к методу «проб и ошибок», делая пробные отпечатки на маленьких кусочках фотобумаги, прежде, чем испортить полноформатный лист. Однако этот способ отнимает много лишнего времени, поскольку каждый пробный отпечаток надо проявить и зафиксировать.

В предлагаемом автомате эта проблема решена радикальным путем. На рабочем столе увеличителя в зоне расположения листа фотобумаги симметрично вмонтированы (заподлицо с поверхностью стола) четыре фоторезистора, включенные по схеме рис. 47. Вместе с установочным переменным резистором  $R5$  они образуют ограничительное сопротивление в цепи миллиамперметра, подключенного к источнику постоянного напряжения в 12 В и работающего как обычный вольтметр.

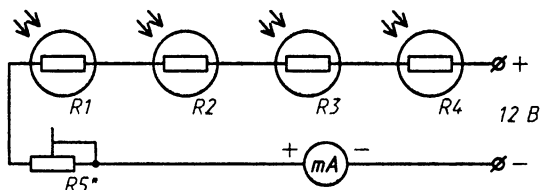


Рис. 47 Схема узла измерения средней освещенности кадра

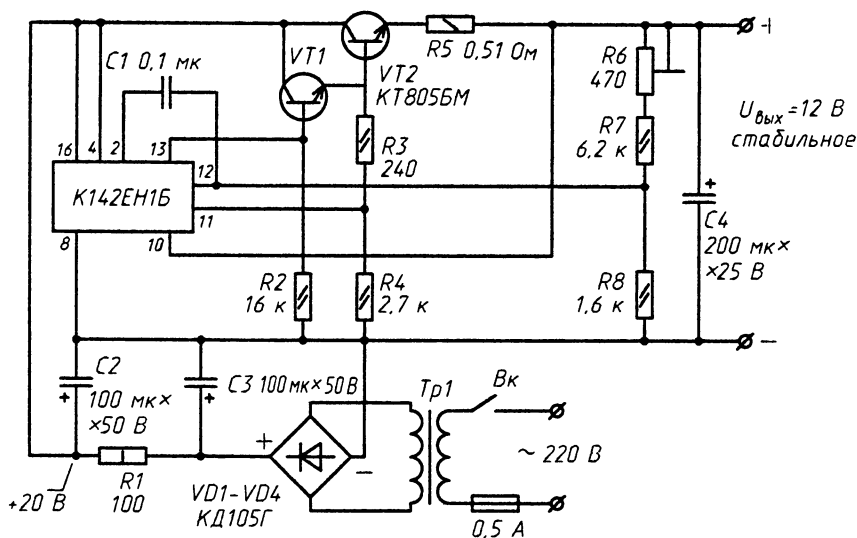


Рис. 48. Схема стабилизированного выпрямителя на 12 В для питания всех элементов автомата

Поскольку фоторезисторов четыре, и они охватывают некоторую зону всего кадра, их общее сопротивление в определенной мере пропорционально средней интегральной освещенности всего кадра, а следовательно, и протекающему в цепи вольтметра току.

При практической работе вначале проводят все подготовительные операции (установка кадра, центровка изображения, степень увеличения, фокусировку) при половинной мощности свечения лампы увеличителя, а затем на несколько секунд тумблером SA2 (рис. 44) закорачивают лампу дополнительного красного фонаря. При этом поверхность рабочего стола освещается так, как это будет при действительном экспонировании, освещенные фоторезисторы уменьшают свое сопротивление, что приводит к отклонению стрелки вольтметра на определенный угол.

В процессе регулировки автомата на пробных отпечатках опытным путем выбирают оптимальное время экспозиции и градуируют шкалу вольтметра в секундах выдержки.

Можно пойти еще дальше, установив в цепи вольтметра переключатель на несколько положений и соответствующее количество ограничительных установочных резисторов, что позволит проградуировать шкалу вольтметра в секундах выдержки для нескольких сортов фотобумаги с разной чувствительностью.

Поскольку все временные характеристики автомата напрямую зависят от величины напряжения источника, для питания схемы автомата применен стабилизированный источник, схема которого приведена на рис. 48. Она не содержит ничего оригинального и является типовой, поэтому не требует никаких пояснений, тем более, что тема выпрямителей и стабилизаторов достаточно подробно освещалась в двух предыдущих книгах («Азбука радиолюбителя» и «Школа радиолюбителя»).

Транзистор VT1 может быть типа КТ645 (А или Б), КТ646 (А или Б), либо КТ608Б. Транзистор VT2 — типа КТ805 или КТ803. Его нужно установить на теплоотводящий радиатор. Для обеспечения стабильного напряжения на выходе стабилизатора при колебаниях напряжения сети на +10% величина выпрямленного напряжения на входе стабилизатора (на конденсаторе C2) должна составлять 20 В.

Что касается конструктивного исполнения всего комплекса увеличителя, оно целиком зависит от исходных данных: конструкции фотоувеличителя, размеров и конструкции рабочего стола, отсутствия или наличия отдельного ящичка для фотобумаги и расположения на рабочем столе (и внутри него) всех элементов электроники и автоматики. Здесь у фоторадиолюбителя ничем не ограниченное поле для творчества.

## Простой одноканальный усилитель на транзисторах

Поскольку главной задачей этой книги является знакомство с основами конструирования радиоаппаратуры, мы целенаправленно, шаг за шагом осваивали все тонкости и премудрости этого непростого дела.

Первая часть книги была целиком посвящена теоретическим вопросам и проблемам, постоянно возникающим в процессе конструирования перед каждым конструктором: будь то начинающий радиолюбитель или главный конструктор большого конструкторского бюро. Создание любого нового изделия потому и называется **разработкой**, что неожиданные вопросы возникают не до и не после окончания, а именно в самом процессе работы.

За многолетний опыт конструкторских разработок был накоплен колоссальный материал, в том числе и негативный опыт неудач и ошибок. Чтобы ты в своей практической работе не повторял эти ошибки, автор постарался в первой части книги подробно анализировать наиболее характерные и часто встречающиеся ошибки малоопытных конструкторов.

Однако никакие, даже самые подробные описания, не в состоянии охватить и проанализировать все возможные подводные камни, с которыми придется столкнуться лично при создании своих первых самостоятельных конструкций. А таких конструкций, я убежден, у тебя будет немало, поскольку ты всерьез решил заняться радиолюбительством. И чтобы собственный опыт появился как можно быстрее, автор решил во второй части книги по возможности с максимально широким спектром изделий БРА и прикладной электроники (например, автоматики), а также предложить конструкции с использованием всех видов комплектующих и радиокомпонентов.

Конструкции с использованием гибридных микросхем, электромагнитных реле, коммутационных приборов у нас уже позади (в первых трех главах второй части книги). А впереди конструкции с применением дискретных полупроводниковых приборов, радиоламп, оптики, акустики и прочего.

И если ты постепенно сам построишь хотя бы часть из них и при этом на практике столкнешься с неожиданными трудностями и научишься самостоятельно их преодолевать, значит эту книгу автор написал, а ты изучил не зря. Значит ты уже стал не просто начинающим радиолюбителем, а радиолюбителем-конструктором.

Впрочем, до конца книги еще далеко, а пока что мы вплотную займемся конструированием относительно несложного усилителя низкой частоты (УНЧ) на дискретных транзисторах.

\*\*\*

Вспомним, с чего начинается любое конструирование. Оно начинается с постановки задачи и формулировки технических требований к создаваемому аппарату. Иначе говоря, надо ясно и точно ответить на вопрос: что, собственно говоря, мы хотим создать и чего ожидаем от новой конструкции.

В данном случае мы уже решили, что будем создавать УНЧ. Отлично! Теперь надо решить **каким он будет**, а для этого прежде надо ответить на вопрос, **какие задачи** этот усилитель должен решать.

Таких задач может быть множество: это может быть усилитель для мегафона, усилитель для тюнера, усилитель для проигрывания грампластинок или компакт-дисков, а может быть усилитель для озвучивания танцплощадки в вашем дачном поселке. Во всех этих случаях это будет УНЧ, т. е. усилитель низкой частоты, но между собой они будут иметь очень мало общего. Почему? Потому что каждый из них предназначен для решения **конкретной задачи**, а задачи эти во всех названных случаях будут разные.

Мегафон предназначен исключительно для усиления звуков речи на открытых пространствах, а значит полоса воспроизводимых им звуковых частот может быть ограничена спектром частот человеческого голоса как со стороны низких, так и со стороны высоких частот, т. е. лежать в пределах от 100 до 8000 Гц (для качественного воспроизведения мужского голоса).

Однако обычно от мегафона не требуется качественного воспроизведения на улице голоса оперного певца, поэтому на практике реальный диапазон частот у мегафона делают еще уже, порядка 400...5000 Гц, что позволяет сильно упростить схему и конструкцию мегафона и использовать в нем «дубовый», но зато высоконадежный рупорный громкоговоритель.

Усилитель для проигрывателя обычных грампластинок должен, в отличие от мегафонного, пропускать полосу частот от 20 Гц до 20 кГц, а это требует совершенно иных схемных решений. Кроме того, в отличие от мегафона, который ничего кроме человеческой речи не воспроизводит, УНЧ для проигрывателя должен быть готов одинаково качественно воспроизводить не только голоса оперных певцов и певиц, но и всевозможные музыкальные произведения — классическую, камерную, джазовую, органную музыку, каждая из которых имеет свой спектральный состав. Поэтому в таком УНЧ просто необходимо предусмотреть как минимум два регулятора тембра, чтобы иметь возможность выбирать каждый раз соответствующую частотную характеристику.

Наконец, «граммофонный» УНЧ должен без заметных на слух искажений озвучивать помещение определенного размера, для чего он должен обладать соответствующей неискаженной выходной мощностью.

И таких специальных требований можно перечислить немало. К примеру, мегафон уже в силу своего назначения может питаться только от химических источников постоянного тока (аккумулятора или комплекта батарей), тогда как стационарный «граммофонный» УНЧ в абсолютном большинстве случаев питается от силовой сети переменного тока.

Вот поэтому мы с тобой сейчас должны совершенно точно и однозначно определить, каким требованиям должен удовлетворять наш будущий усилитель.

\*\*\*

Начнем с того, что скорее всего усилитель ты будешь делать для себя лично и слушать его будешь дома.

Значит, основной задачей усилителя будет озвучание некоего жилого помещения, предположительно комнаты размером в 15...25 м<sup>2</sup>. На основе многочисленных специальных исследований и просто накопленного опыта можно утверждать, что для решения этой задачи усилитель должен иметь неискаженную выходную мощность в пределах от 3 до 5 В.

Меньшая мощность не позволит применить глубокую регулировку тембра особенно на низших частотах, большая мощность окажется избыточной.

Следующий вопрос — от какого или каких источников фонограмм будет работать усилитель. И вот здесь нас поджидает первая специфическая трудность. Суть проблемы состоит в том, что почти сразу нам придется ответить на вопрос: будет усилитель **монофоническим** или **стереофоническим**. А специфическая трудность состоит в том, что такая постановка вопроса неправомерна, поскольку на самом деле никаких стереофонических усилителей, т. е. усилителей, предназначенных для усиления комплексного стереосигнала, в природе не существует и существовать просто не может.

«Вот тебе на! — скажешь ты. — Как это не существует, когда в абсолютном большинстве современной БРА усилители НЧ именно стереофонические!»

Увы, мой юный друг. К сожалению, это заблуждение настолько широко распространено даже среди профессионалов, что переубедить их скорее всего невозможно. Но я постараюсь объяснить это с вполне научных позиций, чтобы ты не просто поверил мне на слово, а убедился сам в справедливости моей точки зрения. Поэтому ненадолго оставим нашу рабочую тему и разберемся, что такое **монофония** и что такое **стереофония**.

Начнем с того, что существует такое понятие, как **бинауральный эффект**. В переводе на русский это означает способность человека определять направление на **точечный** источник звука. В основе этого явления лежит способность слухового аппарата человека (как, впрочем, и всех животных и птиц) **раздельно** воспринимать звук левым и правым ухом. Чувствительность слухового аппарата столь велика, что даже ничтожная разница в расстоянии от уха до источника воспринимается на слух как **разные громкости**. А максимальная громкость получается только при полном равенстве этих расстояний, что возможно в том единственном положении, когда источник звука расположен прямо перед слушателем.

Пока что речь шла о **точечном**, т. е. **одном** источнике звука. Такой источник называется **монофоническим**. В монофонической радиоаппаратуре таким источником как правило является **один** излучатель звука.

Более строго следовало бы уточнить, что в монофоническом источнике может быть несколько отдельных излучателей, воспроизводящих каждый свой участок спектра, но все вместе они образуют один общий монофонический источник (его не совсем строго называют акустическим агрегатом или колонкой).

Но если стоять или сидеть неподвижно, не вращая головой, а звуки от **нескольких источников** приходят одновременно с **разных сторон**, то левое и правое ухо воспринимают эти звуки по-разному. Правое ухо воспринимает звуки, приходящие справа с большей громкостью, чем приходящие слева, а левое ухо — наоборот. В результате слуховой аппарат формирует **пространственную звуковую картину**.

Такую картину можно наблюдать сидя на концерте вблизи оркестровой ямы по возможности ближе к середине сцены. Закрыв глаза ты без труда определишь, что, к примеру, барабан находится от тебя справа, а рояль или скрипки — слева. В этом случае налицо **стереоэффект**.

Не открывая глаз, закрой плотно одно ухо (любое), и стереоэффект пропадет.

Стереоэффект по своей сущности возникает только тогда, когда каждое ухо **по-разному** воспринимает звуки от **разных** источников. А если источник звука **один**, то никакого стереоэффекта не может возникнуть в принципе.

А теперь, усвоив физику моно- и стереофонии, перейдем к соответствующей радиоаппаратуре и усилителям, в частности.

Если в центре сцены концертного зала установлен **один** микрофон, то сколько бы разных исполнителей или музыкальных инструментов ни находилось на сцене и в оркестровой яме, и как бы они там не располагались, для усилительной и звуковоспроизводящей аппаратуры этот единственный микрофон будет **точечным источником**, который в принципе не может создать пространственную звуковую картину, а стало быть, и стереоэффект. И сколько бы колонок или отдельных громкоговорителей ты ни установил у себя в комнате, ты никогда не сможешь ответить на вопрос: где расположен барабан или рояль — слева или справа от тебя.



*Но если на сцене на некотором расстоянии друг от друга установить **два одинаковых монофонических микрофона**, сигналы от которых подвести к двум самостоятельным **независимым** монофоническим усилителям, а эти усилители нагрузить на **два независимых монофонических** излучателя, расположенных в одной плоскости на некотором оптимальном расстоянии друг от друга, то в некоторой небольшой зоне перед излучателями будет полностью воссоздана **пространственная звуковая картина** или, иначе говоря, будет наблюдаться **стереоэффект**.*

Однако и в этом случае ни о каких «стереофонических» усилителях речи быть не может, поскольку в создании стереотракта принимают участие **два обычных монофонических микрофона** и два таких же обычных, полностью одинаковых **монофонических усилителя**. Каждый из этих усилителей обрабатывает сигналы от своего микрофона и раскачивает свой акустический агрегат (или другой излучатель звука), а стереоэффект возникает только **внутри** самого слушателя, если он находится в некоторой оптимальной зоне. А если в самом центре этой зоны поместить человека с «неработающим» одним ухом, то никакого стереоэффекта он не обнаружит.

Но как же все-таки быть с тем неоспоримым фактом, что большинство людей все же пользуются термином «стереофонический усилитель»? Надо признать, что термин этот широко вошел в обиходную речь не только дилетантов, но и радиоспециалистов, так же как в свое время под словом «транзистор» большинство людей понимало не полупроводниковый прибор, а транзисторный, преимущественно карманный радиоприемник. Мы же договоримся оставить и сохранить термин **стереоусилитель**, но понимать под ним будем



*Устройство или изделие **БРА**, предназначенное для обработки электрических сигналов стереофонического тракта и состоящее из двух **конструктивно связанных**, но электрически независимых монофонических усилителей, каждый из которых обрабатывает сигнал одного из двух каналов стереотракта.*

А так как перед нами стоит совершенно конкретная задача — на собственном практическом опыте познакомиться со схемой и конструкцией УНЧ на транзисторной базе, то нет никакого смысла делать два совершенно одинаковых усилителя, а вполне достаточно построить один монофонический УНЧ. А когда ты захочешь построить стереоусилитель, ты просто изготовишь второй точно такой же усилитель, разместив их на одном общем шасси или даже на одной общей печатной плате.

А теперь вернемся к нашей основной теме и продолжим обсуждать детали нашего будущего усилителя.

\*\*\*

Что мы уже твердо знаем? Во-первых, что наш усилитель должен иметь достаточную выходную мощность для озвучивания жилой комнаты.

Достаточную — это сколько? Не меньше 3 Вт и не больше 5 Вт. Остановимся на большей, чтобы «с запасом». Отсюда сразу же вытекает, что излучатель (динамик или колонка с несколькими динамиками) также должен быть способен переварить такую мощность, не внося собственных искажений из-за перегрузки, а значит иметь номинальную мощность не менее 6...8 Вт (также со своим запасом).

Теперь о полосе пропускания. Поскольку скорее всего ему придется работать от разных источников (проигрыватель грампластинок, линейный выход магнитофона, линейный выход тюнера и т. п.) полоса пропускания усилителя должна быть **не уже**, а желательно — немного шире (опять же с запасом для избежания частотных искажений), чем у самого широкополосного источника.

А какие это полосы у разных источников? Вот видишь, возникла вторая непредвиденная трудность, поскольку ответить на этот вопрос ты пока что не можешь. Что же нам делать?

Придется на время отложить конструирование и с помощью справочной литературы восполнить пробел в наших знаниях. Потратив какое-то время, достаем соответствующую литературу (например, «Справочная книга радиолюбителя-конструктора»), находим нужный раздел и к своему удивлению обнаруживаем следующую информацию. Оказывается, существуют какие-то «группы сложности», в зависимости от которых полоса воспроизводимых частот может колебаться в широчайших пределах: от 315...3150 Гц до 31,5...22000 Гц! Так какая же из них относится к нашему усилителю?

Вот здесь я могу открыть тебе одну «страшную конструкторскую тайну», которая состоит в следующем: при создании **любой** новой конструкции ее автор всегда должен выбрать разумный компромисс между тремя взаимоисключающими факторами:

1. Законное желание создать **...самую-самую-самую...**, какую только можно.
2. Материально-технические возможности и, главное, **реальная цена** этих возможностей.

**3. Действительная**, а не мнимая **потребность** в обеспечении максимально высоких технических показателей именно этого аппарата.

Кто спорит: ясно, что широкая полоса лучше узкой, большая мощность лучше маленькой, а отсутствие искажений лучше, чем их избыток. Однако все это справедливо лишь в некоторых разумных пределах.

В каких именно? А сейчас ты сам ответишь на этот вопрос. Я предлагаю выбрать один из четырех вариантов полосы пропускания для нашего будущего усилителя и при этом обосновать свой выбор:

1. 100...10 000 Гц
2. 80...12 000 Гц
3. 60...15 000 Гц
4. 15...25 000 Гц

Самое интересное здесь в том, как именно и опираясь на что ты будешь обосновывать свой выбор? Не буду тебя торопить, дам полчаса на размышления, а потом расскажу, как бы я поступил и рассуждал на твоём месте.



Юные радиолюбители-конструкторы!  
Никогда не принимайте скоропалительные,  
непродуманные решения, а действуйте по принципу:  
*«семь раз отмерь, один раз отрежь!».*



Ну что, полчаса уже прошло? Выбор сделан? Отлично! Теперь давай выбирать вместе. Прежде всего вспомним, что сам по себе УНЧ никаких звуков не воспроизводит — эту функцию выполняет акустическая система, которая среди прочего характеризуется **полосой реально воспроизводимых частот**. А поскольку усилитель «раскачивает» акустическую систему, его **полоса реально усиливаемых частот** должна быть никак не уже, а желательно немного шире полосы частот, воспроизводимых акустической системой.

С другой стороны УНЧ совместно с акустикой нужны не просто так, сами по себе, а для воспроизведения фонограмм с каких-то конкретных источников. А каждый из таких источников в свою очередь воспроизводит лишь некоторую вполне определенную полосу частот.

Поэтому начинать надо прежде всего с ответа на вопрос: с какими конкретно источниками будет работать наш усилитель. Вариантов может быть очень много, от «...только с проигрывателем грампластинок...» до «...с любыми источниками...». Но тогда и усилители понадобятся **разные**, а мы пока что решили создать один и к тому же не слишком шикарный (а потому и не слишком сложный) первый в нашей практике усилитель. Поэтому для начала отбросим второй вариант и сделаем хороший, но достаточно простой усилитель для проигрывания грампластинок.

Приняв такое решение, мы должны будем снова обратиться к справочнику, поскольку не знаем, какая именно полоса частот записана на стандартной грампластинке. На стандартной — это что значит? Вот видишь, выявился еще один пробел в наших познаниях. Оказывается, грампластинки тоже бывают разные: обычные и долгоиграющие, монофонические и стереофонические, виниловые и шеллачные, «Миньон», «Нормальные» и «Гигант», со скоростью вращения в 16, 33,3, 45 и 78 об/мин. И каждая из них отличается от других в том числе и полосой записанных частот.

Так что давай решать — какие пластинки ты собираешься слушать. Наверное те, которые сохранились в вашей семье и на воспроизведение которых рассчитан твой проигрыватель. И вообще, какой проигрыватель есть у тебя?

Так! У нас очередная загвоздка. Оказывается, что и проигрыватели грампластинок бывают разные, и при том — весьма существенно. Более того, полоса воспроизводимых проигрывателем частот определяется вовсе не самим проигрывателем, а типом **головки звукоснимателя**.

А головки эти могут быть пьезокерамическими, электродинамическими (магнитными) и даже просто механическими. И все они прежде всего различаются именно полосой воспроизводимых частот, а также другими очень важным показателями, от которых напрямую зависит **электрическая схема** нашего будущего усилителя, а именно — величиной внутреннего сопротивления и уровнем создаваемого электрического сигнала.

Надеюсь, ты уже понял, в какие дебри приходится залезать, чтобы грамотно выбрать всего один параметр нашего будущего усилителя — полосу воспроизводимых частот.

Ладно, раз уж мы залезли в эти дебри, пороемся в справочниках и найдем такую информацию (табл. 2).

Ну и что практически мы почерпнули из этих сведений? Во-первых, то, что проигрыватели бывают очень разные, а во-вторых, что нижняя граница полосы воспроизводимых частот может колебаться от 20 до 80 Гц, а верхняя — от 10 до 20 кГц.

И какой же вывод из этого следует? А вывод следует совсем не утешительный: задаться полосой воспроизводимых частот для нашего проектируемого УНЧ можно будет только **после того**, как будем располагать совершенно конкретным типом проигрывателя. Иначе этот наш выбор будет ничем не обоснованным и скорее всего — неоправданным.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ  
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ (ЭПУ),  
ЭЛЕКТРОФОНОВ И ГОЛОВОК ЗВУКОСНИМАТЕЛЕЙ

Тип устройства	Скорость вращения диска, об/мин	Диапазон воспроизводимых частот, Гц	Чувствительность с разных входов, мВ	Входное сопротивление УНЧ, кОм
ЭПУ-10	33; 45; 78	50...10 000	250	> 470
ЭПУ-12	16; 33; 45; 78	50...10 000	250	> 470
«Рондо203» II-ЭПУ-60	33; 45; 78	80...12 500	200	> 470
«Мелодия103» II-ЭПУ-62	33; 45; 78	63...16 000	250	> 500
«Вега-108» ЭПУГ602 (Польша)	33; 45	63...18 000	25; 250	—
«Арктур003» I-ЭПУ-73С	33; 45;	40...20 000	25; 250	—
Д1-012-С высшего класса	33 ; 45	20...20 000	3; 25; 250	47; 500

Но вот беда: я же не знаю, есть ли у тебя какой-нибудь проигрыватель, если есть — то какой именно, а если нет, то какой ты сможешь приобрести. Поэтому давай временно оставим проигрыватель в покое и попытаемся подойти к нашей проблеме с другой стороны — т. е. со стороны акустической системы. Ведь от того, какую полосу частот может воспроизводить акустическая система, в конечном итоге зависит и требуемая от усилителя полоса рабочих частот.

Здесь нам определенную помощь может оказать Государственный стандарт — ГОСТ на промышленные отечественные электрофоны. Электрофоном у нас принято называть законченное изделие, содержащее ЭПУ, свой встроенный усилитель и акустическую систему — либо встроенную, либо внешнюю (выносную), но входящую в комплект электрофона.

Так вот, этот самый ГОСТ предусматривает наличие электрофонов четырех разных видов: высшего класса, первого класса, второго класса и третьего класса. И для каждого из них оговорена реальная полоса частот, воспроизводимых этими электрофонами:

Высший класс: 31,5...20 000 Гц  
 1-й класс: 50...16 000 Гц  
 2-й класс: 80...12 500 Гц  
 3-й класс: 100...8 000 Гц

На нашем с тобой сегодняшнем уровне замахиваться на создание первоклассного (а тем более — высшего класса) электрофона было бы просто неприлично. А вот построить проигрыватель с параметрами второго класса нам вполне по плечу. Так что лично я остановился бы именно на таком варианте.

И тогда нужно будет построить акустическую систему с полосой воспроизводимых частот 80...12500 Гц, а полосу частот усилителя взять чуть побольше, с некоторым «запасом», т. е., из четырех предложенных мной вариантов я бы выбрал третий: 60...15 000.

\* \* \*

Таким образом, в результате серьезных теоретических исследований мы пришли к **обоснованному заключению**, что наш будущий усилитель будет удовлетворять следующим требованиям.



1. Он будет одноканальным (монофоническим).
2. Он будет предназначен для озвучивания жилой комнаты площадью до 25 м<sup>2</sup>.
3. Он будет работать от ЭПУ с параметрами 2-го класса.
4. Он будет стационарным с питанием от промышленной сети.
5. Он будет собран на дискретной полупроводниковой элементной базе.
6. Номинальная выходная мощность будет в пределах 3...5 Вт.
7. Полоса воспроизводимых без искажений частот будет не уже 60...15 000 Гц.
8. Чувствительность со входа будет определяться параметрами звуковоспроизводящей головки.

По поводу последнего пункта следует кое-что разъяснить. Дело в том, что во всех электрофонах могут быть использованы головки двух принципиально разных видов: пьезоэлектрические или электродинамические (иначе называемые магнитными).

В пьезокерамических головках электрический сигнал возникает вследствие механического изгиба (скручивания) тонкой пластинки пьезокристалла (чаще всего — сегнетовой соли), который вызывается движением иглы по звуковой дорожке грампластинки. А в магнитных головках колебания иглы вызывают перемещения металлического сердечника в зазоре кольцевого соленоида, вследствие чего на обмотке соленоида появляется электрический сигнал.

Величина рабочей ЭДС на кристалле пьезоэлемента — порядка 0,25 В, а на обмотке магнитного звукоснимателя — всего 2...5 мВ, т. е. в сто раз меньше. Поэтому и чувствительность УНЧ со входа целиком зависит от типа используемой головки звукоснимателя.

По большинству показателей магнитные головки значительно превосходят пьезокерамические, поэтому их как правило применяют лишь в проигрывателях высшего или первого класса. А пьезоголовки принято считать *ординарными*, хотя и их параметры являются вполне удовлетворительными. Просто они намного дешевле магнитных, а потому и используются преимущественно в массовой аппаратуре 1–3 классов.

В усилителях электрофонов, где используются магнитные головки, приходится увеличивать число каскадов предварительного усиления, чтобы повысить чувствительность усилителя со входа до величины в 2...5 мВ. В электрофонах с пьезокерамическими головками звукоснимателя необходимости в дополнительном усилении нет, поэтому чувствительность этих усилителей как правило не превышает 150...200 мВ.

Так что, вернемся на полстранички назад и впишем в пункт под № 8 цифры 150...200 мВ. Вот теперь мы практически определились с тем, какой усилитель будем создавать. Располагая этими сведениями, уже можно переходить к следующему этапу разработки — составлять (предварительно!) сначала блок-схему, а затем и принципиальную схему, определять состав **активных** элементов, количество транзисторов и диодов.

Впрочем, я случайно забежал вперед. Оказывается, что для выбора типов транзисторов совершенно необходимо знать параметры источника питания, и в первую очередь — напряжение на выходе источника, потому что для каждого типа транзисторов существуют величины **предельно допустимых** значений напряжений, токов и мощностей.

\*\*\*

В процессе конструирования даже такого простейшего изделия, как УНЧ, перед конструктором то и дело возникают хотя и маленькие, но все же проблемы, решение которых собственно говоря и составляет процесс **грамотного конструирования**.

Я специально так подробно и тщательно рассматривал **вместе с тобой** постоянно возникавшие перед нами вопросы, чтобы приучить тебя мыслить и рассуждать как конструктор-профессионал.

В конце концов эта книга специально написана для тебя и по замыслу автора и издательства как раз и должна приучить тебя пользоваться в процессе конструирования теми знаниями, которые были приобретены по мере изучения двух предыдущих книг\*. Ну, и разумеется, справочной литературой, которой ты был должен постепенно обзаводиться по мере работы с двумя предыдущими книгами.

К сожалению, такой подробный анализ отнял у нас слишком много страниц, и на описание самого усилителя осталось совсем мало книжного пространства. Поэтому описание это будет предельно кратким, тем более, что по идее конструировать усилитель должен ты сам, а вовсе не я.

\* \* \*

Схема усилителя приведена на рис. 49. Она достаточно проста, но при этом вполне обеспечивает параметры, которыми мы задались. При напряжении источника 12 В и указанных на схеме типах транзисторов усилитель обеспечивает на нагрузке 4,5 Ом неискаженную мощность порядка 4 Вт, имеет при неравномерности частотной характеристики 2 дБ полосу пропускания 50...20 000 Гц. Два регулятора тембра обеспечивают симметричный подъем и завал характеристики на низких и высоких частотах.

Функционально усилитель можно разделить на две части. Предварительный усилитель (или усилитель напряжения) собран на транзисторах *VT1* и *VT2* по схеме с непосредственной связью. Температурная и режимная стабилизация осуществляется за счет отрицательной обратной связи как по постоянному, так и по переменному току. В состав этих цепей входят резисторы *R3*, *R5*, *R6*, *R8*, а также конденсатор *C5*.

Конденсатор *C4* предназначен для выравнивания частотной характеристики в области высших частот и предотвращает самовозбуждение усилителя при максимальной мощности.

Нагрузкой предварительного усилителя служит узел регуляторов тембра, в состав которого входят потенциометры *R10* и *R13*, резисторы *R11*, *R12*, *R14*, *R15* и конденсаторы *C7*, *C8*, *C11* и *C12*. Конденсатор *C9* является разделительным со стороны входа узла регулировки тембра, а конденсатор *C13* — разделительным со стороны выхода.

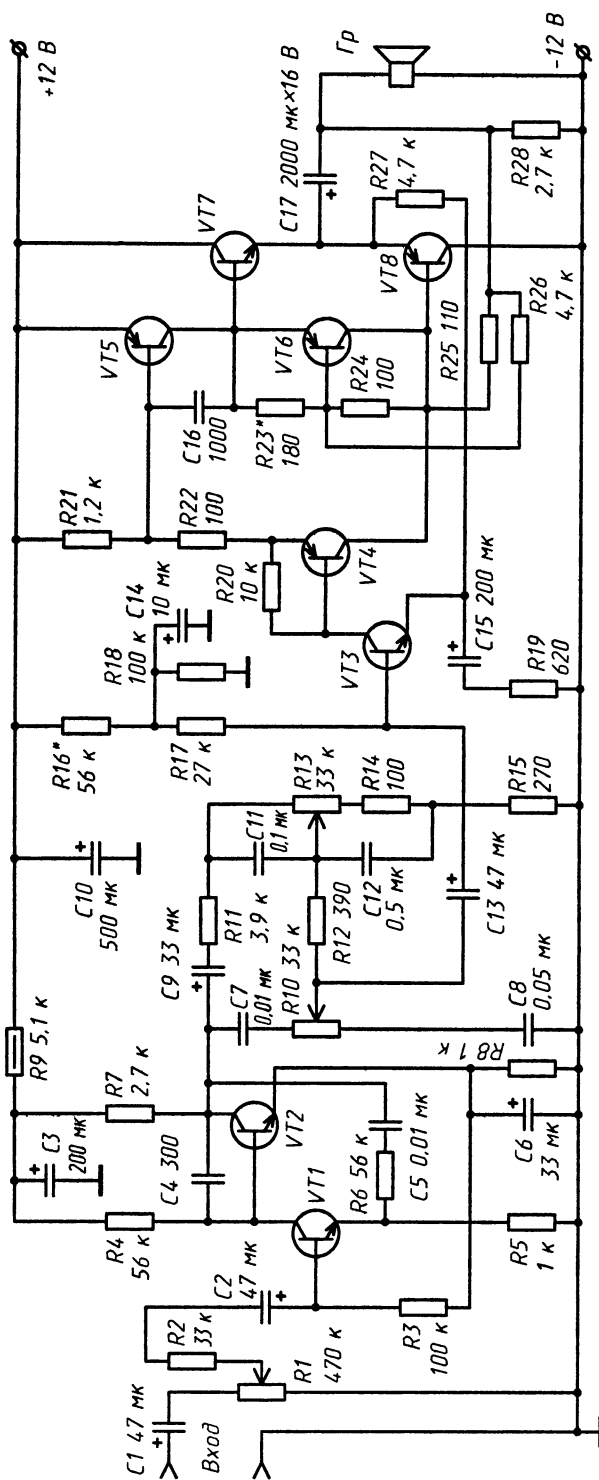
Сигнал с выхода узла регуляторов тембра через этот разделительный конденсатор поступает на вход усилителя мощности, собранного на шести транзисторах.

Транзистор *VT3* выполняет функцию предварительного усилителя, компенсирующего потери сигнала в узле регулировки тембра, транзистор *VT4* является эмиттерным повторителем.

Предоконечный усилитель мощности (драйвер) собран на транзисторе *VT5*, а мощный оконечный каскад — на двух транзисторах *VT7* и *VT8* разной проводимости, что избавляет от необходимости иметь отдельный фазоинверсный каскад. Между базами оконечных транзисторов включен транзистор *VT6*, осуществляющий термостабилизацию их режима.

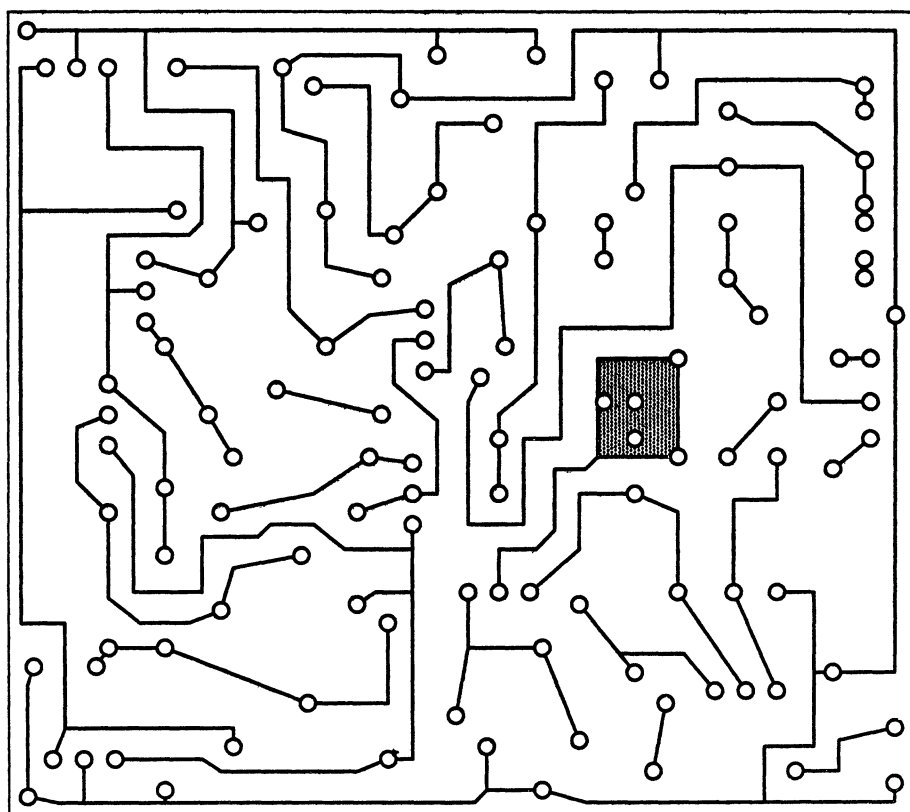
---

\* Гендин Г. С. Азбука радиолюбителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003; Гендин Г. С. Школа радиолюбителя. — М.: ИП РадиоСофт, 2003.



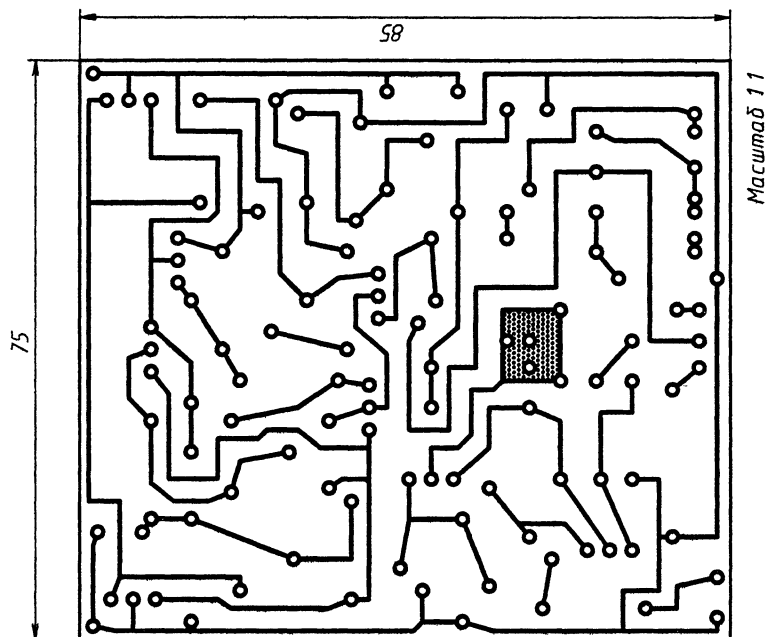
VT1, VT2, VT3 KT315: VT4, VT6 KT209K: VT5, VT8 KT816B: VT7 KT817B:  
R1-зромкость, R10-темп ВЧ, R13-темп НЧ.

Рис. 49. Принципиальная схема одноканального УНЧ на транзисторах



*Увеличено*

Рис. 50. Рисунок печатной платы усилителя



*Масштаб 1:1*

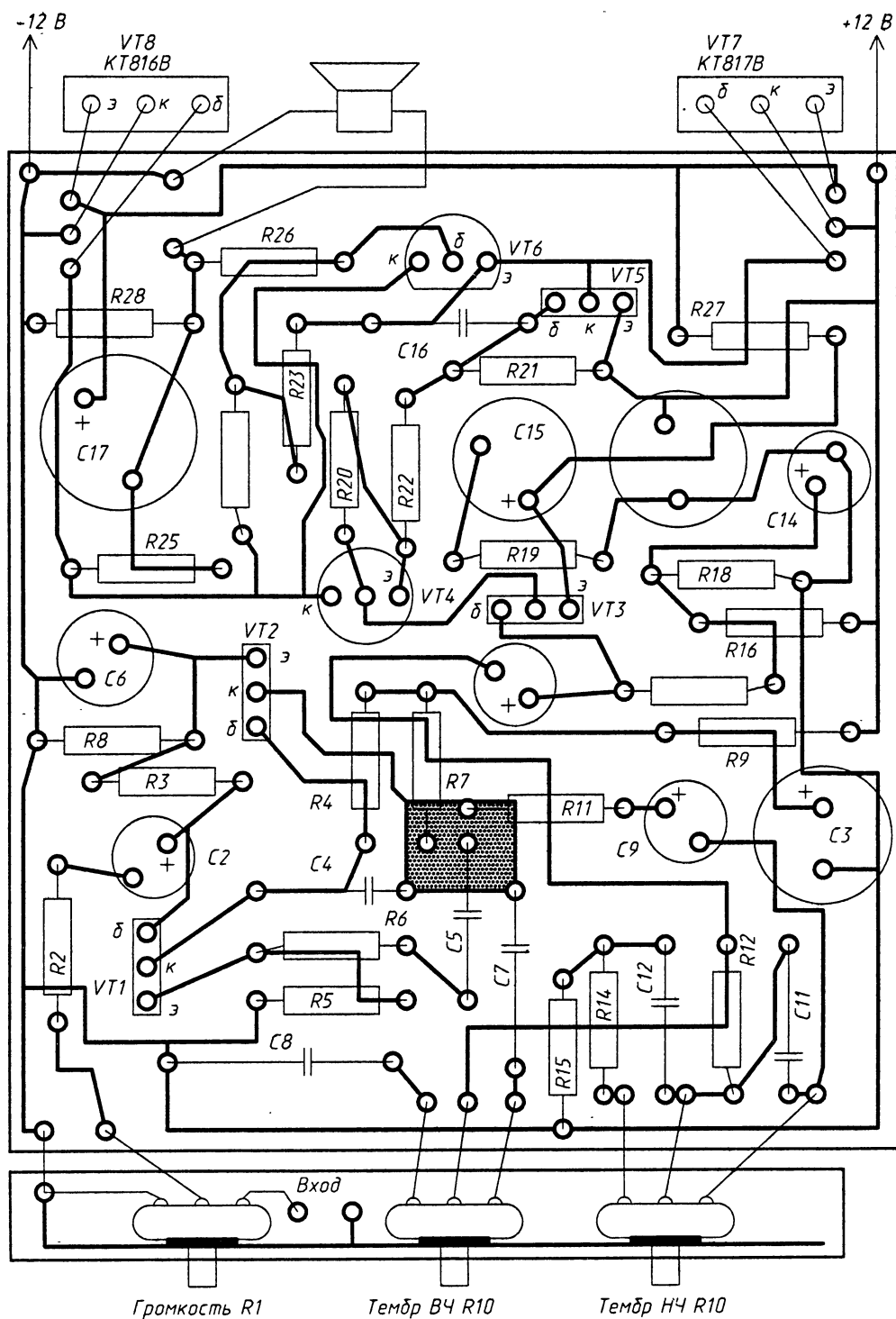


Рис. 51. Расположение деталей на плате усилителя

Для повышения качественных показателей и уменьшения нелинейных искажений усилитель мощности охвачен несколькими независимыми цепями отрицательной обратной связи: местная по току в эмиттерной цепи транзистора  $VT3$  (резистор  $R19$ ), отрицательная обратная связь (ООС) по напряжению с выхода транзистора  $VT5$  на его же базу (через конденсатор  $C16$ ), глубокая ООС с выхода усилителя на вход предоконечного каскада по цепям  $R26-R23$  и  $R26-R24$ .

Последняя существенно уменьшает уровень нелинейных искажений. Резистор  $R25$  служит для увеличения выходного сигнала. Резистор  $R9$  и конденсатор  $C3$  образуют развязку (фильтр) для питания транзисторов предварительного усилителя.

Нагрузка (громкоговоритель или акустический агрегат) подключаются к выходу усилителя через конденсатор  $C17$  большой емкости на рабочее напряжение не ниже 16 В. От величины емкости этого конденсатора напрямую зависит нижняя граница полосы пропускания усилителя, поэтому чем его емкость больше — тем лучше.

Собран усилитель на печатной плате, топография которой приведена на рис. 50, а на рис. 51 показано расположение на плате всех схемных элементов.

Если ты еще не забыл, в первой книге («Азбука радиолюбителя») на седьмом занятии, когда мы впервые осваивали технологию печатного монтажа, я обратил твое внимание на то, что

*На грамотно скомпонованной печатной плате должно быть минимальное количество проволочных перемычек, а в идеальном случае их не должно быть совсем.*

Теперь посмотри внимательно на рис. 51, убедись, что на ней нет ни одной перемычки, несмотря на достаточно сложную схему и небольшие размеры самой платы. Это я говорю тебе не из хвастовства (дескать, какой я грамотный конструктор!), а с тем, чтобы ты не повторял вслепую мой рисунок, а попытался, пользуясь одной только принципиальной схемой, создать на плате такого же размера свой собственный рисунок и, по возможности, без перемычек, или хотя бы с их минимальным количеством. Поверь, это будет отличная практика, которая приучит к грамотному и рациональному размещению деталей на твоих будущих печатных платах при создании собственных конструкций.

И в заключение остается добавить, что для питания усилителя вполне подойдет стабилизированный выпрямитель на 12 В, который мы изготовили для автомата фотопечати.

## Простая акустическая система для транзисторного усилителя

Для того, чтобы убедиться в том, что мы создали действительно хороший, а главное — работоспособный усилитель, нам потребуются как минимум ЭПУ (т. е. проигрыватель грампластинок), сама грампластинка и акустический излучатель звука. Первые две составляющие мы при всем желании сами изготовить не можем, а вот построить вполне приличную акустическую систему нам вполне под силу, и именно этим мы сейчас и займемся.



Первое, что мы должны принять в расчет, приступая к конструированию, это выходные параметры усилителя, на который наша акустическая система (АС) будет нагружена. Это прежде всего *номинальная* и *максимальная* (пиковая) мощности и полоса пропускания.



Что такое номинальная мощность — это понятно. А понятие **пиковая мощность** требует пояснения.

Во второй книге («Школа радиолюбителя») на втором уроке десятого занятия мы очень подробно разбирали тему нелинейных искажений — физическую сущность, механизм возникновения и влияние на качество звучания. Если ты слегка подзабыл это, настоятельно советую освежить в памяти.

Так вот, на этом втором уроке мы твердо установили, что высокое качество звучания любого радиоаппарата возможно только при полном отсутствии **нелинейных искажений**, основными «создателями» которых служат УНЧ и АС. При этом **уровень нелинейных искажений** прогрессивно увеличивается по мере приближения **фактической** выходной мощности усилителя к расчетной (паспортной) неискаженной выходной мощности или паспортной мощности АС. А в случае превышения фактической мощности над паспортной нелинейные искажения становятся так велики, что ни о каком качестве звука не может быть и речи.

К сожалению, в любой речевой, а особенно музыкальной программе уровень сигнала непрерывно изменяется: шепот сменяется выкриком, а тоненькое журчание флейты прерывается хором фанфар или ударом большого барабана. В полном соответствии с этим изменяется и **фактическая мощность** на выходе усилителя (а значит, и на входе АС).

Кстати говоря, а ты имеешь представление, на сколько разнятся эти мощности? Приведу некоторые цифры, характеризующие **сравнительную мощность** различных источников звука, пересчитанную в привычные нам ватты (правда, не электрические, а акустические).

Тихий шепот, Вт .....	0,000000001
Речь средней громкости, Вт .....	0,000001
Очень громкая речь, Вт .....	0,001
Пики речи (выкрики), Вт .....	0,005
Пики хорового пения, Вт .....	0,03
Тихая игра скрипки, Вт .....	0,000004
Рояль в среднем, Вт .....	0,004
Рояль (пиковая мощность), Вт .....	2
Большой барабан (пиковая мощность), Вт .....	25
Большой орган (пиковая мощность), Вт .....	105
Оркестр из 75 инструментов (пиковая мощность), Вт .....	115

Теперь представь, что мы установили регулятор громкости нашего усилителя в некоторое положение, при котором наибольшая (пиковая) мощность игры на рояле не превышает на выходе нашего УНЧ 2 Вт. Поскольку номинальная выходная неискаженная мощность нашего УНЧ равна 4 Вт, звуки рояля будут воспроизводиться без всяких искажений.

Но вот вместо рояля вступает оркестр, и мощность на выходе мгновенно вырастает до 115 Вт. Вернее, не вырастает, а должна была бы вырасти. Но предельная неискаженная мощность усилителя всего 5 Вт (при номинальной — 4 Вт), а значит превышение этой мощности будет приводить не к увеличению громкости, а только к колоссальному росту нелинейных искажений, которое превратит игру оркестра в «музыкальную кашу».



Можно, конечно, предотвратить это безобразие, уменьшив регулятором громкости усиление настолько, чтобы при игре оркестра мощность сигнала на выходе УНЧ не превышала 4 Вт (вместо 115). Но тогда во столько же раз ( $115 : 4 = 28$ ) уменьшится и фактическая мощность при воспроизведении игры рояля, что составит  $2 : 28 = 0,07$  Вт. То есть перед нами реальный выбор: либо нормально слушать рояль и затыкать уши при игре оркестра, либо наслаждаться игрой оркестра, но без участия рояля.

Такова суровая реальность, характеризующаяся научным термином **динамический диапазон**.

Динамический диапазон отражает **соотношение** максимального и минимального сигналов — не важно, каких именно: напряжений и токов звуковых частот в усилителе, максимальной и минимальной громкости АС и т. п. Как правило, динамический диапазон выражают в хорошо известных тебе единицах **децибелах (дБ)**. Если забывал, перечитай в книге «Школа радиолюбителя» второй урок первого занятия.

Для того, чтобы звуковоспроизводящая аппаратура без искажений передавала музыкальное содержание, скажем, большого симфонического оркестра, динамический диапазон аппаратуры должен быть **не меньше** динамического диапазона оркестра, а он, если верить справочникам, составляет около 100 дБ. Кроме того, номинальная выходная мощность усилителя (а соответственно и мощность АС) должны быть не менее 115 Вт, потому что при меньшей мощности УНЧ и АС они будут перегружаться **в пиках (!)** звучания оркестра.

Я ясно выразился? Именно **в пиках**, потому что максимальную мощность звучания оркестр приобретает, когда все 75 инструментов играют **одновременно** и при том на всю катушку. Но это бывает исключительно редко, а в основное время (на протяжении всего концерта) мощность звучания инструментов оркестра редко превышает половину **пиковой мощности**, колеблясь где-то в районе 30% от максимальной.

А это значит, что идеальный УНЧ для неискаженного воспроизведения звучания оркестра может иметь **номинальную выходную мощность** не 115, а всего 40 Вт. Правда, при этом, обеспечивая высокое качество воспроизведения на 90...95%, он неизбежно будет перегружаться, воспроизводя резкий удар большого барабана, тарелок или литавр.

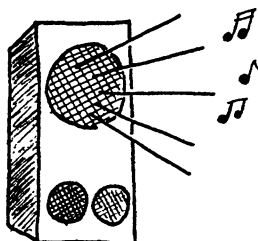
Но с этим, увы, ничего поделать нельзя, и конструкторам БРА приходится идти на компромисс между качеством и стоимостью аппаратуры звуковоспроизведения. И одним из элементов этого компромисса является введение двух разных параметров: номинальная мощность и пиковая мощность.

При номинальной мощности степень нелинейных искажений допускается такой, чтобы на слух звучание воспринималось как натуральное, без искажений.

При достижении пиковой мощности нелинейные искажения уже воспринимаются на слух, но еще не носят раздражающего характера. Превышение фактической мощности оговоренной паспортной пиковой мощности аппаратуры недопустимо при любых обстоятельствах.

\* \* \*

Вот теперь, разобравшись с этими новыми понятиями, мы вынуждены констатировать, что наш УНЧ, имея номинальную выходную мощность 4 Вт, просто не может достоверно воспроизвести звучание большого оркестра по параметрам «динамический диапазон» и «фактическая мощность». Впрочем, этого не могут сделать даже аппараты высшего и экстра-класса, поскольку на сегодня максимально достижимый динамический диапазон усилительной аппаратуры не превышает 80 дБ (достигая в редких случаях 90 дБ в аппаратуре компакт-дисков), а у излучателей



звука — акустических систем, звуковых колонок и т. п. динамический диапазон достигает 90 дБ только при измерении в диапазоне частот 100...8000 Гц, а на частотах ниже 100 Гц и выше 8000 Гц его значение в документации скромно умалчивается.

Так что, смирился с реальностью и вернемся к тому месту, с которого мы отвлеклись от основной темы. А тема эта — создание акустической системы для нашего конкретного усилителя.

\*\*\*

С усилителем мы разобрались: его номинальная выходная мощность составляет 4 Вт, а пиковая — 5 Вт. Из этого вроде бы вытекает, что больше 5 Вт он не имеет права воспроизводить даже пики звучания, а поэтому логично предположить, что и излучающая система (АС) может быть ограничена теми же значениями мощности. Однако на деле это не так, и вот почему.

Представим себе, что в какой-то момент пиковая мощность усилителя оказалась немного превышена, что привело к увеличению нелинейных искажений, скажем, до 10%. Но при этом (условно!) на те же 10% возрастут и искажения, возникающие в АС, в результате суммарные нелинейные искажения составят не 10, а 20%.

Если номинальная мощность АС будет **меньше**, чем у усилителя, то нелинейные искажения возникнут в ней даже тогда, когда пиковая мощность УНЧ не будет превышена. А если номинальная (а тем более — пиковая) мощность АС будет **больше** соответствующих показателей усилителя, то превышение пиковой мощности усилителя не приведет к возникновению искажений АС, а суммарные искажения тракта останутся равными искажениям только усилителя.

Вот поэтому во всех случаях номинальную (и пиковую) мощности АС предпочтительней иметь больше, чем у УНЧ. Больше — это насколько? Вот тут никакого оптимального ответа не существует. Можно, конечно, сказать: «Чем больше — тем лучше», однако все должно иметь свои разумные пределы, которые на 90% определяются соображениями экономическими.

Во всяком случае ответ «в два раза» будет гарантировать, что при любых перегрузках усилителя АС не будет участвовать в создании дополнительных нелинейных искажений. Мы попробуем придерживаться этой рекомендации, а потому зададимся номинальной и пиковой мощностями нашей АС соответственно в 8 и 10 Вт.

Теперь нам предстоит решить, какими техническими средствами мы реализуем эти параметры. Можно, к примеру, установить один десятиваттный громкоговоритель, а можно применить 5 двухваттных или даже 10 одноваттных. Результат (по мощности!) будет одинаковый. А по остальным параметрам?

Кстати, а что это за «остальные параметры»? Ну, скажем, полоса воспроизводимых частот. Именно **воспроизводимых**, потому что УНЧ ничего не воспроизводит, а только обрабатывает электрические сигналы в некоторой полосе частот, называемой **полосой пропускания**. А АС именно **воспроизводит** звуки, а потому характеризуется **полосой эффективно воспроизводимых частот**.

А что значит «эффективно»? Опять придется отвлекаться от основной темы. Но в этом нет ничего страшного: ведь все три книги специально предназначены для твоего обучения, а поэтому главная задача автора — объяснять все, что не очень понятно.

Так вот, насчет эффективности. Проще всего это объяснить на пальцах. Возьмем (мысленно!) любой громкоговоритель и звуковой генератор, частота ко-

торого может изменяться от нескольких герц до 50 кГц, подключим громкоговоритель к выходу генератора и установим на нем частоту 5 Гц. Диффузор громкоговорителя придет в колебательное движение — это отчетливо видно на глаз, однако никакого звука мы не услышим.

Увеличим частоту до 10 Гц. Диффузор начнет колебаться в два раза быстрее, но опять никакого звука мы не услышим. Это и не удивительно, потому что человеческое ухо воспринимает колебания воздуха в виде звука только тогда, когда **частота колебаний** превысит 16 Гц.

Установим частоту генератора в 25 Гц. Зрительно нам покажется, что диффузор перестал колебаться, зато мы отчетливо, хотя и очень тихо услышим рокот очень низкого тона, отдаленно напоминающий раскаты грома. На самом деле диффузор продолжает колебаться, но наш глаз устроен так, что не воспринимает отдельных мельканий, если их частота равна или превышает 25 Гц.

Продолжим увеличивать частоту. На частоте 100 Гц громкость звука существенно увеличится, хотя **уровень сигнала**, подводимого от генератора к громкоговорителю, остался неизменным. Если мы и дальше будем плавно увеличивать частоту, тон звука будет расти, но его громкость начиная с какого-то момента на слух перестанет увеличиваться и будет сохраняться относительно неизменной до некоторой частоты, скажем, до 12 кГц, после которой увеличение частоты будет приводить не только к увеличению высоты тона, но и к одновременному уменьшению громкости, а на какой-то частоте (к примеру, на 20 кГц) звук перестанет быть слышен, несмотря на то, что сигнал от генератора продолжает подводиться к катушке громкоговорителя.

Этот эксперимент показывает, что громкоговоритель воспроизводит **в виде звука** только те частоты, которые лежат в пределах некоторой полосы частот, да и то не одинаково, а с **разной громкостью**. Если бы мы на листе бумаги отмечали точками сравнительные величины громкости звучания громкоговорителя на каждой измеряемой частоте, то получили бы графическое изображение **амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) излучения громкоговорителя**.

А дальше я советую тебе достать с полки нашу вторую книгу — «Школа радиолюбителя», открыть ее на стр. 179 и заново перечитать материал второго урока одиннадцатого занятия, из которого станет понятно, что

*Полосой эффективно воспроизводимых громкоговорителем частот следует считать такую полосу, внутри которой **неравномерность частотной характеристики** не превышает допустимых пределов.*

Вот теперь самое время взять любой справочник, в котором есть таблица под названием «Основные параметры отечественных диффузорных электродинамических головок» и руководствуясь здравым смыслом попытаться выбрать те, которые нас устроят по всем показателям, и в первую очередь — по стоимости и возможности их приобретения. Чтобы облегчить и ускорить эту работу, таблица приводится ниже.

Я уже сказал, что таких вариантов может быть превеликое множество, поэтому предоставляю тебе самому заняться этой работой, а я предложу тебе один вариант, который в свое время был описан в книжке автора и судя по письмам читателей многократно повторен радиолюбителями.

Это мини-АС **открытого** типа (в отличие от современных **компрессионных**), настольного исполнения, двухполосная, на четырех громкоговорителях, с номинальной неискаженной мощностью 10 Вт.

Таблица 3

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДИФFUЗОРНЫХ  
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ГОЛОВOK**

ОСТ 4.381.001—85	ГОСТ 8010—84	Габаритные размеры, мм	Диапазон частот, Гц	Уровень характери- стической чувствитель- ности, дБ/Вт	Номиналь- ное сопро- тивление, Ом	Частота основ- ного резонан- са, Гц
Широкополосные (выборочно)						
0,25ГДШ-2	0,1ГД-17	50×80	450...3 150	90	50	—
0,5ГДШ-1	0,25ГД-10	63×29,5	315...5 000	90	8	—
1ГДШ-6	0,5ГД-52	80×28	315...7100	92	8	—
1ГДШ-1	0,5ГД-30	80×125×47	125...10 000	93	16	—
1ГДШ-4	1ГД-50	100×36	180...12 500	90	8	—
2ГДШ-4	1ГД-37	80×125×42	125...10 000	92	8	—
2ГДШ-6	1ГД-62	100×35	160...12 500	90	8	—
3ГДШ-10	—	80×125×42	100...12 500	92	4/8	—
4ГДШ-3	4ГД-53А	125×47	100...12 500	91	8	—
5ГДШ-5	4ГД-53	125×50	100...12 500	92	4/8	—
5ГДШ-4	3ГД-45	160×45	80...12 500	90	4	—
6ГДШ-1	3ГД-32	125×200×77	80...12 500	92	4	—
8ГДШ-1	—	200×46	63...12 500	92	8	—
10ГДШ-1	10ГД-36К	200×87	63...20 000	90	4	—
10ГДШ-2	10ГД-36Е	200×82	63...20 000	87,5	4	—
10ГДШ-5	10ГД-48	200×87	63...20 000	87,5	4	—
15ГДШ-1	15ГД-12	250×93	40...16 000	92	4, 6, 16	—
Низкочастотные						
10ГДН-1	6ГД-6	125×80	63...5 000	84	4	—
20ГДН-1	10ГД-30Б	200×92	63...5 000	86	8	32
25ГДН-1	10ГД-34	125×75,5	63...5 000	84	4	80
25ГДН-2	15ГД-18	125×75,5	80...3 150	81	4	—
25ГДН-3	15ГД-14	125×76	63...5 000	84	4/8	55
35ГДН-1	25ГД-26	200×120	40...5 000	86	4	30
50ГДН-1	35ГД-1	200×100	31,5...4 000	85	8	25
50ГДН-3	25ГД-4	250×120	31,5...2 000	85	8	—
75ГДН-1	30ГД-2	250×125	31,5...1 000	87	4/8	25
75ГДН-2	35ГД-2	250×120	31,5...5 000	87,5	8	—
75ГДН-01	—	320×175	31,5...1 000	86,5	8	28
100ГДН-3	75ГД-1	315×190	31,5...1 000	90	8	32
10ГДН-1	6ГД-6	125×80	63...5 000	84	4	—
20ГДН-1	10ГД-30Б	200×92	63...5 000	86	8	32
Среднечастотные						
20ГДС-1	15ГД-11А	125×73,5	200...5 000	90	8	110
20ГДС-4	15ГД-11	125×73,5	200...5 000	89	8	120

ОСТ 4.381.001—85	ГОСТ 8010-84	Габаритные размеры, мм	Диапазон частот, Гц	Уровень характеристической чувствительности, дБ/Вт	Номинальное сопротивление, Ом	Частота основного резонанса, Гц
20ГДС-2	20ГД-1	140×140×45	630...8 000	87,5	8	450
25ГДС-1	25ГД-43	170×50	400...8 000	92	8	—
20ГДС-01	—	170×170×140	315...6 300	88,5	8	—
30ГДС-1	30ГД-Н	125×65	250...8 300	92	8	170
Высокочастотные						
5ГДВ-1	3ГД-31	100×48,2	$(3...20) \cdot 10^3$	90	8	—
6ГДВ-1	3ГД-2	63×63×31	$(5...18) \cdot 10^3$	92	16	—
6ГДВ-2	4ГД-56	50×80	$(3...20) \cdot 10^3$	90	8	—
10ГДВ-1	10ГД-20	110×110×44	$(5...30) \cdot 10^3$	92	8	—
10ГДВ-2	10ГД-35	100×100×35	$(5...25) \cdot 10^3$	92	16	—
10ГДВ-4	—	110×110×70	$(5...25) \cdot 10^3$	94	16	—
10ГДВ-01	—	120×170×45	$(2,5...25) \cdot 10^3$	92	8	—
20ГДВ-1	2ГД-4	125×125×40	$(5...35) \cdot 10^3$	90	8	—

В АС применены два широкополосные громкоговорителя и два дополнительные высокочастотные (на языке радиолюбителей — «пищалки»). Их данные приводятся ниже (табл. 4).

Имеет смысл обосновать такой выбор. Во времена создания АС громкоговоритель 4ГД7 был одним из лучших так называемых широкополосных динамиков и широко использовался не только в стационарных приемниках со встроенной акустической системой, но и как среднечастотный в многополосных «выносных» АС аппаратуры высшего класса.

При использовании его в качестве основного излучателя в АС 2-го и 1-го класса его верхняя частотная граница чуть-чуть «не дотягивала» до требуемой нормы, поэтому в таких приемниках, радиоллах и магнитолах (при наличии в них диапазона УКВ-ЧМ) применяли в качестве дополнения одну или две «пищалки», что позволяло уверенно довести суммарную частотную полосу АС до верхней границы в 15 кГц, что по тем временам считалось достаточным.

В авторской конструкции, описываемой ниже, использованы два громкоговорителя типа 4ГД7 и два — типа 1ГД3 (производства рижского радиозавода им. Попова). Электрическая схема соединения громкоговорителей в АС приведена на рис. 52.

Таблица 4

Параметр	Тип громкоговорителя	
	4ГД-7	1ГД-3 (РРЗ)
Среднее стандартное звуковое давление, Н/м <sup>2</sup>	0,25	0,3
Частота механического резонанса, Гц	60±10	4500±500
Модуль полного электрического сопротивления, Ом	4,5 на частоте 1 кГц	12,5±2 на частоте 10 кГц
Номинальная мощность, Вт	4	1
Рабочий диапазон частот, Гц	80...12000	5000...16000

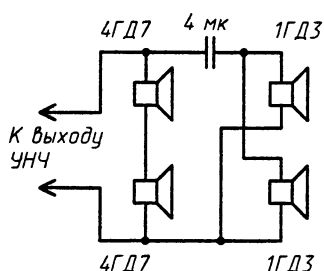


Рис. 52. Электрическая схема соединения громкоговорителей в АС

Катушки основных громкоговорителей соединены последовательно, а две «пищалки» — параллельно и подключены к основным громкоговорителям через конденсатор емкостью 4 мкФ. При таком включении общее суммарное сопротивление всей системы лежит в пределах  $5,5 \pm 2$  Ом в зависимости от частоты.

Если в твоей конструкции будут использованы другие типы громкоговорителей (а это весьма вероятно), то в зависимости от сопротивления их звуковых катушек возможно придется включать их иначе и опытным путем подобрать величину емкости разделительного конденсатора такой, чтобы самые высокие частоты музыкального сопровождения хорошо прослушивались, но не подавляли

звуки более низких частот.

Особое внимание (я это подчеркиваю — **особое!**) нужно обратить на **фазирование** громкоговорителей, поскольку от этого на 100% зависит качество работы АС. Что значит «фазирование»? Если объяснить популярно, то это значит, что **в любой момент** диффузоры **всех** громкоговорителей должны двигаться в одну сторону: или все выталкиваться, или все втягиваться.

При производстве громкоговорителей принято придерживаться единого принципа при распайке выводов звуковой катушки: начало катушки припаивать к левому лепестку, конец — к правому. Во всяком случае это правило неуклонно соблюдается у громкоговорителей одного типа. Чтобы облегчить эту задачу, на рис. 53 показано такое правильное соединение.

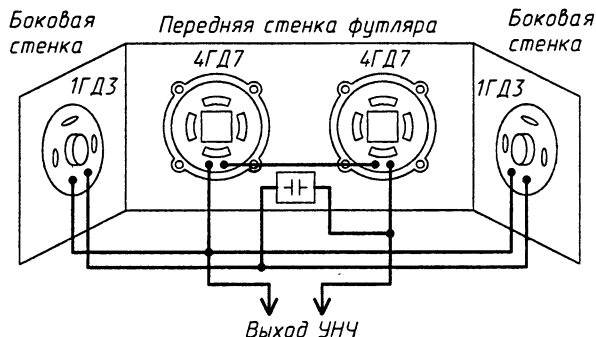
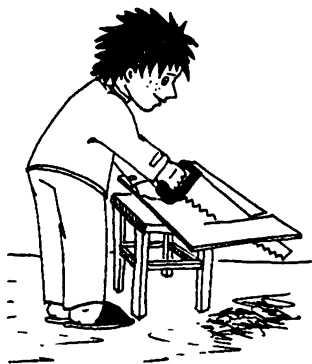


Рис. 53. Соединение громкоговорителей, обеспечивающее их правильное фазирование

Теперь поподробнее о футляре АС и его передней доске (акустическом щите). Футляр представляет собой обычный ящик без передней и задней стенок, изготовленный из 10...12 мм фанеры. Четыре его стенки (две боковые, верхняя и нижняя) жестко скреплены между собой, образуя прямоугольный короб. Соединение лучше всего осуществить на шипах с помощью столярного клея, но можно прибегнуть и к более простым способам, например, с помощью отрезков дюралевого уголка и шурупов, соединяя с их помощью две смежные стенки изнутри футляра.

Наконец, можно с успехом использовать деревянный футляр от какого-либо элемента мебели: распилить пополам старую книжную полку или подвесной шкафчик подходящего размера. На качество звучания сам футляр почти не влияет



(при условии, что он обязательно деревянный, а не металлический или пластмассовый).

Зато от переднего акустического щита качество звучания зависит напрямую. Не будем вдаваться в теоретическое обоснование этого заявления, а поверим мне на слово, подтверждаемое многолетним опытом создания АС различных конструкций.

Прежде всего заметим, что ДСП (древесно-стружечная плита), из которой сегодня изготавливают почти всю «деревянную» продукцию, а также клееная фанера для этой цели не годятся. Передний щит должен быть изготовлен из цельковой доски **натуральной, абсолютно сухой сосны или ели**.

Согласен, что это ограничение сильно затруднит твою работу, но не пожалей усилий, найди именно такую доску, и ты будешь вознагражден высоким качеством звучания АС. Если же цельковую доску достать не получится, ее можно склеить столярным клеем из отдельных прямоугольных брусков, а затем обрезать под нужный размер и вырезать в ней отверстия под основные динамики. Именно такой вариант изображен на рис. 54. Чтобы такой щит «не повело», в его боковых гранях надо пропиливать пазы и вклеить в них брусочки квадратного сечения.

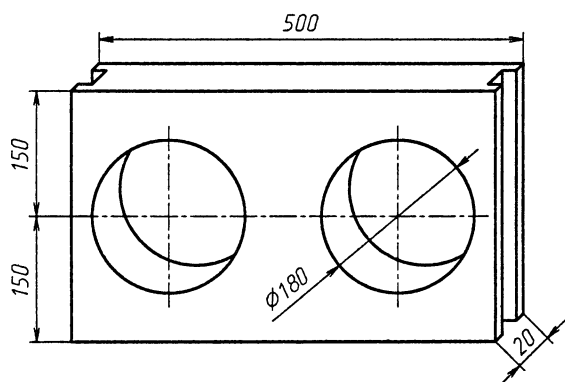


Рис. 54. Вариант конструкции переднего акустического щита, склеенного из отдельных брусков

Размеры щита и отверстий в нем даны для случая использования громкоговорителей типа 4ГД7. При использовании других громкоговорителей эти размеры будут необходимо скорректировать. Снаружи щит обтягивается (но не обклеивается!) специальной «радиотканью», но поскольку ты наверняка сегодня ее не сможешь приобрести, вместо нее можно использовать любую другую «редкую» (не в смысле доступности приобретения, а достаточно прозрачную для воздуха) ткань.

Крепить доску к футляру можно разными способами. Заднюю стенку можно сделать или из фанеры толщиной в 2...3 мм или из плотного картона. В ней нужно будет выпилить или вырубить отверстия диаметром в 15...25 мм по всей площади, а изнутри обтянуть обычной марлей, чтобы внутрь футляра не попадала пыль. Боковые «пищалки» можно крепить прямо к стенкам футляра или на небольших прямоугольниках из фанеры толщиной в 4...8 мм.

Для подключения АС к выходу УНЧ вполне пригоден обычный сетевой шнур необходимой длины с соответствующим разъемом. Вот, пожалуй, и все премудрости. Желаю тебе творческих успехов!



# УКВ радиоточка

В самом начале этой книги было сказано, что по мере продвижения вперед тематика практических работ будет неуклонно усложняться. Оно и понятно: не зря же проштудировали две с половиной книги, так что за плечами у тебя не только солидный теоретический багаж, но, как я надеюсь, и соответственный опыт практической самостоятельной работы. Если, конечно, ты повторял все конструкции, описанные в первых двух книгах, а не ограничивался изучением их описаний, поэтому теперь самый раз предложить очередную конструкцию повышенной сложности, при изготовлении которой придется применить знания и опыт практической работы.

Речь пойдет об аппарате, который я условно назвал **«УКВ радиоточкой»**. Одно время были очень широко распространены и популярны так называемые «трехпрограммные громкоговорители». Это были устройства, предназначенные для воспроизведения (на выбор) трех разных программ центрального вещания, которые транслировались по обыкновенным проводам городской трансляционной сети. Устройство одновременно питалось от силовой сети и содержало небольшой УНЧ с регуляторами громкости и тембра и выходной мощностью 0,5...1,0 Вт, что обеспечивало вполне удовлетворительное звучание. Чаще всего такие «трехпрограммники» устанавливались на кухне, чтобы домохозяйкам было не так скучно заниматься рутинной готовкой еды.

Впрочем, те времена давно прошли, поэтому я предлагаю тебе современный вариант такого же назначения. Он представляет собой двухдиапазонный УКВ-ЧМ приемник, позволяющий принимать все радиостанции с частотной модуляцией как советского (российского), так и европейского стандартов.

В соответствии с этими стандартами отечественные УКВ станции занимают диапазон 64,0...73,0 МГц, а так называемые «европейские» — диапазон от 88 до 108 МГц. Впрочем, на европейском диапазоне уже давно вещает целый ряд наших, отечественных радиостанций, так что такое деление диапазонов на «наш» и «не наш» практически потеряло всякий смысл.

Предлагаемый приемник разработан и сконструирован на базе автомобильного приемника «Былина-315» и отличается от него отсутствием средневолнового диапазона и наличием двух блоков УКВ с отечественным и европейским диапазонами. Такое решение в конечном итоге оказывается более простым в регулировке, чем регулировка одного обзорного диапазона шириной от 64 до 108 МГц. Кроме того, в предлагаемой конструкции предусмотрена фиксированная настройка на 12 станций во всем сквозном диапазоне от 64 до 108 МГц, причем благодаря оригинальному схемному решению — на одном шестикнопочном переключателе. В авторском варианте отсутствует плавная настройка, однако при желании ее ничего не стоит ввести дополнительно, хотя это потребует изменения системы коммутации. Если захочешь поэкспериментировать в этом направлении — тебе и карты в руки.

Полная схема приемника приведена на рис. 55. Блоки УКВ полностью идентичны, за исключением номиналов нескольких конденсаторов. Я бы на твоём месте, учитывая отсутствие у тебя опыта работы с аппаратурой в диапазоне УКВ, попробовал приобрести пару таких блоков на радиорынке или в любой радиомастерской, принимающей в ремонт автомобильные приемники и автомагнитолы, избавив таким образом себя от наиболее трудоемкой и капризной части работы. Если же это не получится — тоже неплохо, поскольку в этом случае у тебя как раз и появится опыт работы с такими схемами.

На всякий случай привожу схему УКВ блока на диапазон 64...73 МГц (рис. 56), а на рис. 57 — точные данные всех катушек для приемника-радиоточки. Номера катушек и трансформаторов на этом рисунке соответствуют схемам на рис. 55 и рис. 56.

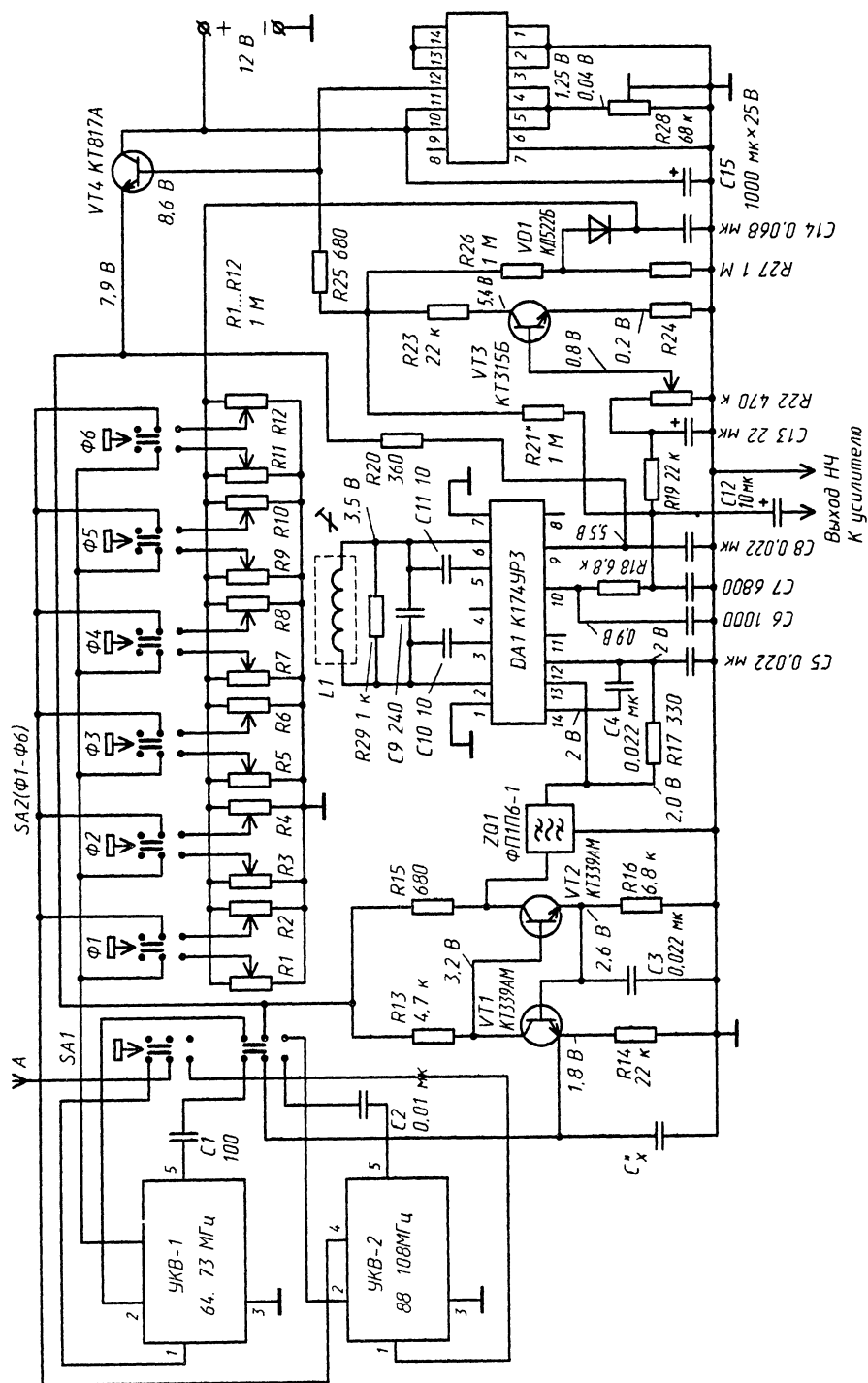


Рис. 55. Принципиальная схема УКВ приемника-радиоточки

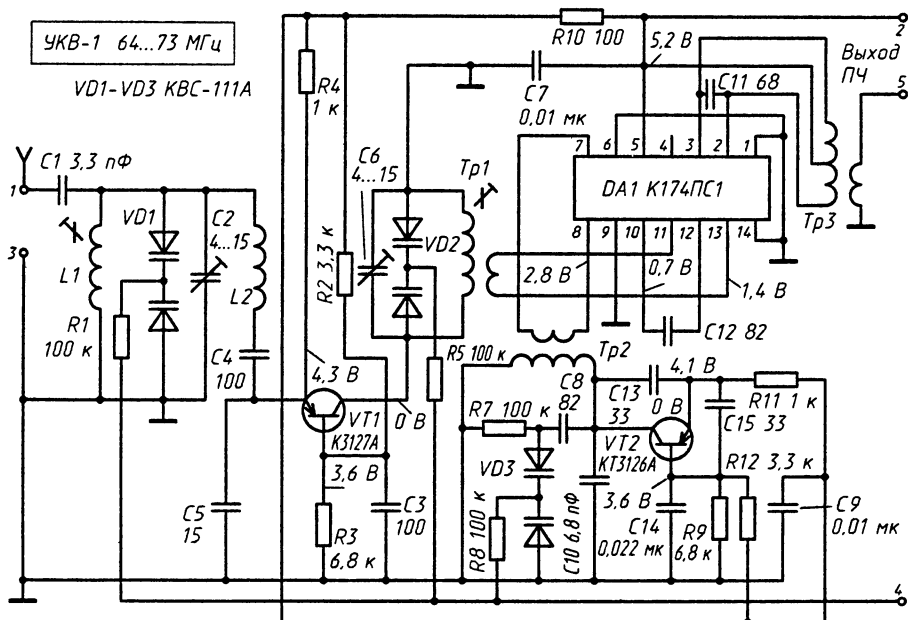


Рис. 56. Принципиальная схема УКВ блока на диапазон 64...73 МГц

Кстати говоря, вовсе не обязательно приобретать УКВ блоки именно от приемника «Былина-315». Вполне годятся аналогичные блоки от любых отечественных и импортных моделей, при условии, что в них применена варикапная, а не механическая настройка (с помощью ферровариометров или переменных конденсаторов). Если эти блоки предусматривают иное напряжение питания (более низкое), то в разрыв питающей цепи нужно будет включить дополнительный развязывающий фильтр, величину резистора которого нетрудно подсчитать по закону Ома, а в качестве фильтрующего (развязывающего) элемента применить обязательно **два параллельно включенные конденсатора** — один электролитический емкостью в 20...50 мкФ, другой — емкостью в несколько тысяч пикофард любого типа, но обязательно **безындукционные**, для фильтрации высокочастотной составляющей с частотами в десятки мегагерц.

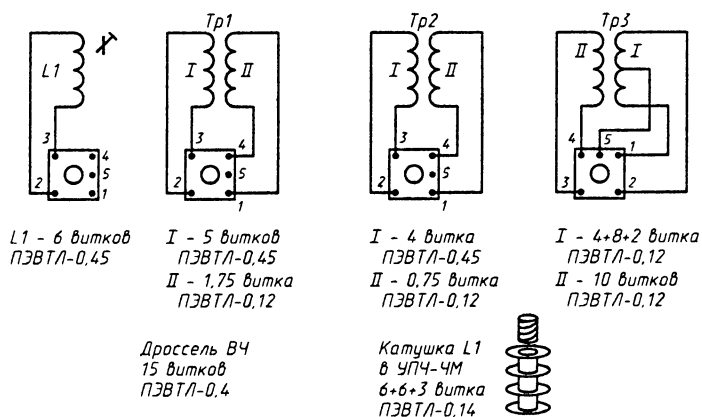


Рис. 57. Обмоточные данные всех катушек приемника-радиотюнки

Не исключено также, что в некоторых УКВ-ЧМ блоках для управления варикапными матрицами потребуется напряжение другой величины, которое в ряде случаев может достигать до 28 В. В этом случае придется соответствующим образом доработать источник питания, имея в виду, что источник такого напряжения обязательно должен быть стабилизированным, чтобы исключить нестабильность настройки на станцию. Особое значение этот фактор приобретает при фиксированной настройке.

\* \* \*

Начнем с рассмотрения принципиальной схемы, приведенной на рис. 55 и 56. Прием ведется на встроенную телескопическую антенну, что избавляет от необходимости ее ориентирования, как в случае использования двухлучевого диполя. Принятый сигнал через конденсатор *C1* поступает на входной перестраиваемый по диапазону резонансный контур, образованный индуктивностью катушки *L1* и суммарной емкостью конденсатора *C2* и емкостью варикапа *VD1*.

Выделенный контуром сигнал через дроссель *L2* и конденсатор *C4* подается на эмиттер транзистора *VT1*, выполняющего функцию усилителя высокой частоты (УВЧ). Транзистор работает в схеме с общей базой. Нагрузкой каскада служит второй перестраиваемый контур, состоящий из индуктивности основной катушки ВЧ трансформатора *Tr1* и суммарной емкости конденсатора *C6* и емкости варикапа *VD2*. Вторая катушка трансформатора *Tr1* является катушкой связи с каскадом смесителя, выполненного на микросхеме *DA1* (K174ПС1).

На другой вход смесителя через катушку связи трансформатора *Tr2* подается сигнал от отдельного гетеродина, работающего на биполярном транзисторе *VT2* типа КТ3126А. Резонансный контур гетеродина составляют первичная обмотка этого трансформатора и емкости конденсаторов *C8*, *C10* и варикапной матрицы *VD3*, *VD4*. Все три варикапные матрицы через резисторы *R1*, *R5* и *R8* соответственно подключены к цепи управления настройкой и системы автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ), которая в зависимости от величины и фазы расстройки приемника вырабатывает соответствующий корректирующий сигнал, изменяющий емкость варикапа и тем самым подстраивая гетеродин на нужную частоту.

Образованный в смесителе сигнал промежуточной частоты (ПЧ) 10,7 МГц с выводов 2 и 3 микросхемы *DA1* через настраиваемый ВЧ трансформатор *Tr3* при помощи катушки связи подается на клеммы переключателя диапазонов УКВ-1 (64...73 МГц) и УКВ-2 (88...108 МГц). Этот переключатель не связан с переключателем фиксированных станций, а представляет собой одноклавишный переключатель типа П2К с зависимым положением фиксатора и четырьмя рабочими группами на переключение. В отжатом положении переключателя к схеме подключен первый блок (УКВ-1), в нажатом — второй блок (УКВ-2).

Одна группа переключателя диапазонов переключает сигнал от антенны, вторая группа подключает или отключает напряжение питания блоков, третья группа поочередно подключает ко входу УПЧ-ЧМ сигнал промежуточной частоты того или другого блока.

Снятый с одного из ВЧ блоков с помощью переключателя диапазонов сигнал промежуточной частоты поступает на вход общего УПЧ, который начинается с каскада предварительного усиления на двух транзисторах *VT1* и *VT2* (уже на схеме рис. 55), включенных по каскадной схеме. О том, что это такое и как такая схема работает мы уже проходили во второй книге («Школа радиолюбителя»), так что останавливаться на этом не будем.

Нагрузкой каскада служит пьезофильтр *ZQ1* типа ФП1П6-1,1, формирующий необходимую полосу пропускания тракта ПЧ с допустимой неравномерностью АЧХ.

Дальнейшая обработка сигнала ПЧ вплоть до выделения сигнала НЧ осуществляется одной микросхемой *DA1* типа К174УР3. Контур, образованный катушкой *L1*

и конденсатором *C9* может перестраиваться по частоте во всей полосе ПЧ и служит для устранения (компенсации) выбросов и провалов в АЧХ пьезофилтра, обеспечивая необходимую степень неравномерности АЧХ всего тракта ПЧ.

Выделенный и очищенный от посторонних составляющих полезный низкочастотный сигнал снимается с вывода *10* той же микросхемы и через последовательную цепочку *R18C12* подводится ко входу УНЧ.

В авторской конструкции приемник имел собственный встроенный УНЧ на микросхеме *K174УН14*, однако я считаю излишним загромождать схему и навязывать тебе свои решения, поскольку с усилителями НЧ ты уже хорошо знаком и решишь без меня, как дальше рационально использовать выделенный НЧ сигнал.

А мы лучше проследим, как в приемнике удалось с помощью всего 6 кнопок обеспечить фиксированную настройку на 12 станций одновременно. Для этого очень внимательно проследим за системой коммутации переключателя фиксированных настроек, выполненного на блоке из шести ячеек типа П2К с зависимым переключением. Сама фиксированная настройка на станции осуществляется одним из 12 установочных потенциометров (*R1–R12*), включенных параллельно и подключенных к источнику питания варикапных матриц. При сопротивлении каждого резистора в 1 МОм общее суммарное сопротивление нагрузки на источник питания составляет около 82 кОм.

При всех отжатых кнопках переключателя *SA2* движки всех 12 потенциометров никуда не подсоединены, и независимо от положения переключателя диапазонов приемник не настроен на прием ни одной станции.

При нажатии на любую кнопку переключателя *SA2* движки двух потенциометров оказываются подключены к цепи управления варикапными матрицами УКВ блоков, причем движок потенциометра с нечетным номером (*R1, R3, R5...*) будет подключен к варикапным матрицам блока УКВ-1, а движок потенциометра с четным номером (*R2, R4, R6...*) — к варикапным матрицам блока УКВ-2.

Но поскольку в любой момент времени в зависимости от положения переключателя диапазонов может работать только один из УКВ блоков (на другой блок в это время не подается ни напряжение питания ни сигнал от антенны), то нажимая попеременно на каждую из шести кнопок можно при помощи шести четных или шести нечетных потенциометров настроиться на шесть выбранных станций данного диапазона, а переключившись с помощью переключателя диапазонов на другой диапазон использовать оставшиеся 6 потенциометров для настройки на еще шесть станций уже второго диапазона. Таким образом, при нажатии на любую кнопку переключателя *SA2* ты получишь фиксированную настройку сразу на 2 разные станции — по одной в первом и втором диапазонах.

Оставшаяся часть схемы ничего интересного и необычного, с чем бы ты уже не был знаком, из себя не представляет. Первичным источником питания всего приемника в целом служит типовой, стандартный стабилизированный выпрямитель с напряжением на выходе 12 В. Мы с тобой такой уже делали. В верхнем правом углу схемы рис. 55 изображен вход, к которому такой стабилизированный выпрямитель надо подключить.

С этого входа непосредственно в приемнике ничего не питается: это напряжение подается на микросхему *DA2* и на коллектор транзистора *VT4*. На *11* выводе микросхемы выделяется высокостабильное напряжение 8,6 В, которое подводится к базе регулирующего транзистора и через резистор *R20* — к девятому выводу микросхемы *DA1*, обеспечивая напряжением 5,5 В питание всей микросхемы.

На эмиттере регулирующего транзистора *VT4* устанавливается высокостабильное напряжение 7,9 В, которым питаются оба ВЧ блока и транзисторы каскодной схемы *VT1* и *VT2*. Необходимые режимы устанавливаются в процессе регулировки приемника переменным резистором *R28*.

Транзистор  $VT3$  — усилитель постоянного тока (УПТ) в системе АПЧГ. Для правильной работы этой системы *при отсутствии сигнала* необходимо с помощью потенциометра  $R22$  установить на коллекторе транзистора напряжение точно 6,4 В. В этом случае обеспечивается симметричность захвата и удержание точной настройки системой АПЧГ. Впрочем, в зависимости от типа примененных тобой блоков УКВ не исключено, что потребуются установить другое оптимальное напряжение на коллекторе транзистора УПТ.

Вот, пожалуй, и все, что касается работы схемы приемника. Что же касается его конструкции, то она может определиться только после того, как ты сам решишь для себя, будут ли в нем свои встроенные УНЧ и выпрямитель, сколько кнопок будет в твоём переключателе  $SA2$  — ведь никто не заставляет делать именно 6 кнопок фиксированной настройки: их может быть и 4, на 8 фиксированных станций, а может быть и 8 или 10, и тогда количество заранее выбранных станций вырастет до 16 или 20 соответственно.

А может ты вообще захочешь упростить приемник и ограничиться только одним европейским диапазоном 88...108 МГц или вместо фиксированных настроек установить всего один потенциометр и сделать настройку по всему диапазону плавной.

Поэтому никаких советов, касающихся компоновки приемника или рисунка печатной платы, я тебе дать не могу. Да и нет в этом необходимости, потому что решение этих вопросов тебе уже по плечу и без моей помощи. А вот в том, что касается силового трансформатора, я, пожалуй, смогу кое-чем помочь.

Больше того, эта помощь окажется полезной и в дальнейшем, всякий раз, когда возникнет потребность в самостоятельном изготовлении силового трансформатора. Поэтому прежде, чем продолжать описания конкретных конструкций мы прервемся, и следующий раздел целиком посвятим проблемам, связанным с расчетом и конструированием силовых трансформаторов.

## Практика расчета силовых трансформаторов

Каждый раз, когда заходит речь о самостоятельном изготовлении силового трансформатора, неизбежно возникают одни и те же вопросы:



1. Какой мощности он должен быть?
2. Какого размера сердечник для этого подходит?
3. Сколько витков должно быть в первичной обмотке?
4. Сколько витков должно быть в каждой из вторичных обмоток?
5. Какого диаметра провод нужен для каждой обмотки?
6. Уместятся ли все эти обмотки на каркасе?

Шестой, пожалуй, самый важный вопрос. Вообще говоря, на каждый из этих вопросов несложно ответить, используя ряд расчетных формул, которые десятилетиями вырабатывались, уточнялись и корректировались, так что на сегодня они обеспечивают весьма точные результаты.

1. Мощность силового трансформатора определяется как суммарная мощность всех потребителей схемы (включая потери на гасящих резисторах, делителях напряжений, обмотках дросселей фильтра, индикаторных лампочках, лампочках подсветки шкалы и т. п.). Для каждого из потребителей мощность определяется как произведение питающего напряжения на протекающий через них ток. А если этот ток непрерывно изменяется в процессе работы (что особенно характерно для мощ-

ных оконечных каскадов УНЧ), то в расчет принимается максимально возможное значение тока. Полученное суммарное значение мощности (Вт) надо разделить на коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора, который в свою очередь зависит от мощности трансформатора. Для маломощных трансформаторов (мощностью от единиц до 20 Вт) КПД не превышает 70% (т. е. значения 0,7), для трансформаторов мощностью от 20 до 100 Вт — 80%, и только у достаточно мощных трансформаторов КПД может достигать 90...95%.

2. Размеры сердечника трансформатора определяются исходя из найденной величины полной мощности, которую трансформатор (через первичную обмотку) будет потреблять от питающей сети. Типоразмер сердечника полностью определяется размером **поперечного сечения** той его части, на которую надевается катушка с обмотками. Для трансформаторов на Ш-образных пластинах такой частью является средняя часть пластин. Полное сечение сердечника — это произведение ширины средней части пластины на толщину набора (пакета пластин). Нужное сечение находится по одной из двух формул:

$$S = \sqrt{P} \text{ или } S = 1,2\sqrt{P}$$

в зависимости от качества (сорта) железа. Первая формула соответствует лучшим сортам, вторая — железу пониженного качества. Если определить сорт железа представляется проблематичным, лучше применить коэффициент 1,1. Чтобы получить сечение в квадратных сантиметрах, мощность надо брать в ваттах.

Полученная величина сечения сердечника не определяет форму и размер пластин. Если сердечник сделать квадратным, тогда ширина одной пластины и толщина набора будут одинаковыми и равными  $a = b = \sqrt{S}$  (размер получится в сантиметрах).

Однако на практике более удобной оказывается прямоугольная форма при соотношении сторон 5:6. В этом случае ширина рабочей части пластины составит  $0,9\sqrt{S}$  (см), а толщина пакета —  $1,1\sqrt{S}$  (см).

3. Найденное значение поперечного сечения ( $S$ ) однозначно определяет важнейший показатель силового трансформатора: число витков ( $N$ ), приходящееся на 1 В напряжения. Эти две величины связаны простой зависимостью: их произведение является постоянной величиной, лежащей в интервале 40...60. Оптимальное значение также зависит от сорта железа и в некоторой степени от номинальной мощности трансформатора. Для трансформаторов, наиболее часто используемых в радиолюбительской практике, лучше придерживаться числа 40. Разделив число 40 на сечение поперечного сердечника (см<sup>2</sup>) получим число витков, создающих в трансформаторе напряжение 1 В. Эта величина неизменна для данного трансформатора и справедлива для всех обмоток — первичной (сетевой) и всех вторичных.

Умножая это число на величину требуемого напряжения в вольтах получим число витков данной конкретной обмотки. К примеру, для определения числа витков первичной (сетевой) обмотки нужно число витков/вольт умножить на 220 (или 110, или 127 — в зависимости от номинала сетевого напряжения).

4. Точно так же, причем независимо от мощности потребителя, определяется число витков каждой из вторичных обмоток, а вот диаметр провода обмотки как раз напрямую зависит от мощности потребителя, а точнее — от величины протекающего по обмотке тока, поэтому для определения диаметра провода также производится несложный расчет.

5. Мы уже говорили, что мощность, потребляемая от сети первичной обмоткой трансформатора, равна суммарной мощности всех потребителей схемы в учетом КПД трансформатора. Зная эту величину (Вт) и напряжение сети (В) нетрудно определить протекающий по первичной обмотке ток ( $I_1$ , А).

$$I_1 = \frac{P}{U}.$$

Точно так же и по той же формуле определяется и величина тока в каждой (по отдельности) из вторичных обмоток, поэтому для каждой вторичной обмотки потребуется провод соответствующего диаметра.

Какого именно? Вот здесь вступает в силу следующий немаловажный параметр — **допустимая плотность тока**. В чем его смысл? Смысл в том, что любой обмоточный провод сам по себе обладает некоторым сопротивлением, а потому при протекании через него тока нагревается. Чем больше сопротивление и чем больше ток, тем больше нагрев и, следовательно, температура обмотки.

Понятно, что температура обмотки не может быть слишком высокой, иначе трансформатор просто загорится. Для силовых трансформаторов радиоаппаратуры бытового назначения этот верхний порог не должен превышать 50...60 °С. Но поскольку сопротивление провода обратно пропорционально площади его поперечного сечения, ясно, что при необходимости снимать с обмотки ток большой величины приходится увеличивать площадь поперечного сечения (или, что равнозначно — диаметр) самого провода.

Эта мера не решает проблему радикально, а только **снижает порог** нагрева обмотки до допустимого уровня. При этом зависимость степени нагрева от величины протекающего тока остается в силе, что приводит к необходимости введения такого показателя, как **допустимая плотность тока**.

Этот показатель выражается числом ампер тока, протекающего через каждый квадратный миллиметр сечения провода. В зависимости от номинальной мощности трансформатора и его конструкции этот показатель может колебаться в некоторых пределах. Для трансформаторов мощностью до 75 Вт обычно придерживаются значения 2 А/мм<sup>2</sup>, для мощностей 75...300 Вт — 1,6 А/мм<sup>2</sup>, для более мощных трансформаторов — 1,3 А/мм<sup>2</sup>. В исключительных случаях, при эффективном охлаждении трансформатора, плотность тока может быть увеличена до 3 А/мм<sup>2</sup>.

На практике более удобно пользоваться не величиной площади поперечного сечения провода, а его диаметром, поскольку абсолютное большинство обмоточных проводов выпускается круглого сечения. В этом случае удобно пользоваться следующими зависимостями для определения диаметра провода ( $d$ ):

для мощностей до 75 Вт

$$d = 0,8\sqrt{I};$$

для мощностей 75...300 Вт

$$d = 0,9\sqrt{I};$$

для мощностей свыше 300 Вт

$$d = \sqrt{I};$$

Важно помнить, что по этим формулам определяется **диаметр провода по меди (!)** и не учитывается толщина изоляции провода. Однако выбирая провод для конкретной обмотки учитывать это необходимо. Например, если найденный по формуле диаметр составляет 0,39 мм, практически надо применять следующий по стандарту больший диаметр, т. е. 0,41 мм.

\*\*\*

Приведенными формулами не исчерпывается методика полного конструктивного расчета силовых трансформаторов. Существуют правила и формулы для расчета размеров и конфигурации каркаса, плотности намотки, степени заполнения «окна» каркаса и пр. Однако вместо всего этого я приготовил для тебя сюрприз, если не сказать — королевский подарок. Он заключен в двух следующих таблицах (табл. 5 и 6), которые избавляют от необходимости каких бы то ни было расчетов, поскольку в таблицах есть готовые ответы на все перечисленные выше вопросы для любых силовых трансформаторов мощностью от 1 Вт до 1 кВт для всех существующих типоразмеров сердечников.



Таблица 5

$P_{\text{ном}}, \text{Вт}$	$S_{\text{серед}}, \text{см}^2$	Число витков на 1 В	Сетевая обмотка 110 В		Сетевая обмотка 220 В		Обмотка 6,3 В	Обмотка 12,6 В	Обмотка 25 В	Обмотка 250 В
			число витков	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	число витков	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	число витков	число витков	число витков	число витков
1	1,15	37,9	3980	0,07	7960	0,05	265	530	993	9930
2	1,50	26,8	2814	0,10	5628	0,07	188	376	702	7022
3	1,85	21,9	2300	0,12	4600	0,10	153	306	574	5738
4	2,25	18,9	1990	0,14	3980	0,10	133	266	497	4974
5	2,45	17,0	1785	0,16	3570	0,11	119	238	445	4454
6	2,70	15,5	1628	0,16	3256	0,12	109	218	406	4061
7	2,85	14,4	1512	0,17	3024	0,13	101	202	377	3772
8	3,00	13,4	1407	0,19	2814	0,14	94	188	351	3511
9	3,20	12,6	1323	0,20	2646	0,14	88	176	330	3301
10	3,50	11,4	1197	0,21	2394	0,16	80	160	298	2987
15	4,26	9,6	1008	0,25	2016	0,19	67	134	215	2515
20	4,03	8,46	888	0,30	1776	0,25	59	118	222	2217
25	5,50	7,58	797	0,33	1594	0,25	53	106	198	1986
30	6,03	6,92	727	0,40	1454	0,30	48	96	181	1813
35	6,51	6,41	673	0,40	1346	0,30	45	90	168	1679
40	6,95	6,00	630	0,45	1260	0,32	42	84	157	1572
45	7,39	5,64	592	0,45	1184	0,33	40	80	148	1478
50	7,78	5,36	563	0,50	1126	0,35	38	76	140	1404
55	8,16	5,11	537	0,50	1074	0,35	36	72	134	1339
60	8,53	4,89	514	0,55	1028	0,40	34	68	128	1281
65	8,87	4,70	502	0,55	1004	0,40	33	66	123	1231
70	9,21	4,53	476	0,60	952	0,45	32	64	119	1187
75	9,53	4,38	460	0,60	920	0,45	31	62	115	1148
80	9,83	4,24	445	0,60	890	0,45	30	60	111	1111
85	10,14	4,11	432	0,65	846	0,50	29	58	107	1077
90	10,44	3,98	418	0,65	836	0,50	28	56	103	1033
95	10,73	3,89	409	0,70	818	0,50	27	54	102	1019
100	11,00	3,79	398	0,70	796	0,50	27	54	98	983
110	11,55	3,65	383	0,70	766	0,55	26	52	95	956
120	12,00	3,48	366	0,70	732	0,55	25	50	91	912
130	12,54	3,33	350	0,75	700	0,60	23	46	87	873
140	13,10	3,18	334	0,80	668	0,60	22	44	83	833
150	13,40	3,11	327	0,80	654	0,65	22	44	81	815
160	13,92	3,00	315	0,80	630	0,65	21	42	78	786
170	14,33	2,91	306	0,90	612	0,70	20	42	76	762
180	14,74	2,82	296	0,90	592	0,70	20	42	74	739
190	15,18	2,75	289	0,95	578	0,75	19	38	72	721
200	15,55	2,68	281	1,00	562	0,75	18	36	70	702
250	17,38	2,39	251	1,00	502	0,80	17	34	62	626
300	19,03	2,19	230	1,15	460	0,90	15	30	57	574
350	20,57	2,03	213	1,20	426	1,00	14	28	53	532
400	22,00	1,90	200	1,30	400	1,00	13	26	50	498

$P_{\text{ном}}, \text{Вт}$	$S_{\text{серд}}, \text{см}^2$	Число витков на 1 В	Сетевая обмотка 110 В		Сетевая обмотка 220 В		Обмотка 6,3 В	Обмотка 12,6 В	Обмотка 25 В	Обмотка 250 В
			число витков	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	число витков	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	число витков	число витков	число витков	число витков
450	23,32	1,79	188	1,40	376	1,00	13	26	47	469
500	24,64	1,69	178	1,50	356	1,10	12	24	44	443
550	25,80	1,61	169	1,60	338	1,15	11	22	42	422
600	26,95	1,55	163	1,70	326	1,20	11	22	40	406
650	28,05	1,49	157	1,75	314	1,20	10	20	38	380
700	29,15	1,43	150	1,80	300	1,30	10	20	37	375
750	30,14	1,38	145	1,85	290	1,35	10	20	36	362
800	31,13	1,34	141	1,90	282	1,40	9	18	35	351
850	32,12	1,29	136	2,00	272	1,50	9	18	34	338
900	33,00	1,26	132	2,00	264	1,50	9	18	33	330
950	34,00	1,23	129	2,20	258	1,55	8,5	17	32	322
1000	34,87	1,20	126	2,50	252	2,00	8	16	31	314

Таблица 6

$I, \text{А}$	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	$I, \text{А}$	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	$I, \text{А}$	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	$I, \text{А}$	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$	$I, \text{А}$	$d_{\text{пр}}, \text{мм}$
0,002	0,04	0,02	0,10	0,2	0,32	1,5	0,86	6,0	1,73
0,003	0,04	0,03	0,12	0,3	0,39	2,0	1,00	6,5	1,80
0,004	0,04	0,04	0,14	0,4	0,45	2,5	1,12	7,0	1,87
0,005	0,05	0,05	0,16	0,5	0,50	3,0	1,22	7,5	1,94
0,006	0,05	0,06	0,17	0,6	0,55	3,5	1,32	8,0	2,00
0,007	0,06	0,07	0,19	0,7	0,59	4,0	1,41	8,5	2,05
0,008	0,06	0,08	0,20	0,8	0,63	4,5	1,50	9,0	2,12
0,009	0,07	0,09	0,21	0,9	0,67	5,0	1,58	9,5	2,18
0,01	0,07	0,1	0,22	1,0	0,71	5,5	1,65	10,0	2,25

Для каждого типоразмера трансформатора приводятся значения номинальной мощности, площади поперечного сечения керна сердечника, числа витков на 1 В напряжения (в режиме холостого хода), полного числа витков и диаметр обмоточного провода для первичных обмоток на сетевое напряжение в 110 и 220 В, а также аналогичные данные для наиболее типовых обмоток с напряжениями в 6,3; 12,6; 25,0 и 250 В (последнее для ламповой аппаратуры).

Пользоваться таблицами исключительно просто. Определив номинальную мощность будущего трансформатора (с учетом его КПД!) находишь это значение в первой колонке табл. 5 и в остальных десяти колонках этой строки получаешь готовые ответы на все интересующие тебя вопросы. Если требуемое напряжение отличается от стандартных, определяют необходимое число витков через показатель «число витков на 1 В». Если возникает проблема с определением диаметра провода для нестандартных вторичных обмоток, пользуются второй таблицей. Зная мощность, снимаемую со вторичной обмотки, а также ее напряжение, определяют величину тока в амперах и в соответствующей графе таблицы сразу находят значение нужного диаметра провода. Если найденное значение тока не совпадает ни с одной строкой таблицы, берут ближайшее соседнее *меньшее* значение диаметра провода, иначе обмотка может не уместиться в окне каркаса.

Поскольку ни в каких других источниках ты таких всеобъемлющих и подробных таблиц скорее всего не найдешь, настоятельно рекомендую сделать ксерокопию этих таблиц, поскольку они не раз и не два будут выручать тебя в дальнейшей твоей самостоятельной работе.

А теперь продолжим самостоятельное конструирование разных полезных аппаратов.

## Имитатор шума морского прибора

До сих пор мы делали всевозможные устройства, предназначенные исключительно для тебя лично. Но сегодня я предлагаю заняться изготовлением аппарата, который ты в виде сюрприза подаришь своим родителям. Должны же они, наконец, почувствовать, что не зря мы с тобой занимались освоением радиолубительского мастерства, и что кое-чего достигли и кое-что можем.

То, что я предлагаю, промышленностью не выпускается и не может быть приобретено в магазине. Это... имитатор шума морского прибора. То есть, если ты ляжешь на постель, включишь аппарат, закроешь глаза, настроишься на соответствующий лад, то при наличии богатого воображения можешь подумать, что лежишь на берегу моря или даже океана и слышишь мерный, успокаивающий шум морского прибора. А под него, как известно, очень легко и приятно засыпать.

Имитатор представляет собой генератор так называемого «розового шума», уровень которого плавно нарастает и спадает под влиянием работы симметричного мультивибратора Абрагама-Блоха, П-образные импульсы которого с частотой в доли герца при помощи Т-образного моста превращаются в некоторое подобие очень медленно изменяющейся синусоиды. Эта синусоида управляет работой каскада предварительного усиления, плавно изменяющего уровень шумового сигнала на входе обычного УНЧ. Полная схема имитатора приведена на рис. 58.

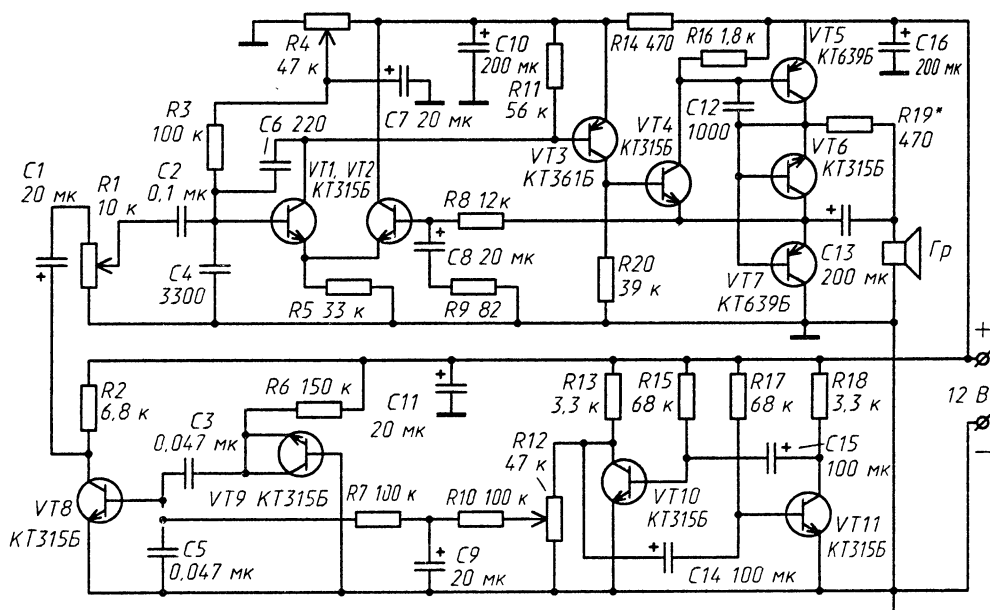


Рис. 58. Принципиальная схема имитатора шума морского прибора

Собственно генератор собран на транзисторе *VT9*, у которого коллектор и эмиттер соединены вместе и который работает в режиме шумового диода. Мульти-вibrator собран на транзисторах *VT10* и *VT11*. Работу такого мультивибратора мы самым доскональным образом разбирали во второй книге («Школа радиолюбителя») на втором уроке девятого занятия (стр. 147). В состав Т-образного моста входят резисторы *R7*, *R8* и конденсатор *C9*. Потенциометром *R12* изменяют диапазон урвней шума от самого малого до самого большого, а регулятором громкости (*R1*) изменяют общую громкость шума на выходе УНЧ.

Ручки управления обоими потенциометрами выведены на лицевую панель прибора для оперативного пользования, а потенциометр *R4* предназначен для первичной установки оптимального режима первого дифференциального каскада УНЧ, и его на лицевую панель не выводят: он установлен на печатной плате и имеет вывод вращающейся оси «под шлиц».

Сама схема УНЧ ничего особенного из себя не представляет, поэтому подробно останавливаться на ее работе не будем. Питается вся установка от стабилизированного источника с напряжением 12 В. Такой стабилизированный выпрямитель мы только что с тобой изготовили для автомата ускоренной фотопечати, так что и здесь никаких вопросов не должно возникать.

Разводка дорожек печатной платы приведена на рис. 59, а на рис. 60 дано расположение деталей на плате. При внимательном изучении ты найдешь на плате три перемычки, а я несколько раз говорил, что всегда надо стараться избегать этого. Признаюсь, что перемычки эти появились не случайно. Мне бы очень хотелось, чтобы ты попытался изменить расположение деталей на плате таким образом, чтобы этих перемычек не было вовсе или хотя бы свести их количество к одной. Это не только возможно, но и вполне реально, хотя для этого, скорее всего, придется чуть-чуть увеличить размер платы.

Поскольку имитатор специально предназначен для того, чтобы человек спокойно заснул под успокаивающий шум морского прибоя, необходимо прибор выключить после того, как человек заснет. Лучше всего поручить это автомату, несложная конструкция которого предлагается ниже.

Автомат представляет собой обычный таймер с большим временем выдержки. Его схема приведена на рис. 61. Он состоит из двух частей — времязадающей и исполнительной.

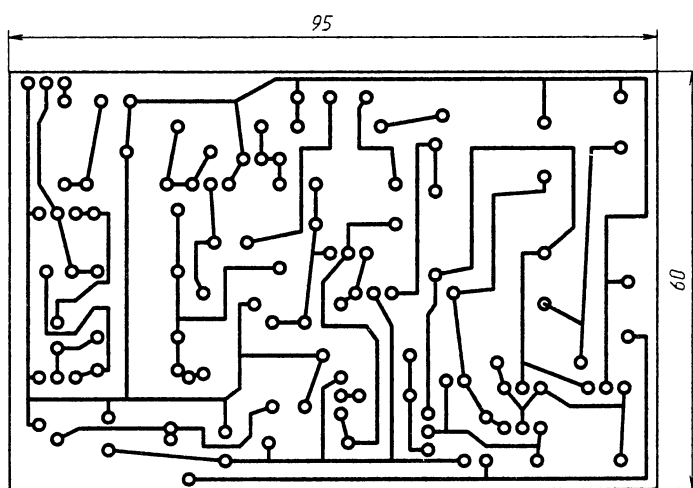


Рис. 59. Рисунок печатной платы имитатора

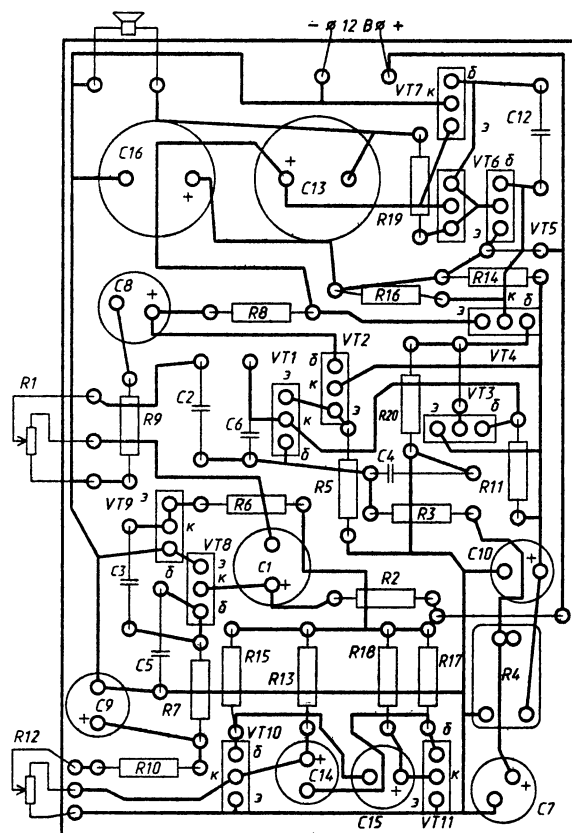


Рис. 60. Расположение деталей имитатора на печатной плате

Времязадающий узел включает в себя конденсатор  $C1$ , резисторы  $R1$  и  $R2$ , диод  $VD2$ , и стабилитрон  $VD1$ . При емкости конденсатора  $C1$  200 мкФ время задержки срабатывания может изменяться в диапазоне от 1 минуты до 1 часа при помощи потенциометра  $R2$ . Если изменять время срабатывания нет особой необходимости, можно заменить потенциометр постоянным резистором, подобрав его величину опытным путем.

Работает схема следующим образом. В исходном состоянии конденсатор  $C1$  разряжен, транзистор  $VT1$  открыт, а  $VT2$  — закрыт, реле  $P1$  обесточено, его контакты разомкнуты, поэтому на имитатор шума питающее напряжение не подается.

При нажатии на кнопку «Пуск» конденсатор быстро заряжается через диод  $VD2$  до полного напряжения источника питания. После отпускания кнопки конденсатор начинает медленно разряжаться через резисторы  $R1$ ,  $R2$  и обратное сопротивление диода  $VD2$ .

Положительное напряжение с конденсатора через стабилитрон  $VD1$  оказывается приложено к затвору полевого транзистора  $VT1$  и запирает его. При этом транзистор  $VT2$  открывается, срабатывает реле  $P1$  и через его замкнувшиеся контакты питающее напряжение 12 В подается на схему имитатора.

Имитатор начинает работать и будет работать до тех пор, пока напряжение на конденсаторе  $C1$  не упадет до уровня напряжения стабилизации стабилитрона, после чего транзистор  $VT1$  откроется, а  $VT2$  — закроется. Реле  $P1$  обесточится, его контакты разомкнутся и имитатор выключится.

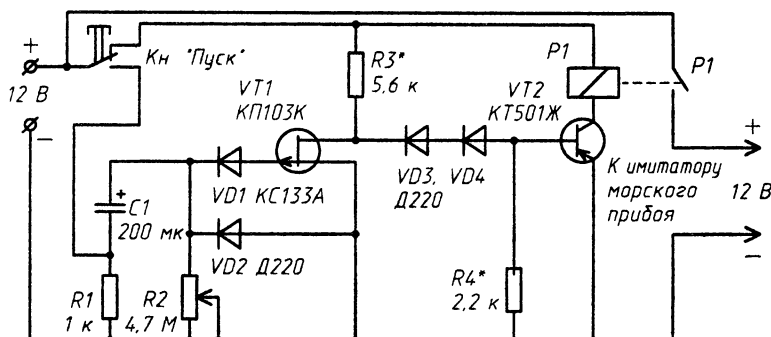


Рис. 61. Схема таймера для автоматического выключения имитатора

Схема необыкновенно проста и работает исключительно надежно. Диод *VD2* нужно подобрать из нескольких штук с наибольшим значением обратного сопротивления, поскольку от этого зависит максимально достижимое время выдержки. Тип реле для работы схемы не критичен, важно только, чтобы реле надежно срабатывало при напряжении источника в 12 В. Это могут быть реле РЭС10 (паспорт РС4.524.303), РЭС15 (паспорт РС4.591.002, 003, 004), РЭС49 (последние цифры паспорта 424 или 101). В зависимости от типа использованного реле возможно придется уточнить (подобрать опытным путем) величины резисторов *R3* и *R4*, помеченные на схеме звездочкой (\*).

Питается автомат от того же источника, что и сам имитатор. Монтаж автомата можно выполнить на отдельной небольшой плате, а можно добавить его схему на печатную плату имитатора — это как тебе больше понравится. Рисунок печати настолько прост, что я его здесь не привожу, чтобы ты поработал самостоятельно.

Воспроизводить звук можно через любой громкоговоритель мощностью 1...2 Вт. Конструктивное оформление всего устройства целиком определяется твоей фантазией.

## Стереофонический ламповый усилитель

Наше продвижение вперед неуклонно сопровождается конкретными практическими результатами: позади уже семь самостоятельно изготовленных конструкций самого различного назначения. Все они носят ярко выраженный прикладной характер, т. е. созданы «для дома, для семьи».

Что еще интересного и полезного можно придумать? Придумать можно многое, а вот реализовать...

Действительно, неплохо бы самому построить видеоманитофон или цветной телевизор, или, на худой конец, лазерный проигрыватель компакт-дисков. Впрочем, ты и без меня отлично понимаешь, что это абсолютно нереально по трем причинам:

1. Отсутствие практического опыта конструирования и создания таких аппаратов, заменить который не сможет никакая техническая литература.

2. Отсутствие специальной, в том числе и прецизионной, измерительной аппаратуры, без которой в принципе невозможно не только качественно отрегулировать, но и вообще «оживить» и заставить аппарат работать.

3. Очень большие финансовые затраты на приобретение всех комплектующих деталей.

Если ты полистаешь журнал «Радио» за последние годы (а это самый популярный радиолюбительский журнал!), то увидишь, что в нем отсутствуют описания радиолюбительских конструкций цветных телевизоров, видеомagnetофонов и CD-проигрывателей. Отсутствуют потому, что радиолюбители этих конструкций не создают по тем самым трем перечисленным причинам.

Что же в таком случае остается из того, чем мы могли бы заняться еще?

Нам надо остановиться на такой конструкции, которая была бы полезной «для дома, для семьи», достаточно интересной с точки зрения расширения твоей практики создания оригинальных конструкций, доступной в материально-техническом смысле и главное — современной, т. е. такой, которой будет не стыдно похвастаться перед друзьями-одноклассниками, у которых подобного аппарата почти наверняка нет.

Оказывается, что такие аппараты существуют. Более того, в настоящее время во всем мире наблюдается огромный интерес к появившимся на зарубежных рынках таким изделиям. Цены на них «зашкаливают» за 2–3 тысячи долларов. К сожалению, в России эти изделия промышленностью не производятся, поэтому приобрести их в торговой сети нельзя.

Что же это за изделия? И можно ли их изготовить самому в домашних условиях и с тем уровнем знаний и практического опыта, которыми ты на сегодня обладаешь? Представь себе, что тебе это вполне по силам, потому что речь идет об... обычном **ламповом** усилителе. Впрочем, не обычном, а о **современном** ламповом усилителе. Между этими двумя терминами огромная разница, потому что современный ламповый усилитель не имеет почти ничего общего с ламповыми усилителями прошлого века, если не считать того, что и в тех и других использованы морально устаревшие радиолампы.

Мне довелось много лет заниматься конструированием ламповых усилителей, занимаюсь я этим и поныне, так что ясно представляю, что ты можешь, а чего не можешь. И с учетом этого предлагаю не слишком сложную конструкцию, отвечающую тем не менее понятию **современный ламповый усилитель**.

\*\*\*

Предлагая эту тему, я преследовал одну цель: дать описание конструкции абсолютно надежной, многократно проверенной и легко повторяемой, чтобы радиолюбитель средней квалификации, располагающий минимумом аппаратуры и оборудования, с ограниченными материально-техническими возможностями и полным отсутствием опыта создания ламповых конструкций был уверен, что построенный им усилитель наверняка не просто заработает, а обязательно будет иметь те показатели, которые в него заложены.

Для этого потребуется точно и неукоснительно, шаг за шагом, буква за буквой выполнить все, что дальше будет сказано. Это касается выбора и отбора деталей, изготовления трансформаторов и, главное, процесса настройки и регулировки усилителя. Если это будет выполнено, я гарантирую, что созданный тобой усилитель заработает сразу и будет служить долго, обеспечивая прекрасное качество звучания с современных носителей (пластинок, пленок, дисков).

В основу этого усилителя положена конструкция, разработанная автором еще в 1968 г. специально для широкого круга радиолюбителей. Она была описана в отдельной брошюре «Массовой радиобиблиотеки» издательства «Энергия» и, судя по многочисленным письмам и отзывам читателей, многократно повторена сотнями радиолюбителей.

Здесь приводится описание модернизированного варианта, в котором учтены все пожелания и замечания, полученные автором от радиолюбителей, а также осуществлена замена многих комплектующих на более современные. Полностью из-

менена конструкция и технология намотки выходных трансформаторов, изменена электрическая схема коммутации, предельно (но без ущерба для качества!) упрощена конструкция усилителя и акустической системы, использованы более современные громкоговорители (взамен снятых ныне с производства). Все это позволило значительно улучшить качественные показатели усилителя и максимально упростить его настройку.

Усилитель — стереофонический, двухканальный, состоит из двух совершенно одинаковых четырехкаскадных усилителей, каждый из которых имеет следующие параметры:

Неискаженная выходная мощность на активной нагрузке, измеренная на частотах 400, 1000 и 5000 Гц, Вт

при коэффициенте нелинейных искажений до 0,5 % ..... 8

при коэффициенте нелинейных искажений до 1,0 % ..... 10

Электрическая полоса пропускания, измеренная на активной нагрузке ..... 20 Гц...30 кГц

Неравномерность частотной характеристики в пределах указанной полосы

при средних положениях регуляторов тембра и максимальной громкости,

не более, дБ ..... 2

Уровень собственного фона и шумов, дБ, не хуже ..... -66

Регулировка тембра — отдельная по низким и высоким частотам с глубиной регулировки на частотах 40 Гц и 10 кГц не менее 14 дБ

Регулировка громкости — плавная, частотнозависимая, со схемой тонкомпенсации, соответствующей стандартным кривым равной громкости.

На рис. 62 приведена полная принципиальная схема УНЧ для обоих каналов вместе с блоком питания. Рассмотрим ее подробно. Усилитель начинается сразу с тонкомпенсированного регулятора громкости на потенциометре *R1*. Смысл термина «тонкомпенсация» состоит в том, что слуховой аппарат человека имеет неравномерную частотную характеристику, проявляющуюся в том, что при объективно одинаковом увеличении или уменьшении громкости звука, субъективное восприятие самых низших и самых высших частот звукового спектра оказывается неодинаковым.

Тонкомпенсированный регулятор громкости устраняет это несоответствие, поэтому при разных уровнях громкости усилителя не наблюдается непропорционального изменения уровней громкости низших и высших частот по отношению к некоторым средним частотам.

Сигнал с регулятора громкости снимается на левый (по схеме) триод лампы *VL1* 6Н1П. Обращаю внимание на то, что в конструкции этой лампы предусмотрен специальный внутренний статический экран между двумя триодами для исключения взаимного влияния. Этот экран выведен отдельно на 9-ю ножку ламповой панели, лепесток которой при монтаже обязательно должен быть заземлен.

Усиленный первым триодом сигнал далее поступает на схему отдельной регулировки тембра, содержащую регулятор низших частот (потенциометр *R6*) и регулятор высших частот (потенциометр *R11*).

Регулировка тембра с глубиной 14 дБ достигается ценой соответствующего уменьшения сигнала на средних частотах, поэтому для компенсации потерь сигнал с выхода регуляторов тембра дополнительно усиливается правым (по схеме) триодом той же лампы.

Усиленный сигнал через последовательную цепь *C11R20C13* поступает на сетку первого триода лампы-фазоинвертора *VL2*. Одновременно эта же цепь является составной частью регулятора балансировки, выполненного на потенциометре *R12*. С его помощью можно изменять соотношение уровней сигнала в правом и левом каналах.



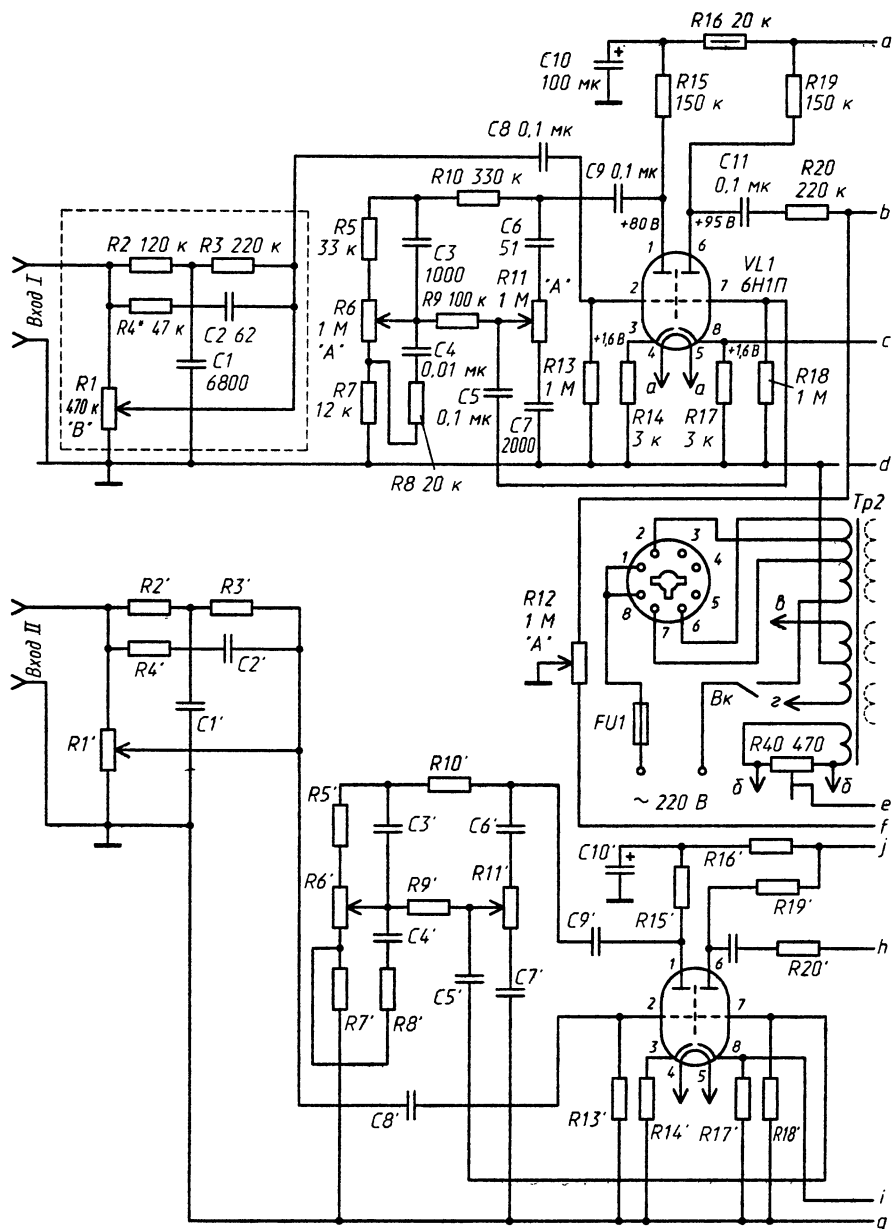
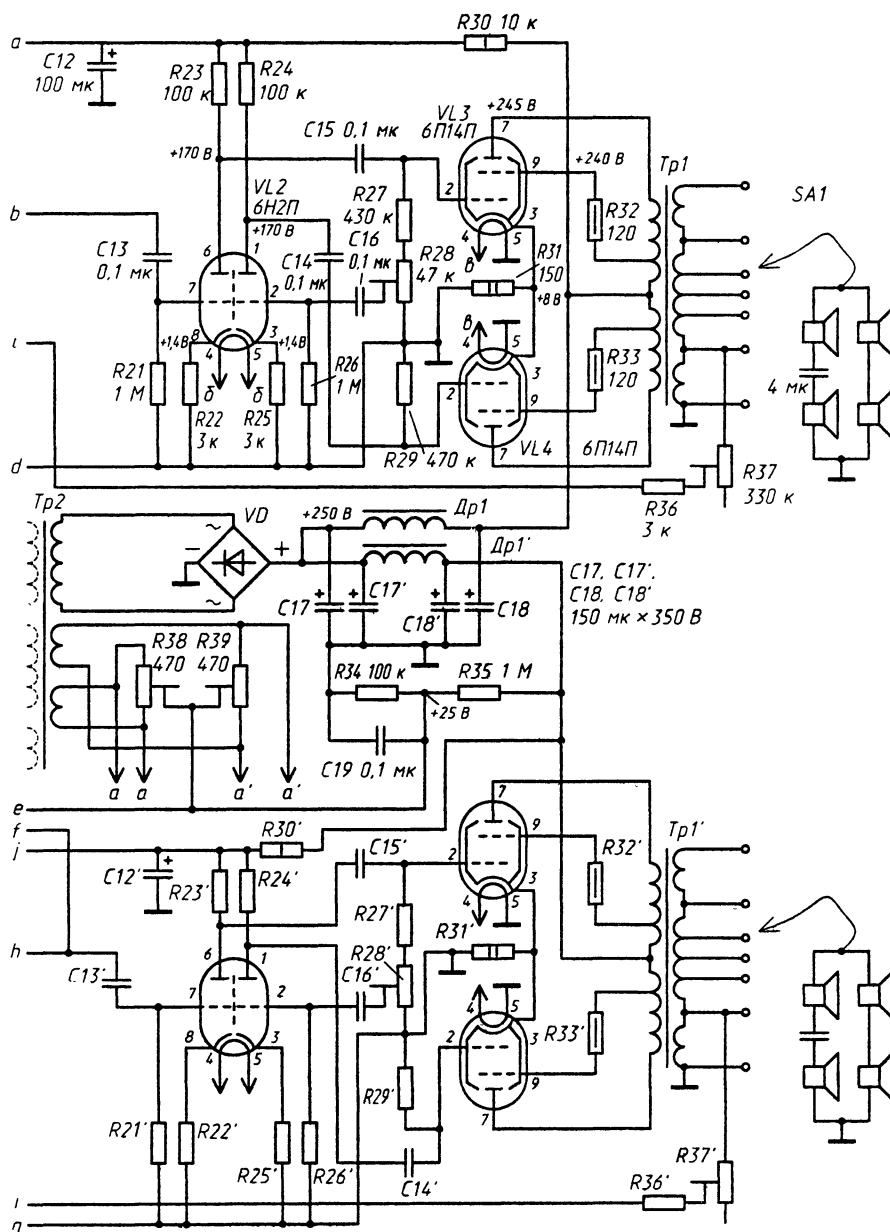


Рис. 62. Принципиальная схема лампового стереоусилителя

Назначение фазоинвертора состоит в том, чтобы из одного сигнала, поступающего на сетку первого триода, получить два сигнала, различающихся между собой только фазой. Иначе говоря, второй выходной сигнал отличается от первого выходного сигнала только тем, что его фаза повернута на  $180^\circ$  относительно фазы первого сигнала, тогда как их амплитуды должны быть абсолютно одинаковыми. Про такие сигналы принято говорить, что они находятся в противофазе.

Инвертирование происходит за счет того, что после усиления первым триодом часть сигнала, подаваемого на сетку одной из оконечных ламп (VL3), через регули-



руемый делитель  $R27R28$  попадает на сетку второго триода фазоинвертора, с анода которого повернутый на  $180^\circ$  сигнал подводится к сетке второй оконечной лампы (VL4). Потенциометром  $R28$  в процессе регулировки усилителя добиваются полного равенства величин полезного сигнала на сетках обеих оконечных ламп.

Оконечный каскад — двухтактный, выполнен на двух лучевых тетрах EL-84 (6П14П) по ультралинейной схеме с автоматическим смещением. Резистор автоматического смещения  $R31$  сделан общим для обеих ламп, чтобы избежать установления разных рабочих точек характеристик ламп при возможном разбросе величин двух резисторов. Лампы работают в классе А.

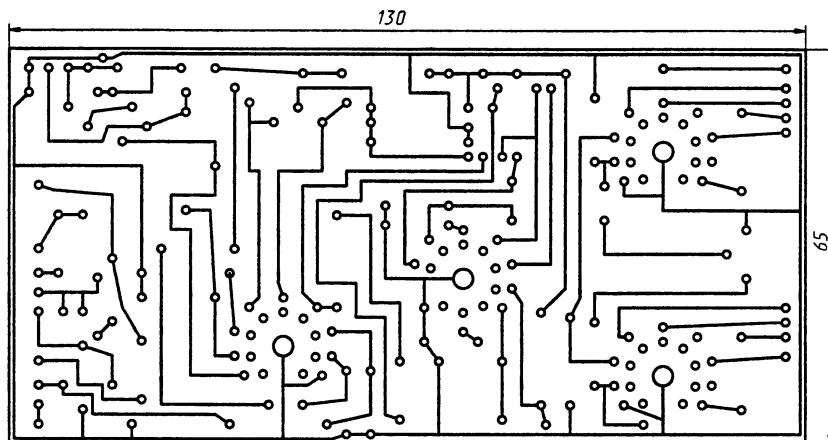


Рис. 63. Рисунок печатной платы стереоусилителя

Нагрузкой каскада является выходной трансформатор *Tr1*, две отдельные первичные обмотки которого имеют отводы для подключения экранирующих сеток ламп, а вторичная обмотка разделена на 6 секций, коммутируемых с помощью переключателя *SA1*. Это дает возможность оптимально согласовать выход усилителя практически с любой акустической системой, имеющей импеданс от 2 до 16 Ом.

Один конец вторичной обмотки заземлен, и с первой (от точки заземления) секции снимается напряжение отрицательной обратной связи, которое через регулируемый резистор *R37* подается на катод второго триода лампы *VL1*.

Монтаж усилителя выполнен на двух полностью идентичных печатных платах (по одной на каждый канал). На рис. 63 показана разводка печатных дорожек и точки сверления, а на рис. 64 — расположение деталей на платах. Нумерация деталей здесь приведена в соответствии со схемой усилителя (рис. 62).

Питание всего усилителя производится от одного общего выпрямителя, собранного по мостовой схеме на любых кремниевых диодах, выдерживающих ток не менее 300 мА при допустимом обратном напряжении не ниже 300 В (например, КД205А, Б).

На выходе выпрямителя включены два П-образных LC-фильтра с дросселями *Др1* и *Др1'*, через которые осуществляется раздельное питание обоих каналов. Это сделано для того, чтобы при больших мощностях воспроизведения свести к минимуму взаимное влияние каналов друг на друга по цепям анодного питания.

В авторских конструкциях для экономии места применялись телевизионные вдвоенные электролитические конденсаторы емкостью 30 + 150 мкФ на рабочее напряжение 300 или 350 В. Сегодня такие конденсаторы могут оказаться недоступными, поэтому каждый радиолюбитель может использовать любые другие конденсаторы с нужной емкостью и рабочим напряжением из числа имеющихся, разместив их на свободных участках в подвале шасси или сверху.

В схеме блока питания имеются три установочные потенциометры *R38*, *R39* и *R40*, с помощью которых в процессе налаживания усилителя осуществляется балансировка цепей накала ламп 6Н1П и 6Н2П по минимальному уровню остаточного фона. Эти потенциометры размещаются непосредственно на шасси в районе расположения силового трансформатора. Электрические и конструктивные данные силового трансформатора я приводить не собираюсь, поскольку теперь ты располагаешь двумя уникальными таблицами, позволяющими шутя спроектировать и изготовить любой силовой трансформатор. В качестве исходной цифры сообщая тебе его номинальную мощность: 180 Вт. Этого достаточно, чтобы по двум таблицам определить все остальные его данные.

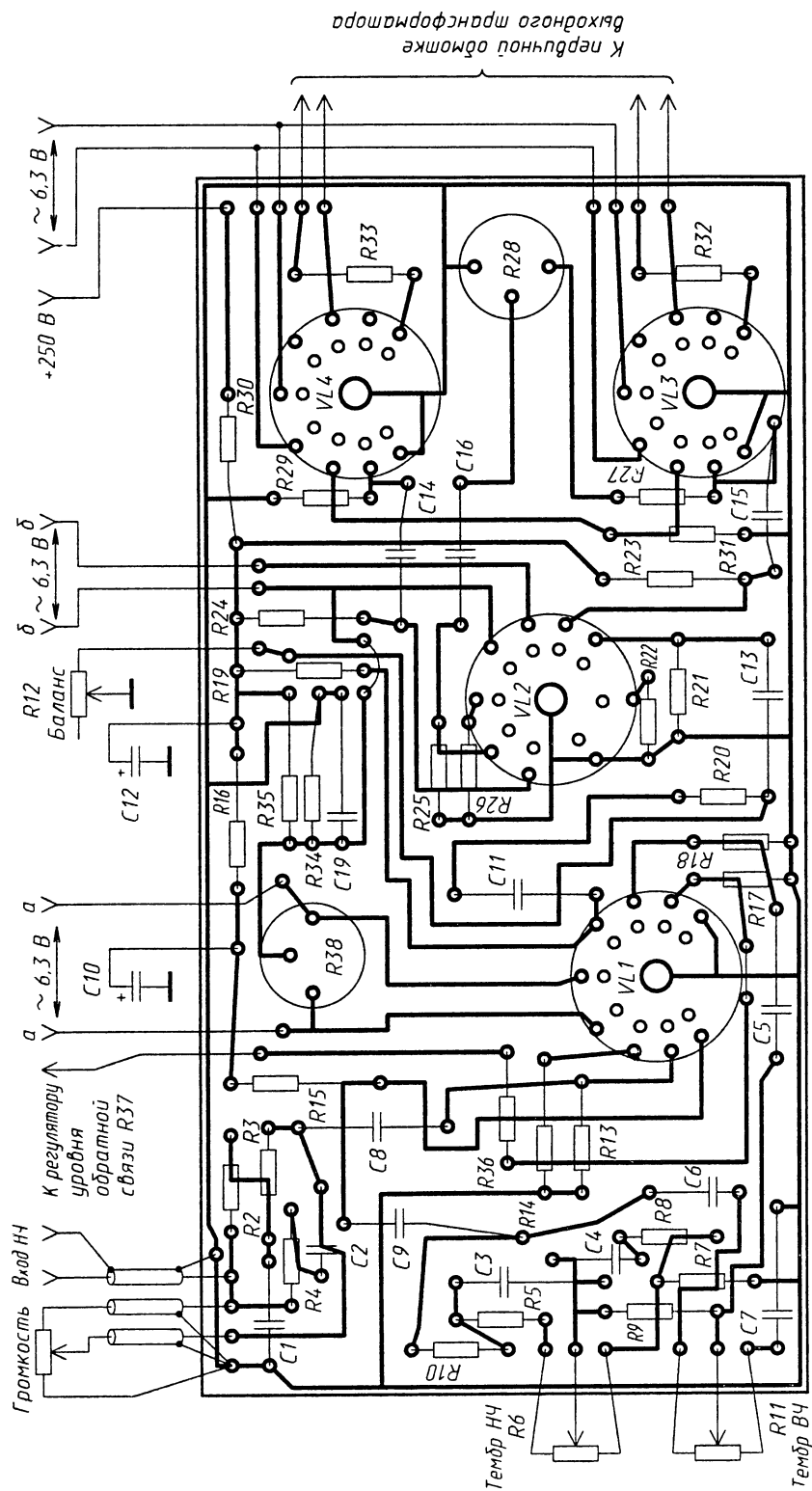


Рис. 64. Расположение деталей на плате усилителя

Дроссели фильтра использованы от любого старого лампового телевизора и должны без существенных потерь и нагрева пропускать ток до 100 мА. Ламповые панельки обязательно должны быть керамическими, поскольку пластмассовые со временем могут обгореть, особенно у оконечных ламп, выделяющих большое количество тепла и нагревающихся до температуры свыше 100 °С.

\*\*\*

А теперь о самом главном — о конструкции выходных трансформаторов, поскольку именно от них едва ли не на 80% зависят такие основные параметры усилителя, как полоса пропускания, максимальная неискаженная мощность и коэффициент нелинейных искажений.

Должен сказать, что одно из основных отличий **современного** лампового усилителя от просто лампового заключается именно в конструкции выходного трансформатора, поэтому прошу предельно внимательно отнестись ко всему, что будет дальше говориться.

При конструировании и расчете реального выходного трансформатора не возникало бы никаких проблем, если бы трансформатор работал только на какой-нибудь одной частоте (безразлично какой) и использовался в однотактной схеме. На практике же мы имеем как раз обратное — почти все современные УНЧ выполняются с двухтактными оконечными каскадами и работают в очень широком диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц. Отношение граничных частот, как нетрудно заметить, составляет 1:1000, что создает принципиально различные, а порой и противоречивые, взаимоисключающие условия работы трансформатора и, следовательно, предъявляемые к нему требования.

В чем суть этих противоречий? Для некоторой средней частоты рабочего диапазона (скажем, 1000 Гц) индуктивное сопротивление первичной обмотки трансформатора много выше его активного (омического) сопротивления, определяемого исключительно длиной и диаметром обмоточного провода. Например, для типичного «усредненного» трансформатора промышленного лампового радиоприемника индуктивность первичной обмотки лежала в пределах 10...15 Гн, а активное сопротивление было порядка 500...800 Ом. На частоте 1000 Гц индуктивное сопротивление такой обмотки  $X_L$  составляло 62 кОм, и поэтому активным сопротивлением обмотки (500...800 Ом), включенным последовательно с ее индуктивным сопротивлением, можно было просто пренебречь — потери на нем составляли около 1%.

Однако на крайней нижней частоте рабочего диапазона (а он даже для самых лучших и дорогих моделей радиоприемников не опускался ниже 60...80 Гц) индуктивное сопротивление обмотки составляло всего 3,5 кОм, поэтому на активной составляющей полного сопротивления обмотки терялось уже 20% полезного сигнала.

Если бы мы захотели сегодня использовать такой трансформатор в современном усилителе, где нижняя граница рабочего диапазона составляет 20 Гц, то на этой частоте потери сигнала достигли бы уже 70%, т. е. сигнал с частотой 20 Гц воспроизвести вообще бы не удалось.

Так что же надо делать, чтобы решить эту проблему? Ответ очевиден: **необходимо увеличивать индуктивность первичной обмотки и в то же время уменьшать ее активное сопротивление**. Увеличения индуктивности можно достигнуть увеличением числа витков обмотки и снижением потерь в сердечнике трансформатора. Но с увеличением числа витков растет и активное сопротивление обмотки, а нам нужно, чтобы оно уменьшалось. Уменьшить сопротивление обмотки при увеличении числа ее витков можно только одним путем — увеличением сечения (диаметра) обмоточного провода, но тогда для размещения обмотки на каркасе потребуется больше места, а это повлечет за собой увеличение габаритов трансформатора.

Какие же реальные величины индуктивности первичной обмотки и ее активного сопротивления могут считаться приемлемыми для современного УНЧ с нижней

границей полосы пропускания 20 Гц? Если задаться максимальным допустимым значением потери сигнала на нижней частоте диапазона 10%, то расчеты дают значение индуктивности  $L = 40$  Гн при  $r = 500$  Ом.

$$X_L = 2\pi fL = 6,28 \cdot 20 \cdot 40 = 5 \text{ кОм}; \quad r = 0,5 \text{ кОм}; \quad r = 0,1X_L.$$

Конструктивный расчет такого «теоретического» трансформатора с учетом того, что для двухтактной схемы первичных обмоток должно быть две, а не одна, дает значение порядка 1500–2500 витков провода ПЭЛ или ПЭВ диаметром (по меди!) 0,44...0,51 мм для первичной обмотки и 50–150 витков провода диаметром 0,8...1,2 мм для вторичной. Чтобы эти обмотки разместились на каркасе, размер его «окна» должен быть порядка 20×50 мм, что приводит к необходимости применять трансформатор с сечением сердечника не менее, чем 10...12 см<sup>2</sup> при выходной мощности усилителя 10...15 Вт. Для усилителей с выходной мощностью 40 Вт сечение соответственно увеличивается до 15...18 см<sup>2</sup>.

Чтобы эти цифры как-то связались с реальными представлениями о трансформаторах, напомним, что такой пакет железа (сечением 30×63 мм) имел... силовой трансформатор телевизора «Рубин-102» мощностью 150 Вт! Такова сегодня цена за реальную нижнюю границу полосы пропускания усилителя 20 Гц.

Но для чего нужно так подробно рассматривать все эти вопросы, вместо того, чтобы просто привести конкретные конструктивные и намоточные данные трансформаторов? С единственной целью: чтобы, во-первых, ты понял, что предъявляемые к конструированию трансформаторов требования, с которыми дальше столкнешься, отнюдь не являются неоправданными или чрезмерными, и во-вторых, чтобы при изготовлении трансформаторов, ты неуклонно следовал моим указаниям и рекомендациям.

\*\*\*

А теперь перейдем к практической стороне дела и начнем с выбора типа железа для выходных трансформаторов. Изготовить хороший выходной трансформатор можно на шихтованном броневом сердечнике из отдельных Ш-образных пластин, хотя его изготовление окажется достаточно трудоемким.

Первая трудность на этом пути связана с самим сердечником. Прежде всего нужно учесть, что пластины толщиной 0,5 мм для наших целей непригодны. Максимальная допустимая толщина — 0,35 мм, а если железо будет 0,2 мм — еще лучше.

Собрав пакет необходимой толщины, следует прибавить к нему еще не менее 10% дополнительных резервных пластин (и перемычек тоже) про запас. Все пластины и перемычки необходимо с двух сторон покрыть из пульверизатора любой нитроокраской или жидким цапон-лаком, после чего тщательно высушить (на воздухе, на солнце, в духовке). Эта мера нужна для сведения к минимуму потерь в сердечнике на токи Фуко. После этого **каждую** пластину и перемычку надо обследовать на предмет отсутствия на них заусениц и зазубрин, которые в процессе сборки пакета могут нарушить (процарапать) защитный слой лака или краски. Обнаруженные дефекты можно устранить с помощью надфиля, мелкого наждачного круга или ножа. Еще лучше заменить дефектные пластины из числа резервных.

Следующая головная боль — это секционированный каркас. Скорее всего ни один из готовых промышленных нам не подойдет, особенно если он неразборный. Но прежде чем приступить к самостоятельному изготовлению каркаса, нужно внимательно изучить рис. 65, на котором изображен каркас и расположение на нем первичной и вторичной обмоток. В данном варианте окно каркаса разделено точно посередине дополнительной перегородкой меньшей высоты — вровень с половинками первичной обмотки. После их намотки укладываются 2–3 слоя изоляции кабельной бумаги во всю ширину каркаса, и сверху, также во всю ширину каркаса, наматывается без разрыва вся вторичная обмотка.

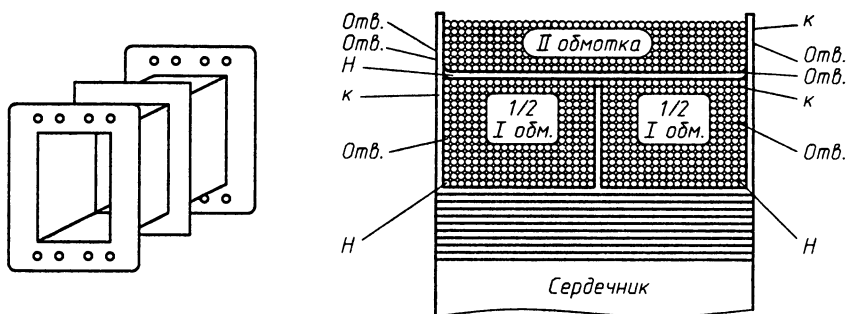


Рис. 65. Конструкция каркаса выходных трансформаторов усилителя и расположение на нем обмоток

Для достижения полной симметрии половинок первичной обмотки числа их витков должны быть одинаковыми **с точностью до одного витка (!)**, а направление намотки для двух половинок должно быть **противоположным**. В этом случае начала обмоток подключают к анодам оконечных ламп, отводы — к экранным сеткам, а верхние концы соединяют вместе и подключают к плюсу анодного напряжения.

Пластины сердечника собираются встык, без зазора, поскольку в двухтактных схемах подмагничивание постоянным током отсутствует. Полностью готовый собранный трансформатор очень желательно подвергнуть влагозащитной обработке, осуществить которую в домашних условиях довольно просто. В железной банке из-под консервов или любой другой подобной посуде (кастрюльке, миске), внутри которой может поместиться целиком или хотя бы частично выходной трансформатор, нужно растопить и хорошо прогреть свечной воск, парафин, стеарин или промышленный церезин. Трансформатор опускают в банку и выдерживают в ней 2...3 мин, непрерывно подогревая расплав. Если в банке уместилась только часть трансформатора, следует повернуть его оставшейся частью и снова проварить 2...3 мин. Полностью проваренный трансформатор надо извлечь, и дать стечь лишнему воску.

После полного остывания (до комнатной температуры) застывшие потеки, если они мешают креплению трансформатора, можно осторожно удалить деревянной или пластмассовой лопаточкой (но не стальным ножом!). Если есть возможность, готовый трансформатор перед установкой на шасси очень желательно поместить в сплошной металлический кожух-экран, чтобы исключить воздействие его электрических и магнитных полей на лампы, открытый печатный монтаж, оперативные регуляторы и соединительные провода и тем самым предотвратить возникновение неконтролируемых паразитных обратных связей.

Электрические и конструктивные данные выходного трансформатора следующие: магнитопровод — броневое типа на пластинах Ш-28 с толщиной пакета 40 мм. Каркас выполнен двухсекционным (рис. 66). Первичная обмотка состоит из 1200 витков провода ПЭВ или ПЭЛ диаметром 0,2 мм с отводом от 500-го витка (для каждой из двух половинок!). Общее число витков вторичной обмотки — 120, провод ПЭВ или ПЭЛ 0,8 мм. Она наматывается поверх половинок первичной обмотки и отделена от нее несколькими слоями бумажной изоляции. Вторичная обмотка состоит из шести последовательных секций с числами витков 30 + 15 + 15 + 15 + 15 + 30.

Последовательность отводов вторичной обмотки, а также начала, концы и отводы половинок первичной обмотки должны быть точно помечены, чтобы при монтаже усилителя не ошибиться в их распайке на контакты переключателя нагрузок и на выводы печатных плат.

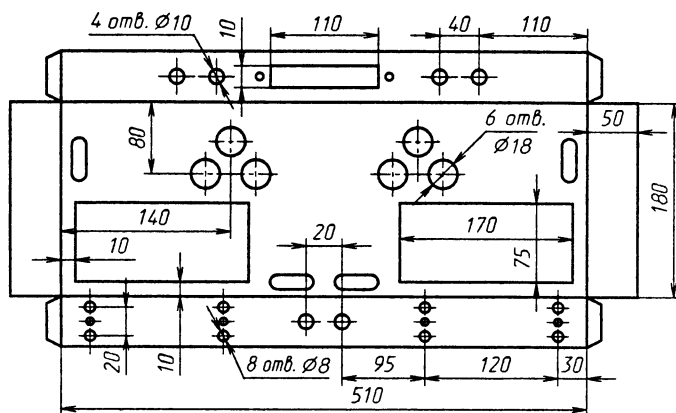


Рис. 66. Разметка шасси одного из вариантов стереоусилителя

Конструкция усилителя в значительной мере будет зависеть от твоей фантазии, его размещения в комнате (на мебельной полке, отдельно или рядом с другой аппаратурой), стиля внешнего оформления и т. п. Поэтому дать единую рекомендацию по конструкции усилителя вряд ли удастся.

Тем не менее на рис. 66 приведен чертеж и размеры для одного из вариантов усилителя, который может послужить базовой основой при самостоятельной компоновке. В нем, правда, предусмотрены некоторые прикрасы, которых нет в твоём, упрощённом варианте. Это переключатель каналов и режимов моно–стерео, коммутатор фиксированных частотных характеристик.

Сохранив общий принцип взаимного расположения узлов, плат и деталей на шасси, ты должен будешь самостоятельно скорректировать и уточнить его конфигурацию и размеры по фактическим габаритам имеющихся у тебя деталей.

Разумеется, также не обязательно повторять и внешнее оформление усилителя, однако во всех случаях нельзя забывать о том, что любая конструкция должна обеспечивать хорошую вентиляцию внутри футляра, так как четыре оконечные лампы выделяют довольно много тепла, что при отсутствии вентиляции может привести к недопустимому перегреву футляра и пагубно отразиться на работоспособности некоторых деталей (например, электролитических конденсаторов). Да и сами оконечные лампы (особенно отечественного производства — 6П14П) при перегреве склонны к появлению сеточного термотока, резко изменяющего положение рабочей точки лампы и приводящего к недопустимым нелинейным искажениям.

Ну, и наконец, о регулировке. Если усилитель изготовлен и собран без грубых ошибок, его наладивание не представляет трудностей, поскольку его схема изначально рассчитывалась на серийную повторяемость, устойчивость работы всех каскадов и минимальное число регулировок. Правда для этого тебе придётся выполнить несколько несложных условий, относящихся в основном к отбору деталей.

Самое главное правило состоит в следующем: детали, работающие в симметричных частях схемы, обязательно должны быть одинаковыми по величине с разницей не более, чем в 1%. Таких деталей немного, и их не трудно перечислить.

1. Пара резисторов в цепях катодов левого и правого триодов лампы 6Н2П фазоинвертора —  $R22$  и  $R25$ .

2. Пара резисторов в анодных цепях той же лампы —  $R23$  и  $R24$ .

3. Пара резисторов в цепях экранирующих сеток оконечных ламп —  $R32$  и  $R33$ .

4. Пара резисторов в цепи делителя схемы балансировки —  $R20$  в левом канале и  $R20'$  в правом.

5. Пара конденсаторов  $C15$  и  $C14$ .



Эти элементы по абсолютной величине могут иметь отклонения от указанных на схеме до 10%, но обязательно должны быть попарно одинаковыми.

Также очень желательно отобрать для регулятора громкости сдвоенный потенциометр, у которого для двух его частей будут максимально одинаковыми как абсолютные величины их сопротивлений, так и закон изменения этих величин от угла поворота оси. Особенно важен этот последний показатель в области самых малых значений (при минимальной громкости). Все остальные резисторы и конденсаторы могут в принципе иметь отклонения от указанных на схеме величин до 10%, что практически никак не повлияет на параметры усилителя, хотя в цепях автоматического смещения лучше использовать резисторы с отклонениями не более 5%.

Итак, все наши предостережения учтены, пожелания выполнены, усилитель собран, и теперь остается его отрегулировать. Начинаем как всегда с проверки правильности монтажа. Она сводится в основном к поиску коротких замыканий и обрывов в тех цепях, где их точно не должно быть (например, между «+» и «-» у всех электролитических конденсаторов). Затем следует включение в сеть **при вынутых лампах** и проверка наличия всех постоянных и переменных напряжений на соответствующих лепестках ламповых панелек и плюсовых выводах электролитических конденсаторов.

Если с этим все в порядке, можно вставить лампы в панельки и после их полного прогрева (около минуты) замерить реальные напряжения на анодах, катодах и экранирующих сетках всех ламп. Измеренные величины не должны заметно отличаться от указанных на схеме, а напряжения на двух анодах и двух катодах лампы VL2 (6Н2П) вообще должны быть абсолютно одинаковыми. Если это не так, то возможно одно из двух: либо два триода этой лампы неидентичны, и тогда следует заменить лампу, либо ты проигнорировал мой настоятельный совет и поставил разные резисторы в цепи анодов или катодов.

Следующий этап самый ответственный — это установка всех регулировочных (подстроечных) резисторов в единственное оптимальное положение. Здесь я буквально продиктую по пунктам все необходимые действия в строго определенной последовательности, чтобы успех был гарантирован.

1. Прежде всего установи все потенциометры и переключатели в исходное положение:

а) регулятор громкости (*R1*) — в положение максимальной громкости;

б) оба регулятора тембра (*R6* и *R11*) и регулятор стереобаланса (*R11*) — в среднее положение;

в) регулятор уровня обратной связи (*R37*) — в положение наибольшего сопротивления;

г) регулятор уровня инверсного сигнала (*R28*) — в положение «заземленного» движка;

д) переключатель импедансов (*SA1*) — в среднее положение;

е) все три регулятора балансировки в цепях накала ламп (*R38*, *R39* и *R40*) — в среднее положение.

Теперь **ОБЯЗАТЕЛЬНО** подключи к выходам ОБОИХ каналов нагрузку в виде реальных звуковых колонок или эквивалентов (постоянный резистор величиной от 2 до 16 Ом и мощностью не менее 10 Вт). На этом предварительную подготовку можно считать оконченной. Все дальнейшее может производиться только с помощью измерительной аппаратуры.

Я уже говорил, что при регулировке этого усилителя можно обойтись минимумом приборов, но некоторые из них совершенно необходимы.

1. Тестер-омметр любого типа.

2. Многошкальный ламповый или транзисторный милливольтметр переменного напряжения звуковых частот с нижней границей не хуже 5 мВ на всю шкалу и верхней границей не менее 15 В (например, типа ЛВ-9, МВЛ или более современный ВЗ-44).

3. Электронно-лучевой осциллограф практически любого типа с любым размером экрана.

4. Звуковой генератор с диапазоном частот не уже 20 Гц...20 кГц и регулируемым уровнем выходного сигнала. Желательно, чтобы он имел встроенный измеритель выходного напряжения и собственные нелинейные искажения в пределах 1%.

Если такой комплект есть, можно приступать к регулировке. Для начала подключи выход звукового генератора ко входу одного из каналов усилителя (любого), а осциллограф и ламповый милливольтметр, соединенные параллельно — к управляющей сетке лампы **VL3**. **Именно VL3, а не VL4!** Милливольтметр должен быть включен на такой предел измерения, чтобы напряжение 5 В приходилось приблизительно на середину шкалы.

Теперь установи на звуковом генераторе частоту 1000 Гц и начинай постепенно увеличивать сигнал до тех пор, пока на сетке оконечной лампы не окажется **ровно 5,0 В**. Ручками «синхронизация», «частота развертки», «усиление по вертикали» на осциллографе добейся, чтобы на его экране были видны 2–3 периода устойчивой синусоиды. Эта синусоида при любых обстоятельствах не должна иметь ни малейших следов искажений. Если же искажения видны на глаз, значит усилитель неисправен, и нужно снова вернуться к самой тщательной проверке всех режимов, убедиться в отсутствии ошибок монтажа и коммутации и проверить все лампы.

Если же искажений сигнала нет, перенеси щуп осциллографа и милливольтметра на сетку лампы **VL4** и, не меняя уровня сигнала от генератора, начинай медленно вращать шлиц установочного потенциометра **R28** до тех пор, пока на сетке не установится напряжение 5,0 В. Теперь снова перенеси оба щупа на сетку лампы **VL3**.

Скорее всего напряжение на ней немного изменилось (например, стало равно 4,8 или 5,1 В вместо 5,0 В). С помощью регулятора уровня выходного сигнала на звуковом генераторе восстанови напряжение 5,0 В и снова повтори регулировку уровня для лампы **VL4** с помощью потенциометра **R28**. Вполне возможно, что подобные подрегулировки придется повторить несколько раз до тех пор, пока разница напряжений на сетках ламп **VL3** и **VL4** не будет укладываться в 1%, т. е. не превысит 0,05 В.

Следующий этап регулировки — получение минимально возможного уровня собственного фона. Для этого регуляторы громкости и тембра устанавливают в положение максимального усиления (подъема характеристик), входные гнезда замыкают накоротко перемычкой, подвал шасси закрывают наглухо металлическим поддоном, звуковой генератор отсоединяют, а щупы осциллографа и милливольтметра подключают к выходным клеммам усилителя (обязательно с учетом соответствия **заземленных** проводов приборов и вторичной обмотки выходного трансформатора!). И еще очень важное обстоятельство: **на входную лампу (VL1 6Н1П) обязательно должен быть надет металлический экран!**

Теперь постепенно переключай осциллограф и милливольтметр на более чувствительные шкалы, наблюдая за экраном и стрелкой прибора. Когда стрелка прибора окажется в районе середины шкалы, а на экране будет отчетливо виден сигнал фона (как правило, с частотой 50 Гц), начинай вращать шлиц потенциометра **R38**. В каком-то его положении фон станет минимальным. Снова переключи приборы на более чувствительные шкалы и таким же образом отрегулируй положение потенциометра **R40**. Если при этом окажется, что наименьшему фону соответствует одно из крайних положений потенциометра или что минимальный уровень фона превышает 5 мВ, придется подобрать другие лампы 6Н1П и 6Н2П с меньшим уровнем собственного фона.

Следующий этап — проверка правильности включения обратной связи. Для этого снова подключи ко входу усилителя звуковой генератор, на выход — милливольтметр и осциллограф, установи небольшой выходной сигнал от генератора (порядка 20...50 мВ на частоте 1000 Гц) и, наблюдая за показанием милливольт-

метра, медленно вращай шлиц потенциометра *R37*. Если при этом выходное напряжение начнет уменьшаться, значит полярность обратной связи правильная. Если же выходное напряжение начнет расти или усилитель загенерирует, значит вместо отрицательной обратной связи получилась положительная. В этом случае нужно поменять местами крайние выводы вторичной обмотки выходного трансформатора, т. е. заземлить другой, противоположный ее конец. При этом придется переключить на противоположный отвод и провод, идущий к регулятору *R37*, чтобы напряжение обратной связи снималось (относительно земли!) только с первого, а не с пяти отводов. Прделав такую операцию, снова проверь с помощью потенциометра *R37*, что теперь полярность обратной связи правильная.

Дальше нужно найти оптимальный отвод вторичной обмотки выходного трансформатора под твою конкретную акустическую систему. Эту операцию лучше всего делать, когда дома никого кроме тебя не будет, поскольку по крайней мере в течение получаса твоя акустика будет завывать на частоте 1000 Гц с полной мощностью.

Запасись бумагой и авторучкой, чтобы делать записи, переключи коммутатор выходных импедансов на первое положение и начинай медленно увеличивать входной сигнал, наблюдая за синусоидой на экране осциллографа. Как только заметишь появление малейших искажений, уменьши сигнал до полного их пропадания и запиши номер отвода трансформатора и соответствующее этому отводу максимальное неискаженное выходное напряжение.

Теперь последовательно проделай эту же операцию для всех шести положений переключателя *SA1* и, выключив, наконец, воющий усилитель, определи, какому отводу соответствует максимальный неискаженный сигнал. Это положение переключателя обязательно пометь краской — оно оптимально для данной конкретной акустической системы. Если когда-нибудь со временем ты решишь перейти на другую акустическую систему, для нее потребуется заново определить оптимальное положение переключателя.

Наконец, последняя регулировочная операция состоит в установке номинальной чувствительности усилителя. Для этого на частоте 1000 Гц установи на входе усилителя номинальное напряжение (в пределах от 50 до 200 мВ) и вращай шлиц потенциометра *R37* до получения на выходе усилителя максимального неискаженного сигнала. При сопротивлении акустического агрегата 4 Ом напряжение должно быть порядка 6 В. Для других значений импеданса выходное напряжение легко находится по формуле закона Ома.

На этом регулировку одного канала можно считать законченной и приступить к регулировке второго канала. Она абсолютно ничем не отличается от описанной.

\* \* \*

Если ты неукоснительно выполнил все мои указания и был внимателен при монтаже, усилитель просто обязан сразу же заработать, а его регулировка не вызвать никаких трудностей. Правда, это справедливо лишь при условии, что все лампы полностью соответствуют паспортным параметрам, а для этого они прежде всего должны быть новыми, а не бывшими в употреблении. Лампы б/у имеют, как правило, параметры, существенно отличающиеся от паспортных, что может не позволить получить качественные показатели усилителя, приведенные в начале описания, или даже сделают невозможным описанный процесс регулировки. Так что постарайся приобрести новые лампы. Их легко отличить от старых по дате выпуска: снаружи баллона вместе с типом лампы промаркирована и дата ее изготовления — например

6П14П  
04.03

т. е. лампа изготовлена в апреле 2003 г.

Вот теперь действительно все. А в следующем разделе будет описана акустическая система, специально предназначенная для комплектования этого усилителя.

# Широкополосная акустическая система открытого типа

К стереофоническому усилителю, который мы с тобой только что закончили, необходимы две широкополосные акустические системы мощностью не менее 10 Вт каждая. Сейчас в продаже (по крайней мере в крупных городах) не представляет проблемы приобретение самых разнообразных по мощности, конструкции, габаритам и стоимости акустических систем практически на любой вкус, начиная от малогабаритных объемом в 2...3 дм<sup>3</sup> до напольных объемом свыше кубометра. Однако у подавляющего большинства этих систем есть один объединяющий признак: все они компрессионного типа. Это значит, что футляр акустической системы наглухо закрыт, и диффузор громкоговорителя работает как поршень, цилиндр которого имеет внутри неизменный объем заключенного воздуха.

Все компрессионные системы имеют ряд бесспорных достоинств, среди которых важнейшие следующие:

1. Полностью исключено акустическое короткое замыкание между фронтальной и тыльной сторонами диффузора громкоговорителя, что увеличивает относительную (но не абсолютную!) отдачу на крайних низших частотах и, следовательно, уменьшает общую неравномерность частотной характеристики за счет этой части спектра.

2. За счет того, что диффузор работает как поршень в закрытом цилиндре, резко возрастает сопротивление внутреннего объема воздуха в футляре, что приводит к быстрому затуханию свободных колебаний диффузора, а это эквивалентно увеличению фактора демпфирования.

3. За счет относительного улучшения излучения нижних частот (см. п. 1) удается существенно уменьшить габариты футляра при сохранении качества звучания в басовом регистре.

Однако, как сегодня принято говорить, бесплатным бывает только сыр в мышеловке. За все остальное приходится платить. В случае компрессионных акустических систем платой является их КПД и, следовательно, электрическая мощность, которую необходимо подводить к системе для получения достаточной громкости звучания.

Может быть ты обратил внимание на то, что у большинства современных переносных и компактных приемников, магнитол, а также у их автомобильных близнецов регламентируется паспортная выходная мощность 50, 60 100 и даже 300 Вт! Между тем, абсолютное большинство старых ламповых радиоприемников и радиол даже самого высокого класса имело выходную мощность в 10–20 раз меньшую. Например, у консольной стереорадиолы высшего класса «Симфония» выходная мощность каждого канала не превышала 6 Вт, первоклассные настольные приемники «Латвия», «Мир», «Т-689» имели выходную мощность 5 Вт, хотя при этом громкость их звучания была отнюдь не меньше, а скорее больше, чем у сегодняшней автомагнитолы с паспортной мощностью 2 × 30 Вт.

В чем же дело? А дело в том, что до начала широкого распространения транзисторной радиоаппаратуры в качестве акустических систем применялись не компрессионные, а исключительно открытые излучатели, т. е. такие, у которых тыльная сторона диффузоров громкоговорителей сообщалась с воздушным объемом помещения через перфорированную заднюю стенку футляра. И хотя такие открытые акустические системы не имели достоинств компрессионных, они, тем не менее, обеспечивали прекрасное качество звучания при значительно меньшей подводимой электрической мощности.

Почему же в таком случае сегодня акустические системы открытого типа оказались полностью вытеснены из практики малогабаритными компрессионными колонками?

Дело в том, что сегодняшняя номенклатура мощных оконечных транзисторов для УНЧ позволяет без труда получить неискаженную выходную мощность 50 и 100 Вт при исключительно высоком КПД, поскольку специальные схемные решения позволяют этим транзисторам работать в классе В практически без заметных нелинейных искажений. В этом случае использование компрессионных акустических систем не только возможно, но и вполне оправдано.

Иное дело с ламповыми усилителями. В современных ламповых усилителях оконечные каскады могут работать только в чистом классе А, чтобы обеспечить приемлемый уровень КНИ. Но это, как известно, самый неэкономичный режим. Кроме того, мощные оконечные лампы потребляют большой ток по цепи накала, поэтому оказывается, что даже при выходной мощности 10...15 Вт усилитель потребляет от сети свыше 100 Вт. Ясно, что создавать ламповый усилитель с выходной мощностью 100 Вт и более для нормальной раскочки достаточно мощной компрессионной системы просто бессмысленно: он будет потреблять от сети не менее киловатта и соответственно выделять тепла наравне с утюгом или электроплиткой.

Отсюда почти однозначно следует, что для лампового усилителя предпочтительнее акустическая система открытого типа. Но именно такие системы сегодня не выпускает практически ни одна фирма ни в России, ни за рубежом. Что же остается делать нашим читателям? Им остается построить такую систему самостоятельно.

Для тех, кто никогда этого не делал, сообщаем, что дело это вовсе не такое простое, как может показаться вначале, и что построить высококачественную акустическую систему ничуть не проще, чем высококачественный усилитель. Поэтому дальше мы приведем не только подробное описание одной из систем (далеко не самой сложной), но и сопроводим его пояснениями и комментариями, которые помогут радиолюбителю грамотно подойти к выбору типов громкоговорителей, определению формы и размеров футляра и конструкционных материалов для ее изготовления. Начинается эта работа с задания основных параметров, которыми будет определяться все остальное.

Главными показателями любой акустической системы являются:



1. *Реально воспроизводимый диапазон частот по звуковому давлению.*
2. *Неравномерность частотной характеристики в этом диапазоне.*
3. *Реальная величина звукового давления.*
4. *Коэффициент нелинейных искажений.*
5. *Потребляемая электрическая мощность звукового сигнала.*

С этими параметрами напрямую связан выбор типов и количества громкоговорителей, способных решить эту задачу. Здесь нам снова потребуются небольшое отступление в область теории, без чего многое из дальнейшего может оказаться непонятным. Начнем с физики работы громкоговорителя. Для эффективного излучения самых низких частот диффузор громкоговорителя должен иметь максимально возможную излучающую поверхность (площадь конуса), предельно мягкую подвеску (эластичный гофр и небольшую упругость подвеса), что влечет за собой достаточно большую инерционность всей системы. Впрочем, на низших частотах диапазона это практически не сказывается отрицательно на качестве звучания басовых инструментов.

Для эффективного воспроизведения высших частот диапазона (начиная с 8...10 кГц) требования к громкоговорителю меняются на прямо противоположные. Диффузор может быть очень небольшого размера, но обязательно жестким: очень часто для достижения этой цели бумажный диффузор пропитывают бакелитовым лаком, а у наиболее дорогих моделей (преимущественно западных фирм) делают из пластмассы или легкого дюрала. Подвеска катушки делается весьма жесткой и максимально безынерционной.

Даже уже сказанного достаточно, чтобы понять, что для эффективного излучения широкого спектра частот одним громкоговорителем не обойтись. И действительно, абсолютное большинство широкополосных акустических систем состоит из 3-х и более разных излучателей. Почему из 3-х, а не из 2-х? Потому что хороший низкочастотный громкоговоритель с низкой частотой собственного механического резонанса эффективно излучает лишь частоты не выше 4...6 кГц, а высокочастотные головки начинают работать с частот 8...10 кГц, поэтому средний участок рабочего диапазона попадает в зону провала.

Чтобы этот участок заполнить, обычно в состав системы включают третий, так называемый широкополосный громкоговоритель средней мощности (3...5 Вт), к относительно большому диффузору которого приклеен небольшой жесткий конус для улучшения излучения высоких частот. И хотя мера это в известной мере паллиативная, все же удается достичь полосы частот у таких громкоговорителей в пределах от 60...80 Гц до 10...12 кГц с приемлемой степенью неравномерности.

В авторском варианте эта концепция нашла выражение в выборе трех стандартных промышленных громкоговорителей:

1. 6ГД-2 РРЗ — в качестве основного низкочастотного (полоса частот 40...5000 Гц, частота собственного резонанса 25...35 Гц, номинальная мощность — 6 Вт, полное сопротивление — 8 Ом). Использовался в стереорадиоле высшего класса «Симфония».

2. 4ГД-7 — в качестве среднечастотного заполняющего (полоса частот 80...12000 Гц, частота собственного резонанса 50–70 Гц, номинальная мощность — 4 Вт, полное сопротивление — 4,5 Ом).

3. 1ГД-3 РРЗ — в качестве высокочастотного (полоса частот 5000...18000 Гц, частота собственного резонанса — 4500 Гц, номинальная мощность — 1,0 Вт, полное сопротивление (на частоте 10 кГц) 12,5 Ом).

Весьма вероятно, что приобрести сегодня именно эти громкоговорители окажется невозможным. В этом нет ничего страшного, ибо имеющиеся сейчас в продаже типы не только не хуже указанных, но и нередко превосходят их по основным показателям. Важно лишь при их выборе придерживаться приведенных выше соотношений номинальных мощностей (6:4:1) и по возможности — отношений полных сопротивлений. Само собой разумеется, что номинальная мощность заменяющих громкоговорителей не может быть меньше, чем у рекомендованных.

Чтобы на этот случай избавить тебя от необходимости рыться в справочниках, привожу таблицу наиболее распространенных на сегодня отечественных электродинамических излучающих головок (табл. 7).

Впрочем, это все теория, а мы сейчас займемся практическим изготовлением достаточно простой, но тем не менее вполне отвечающей требованиям Hi-Fi акустической стереосистемы, состоящей из двух одинаковых десятиваттных колонок, обеспечивающей с большим запасом озвучение помещения площадью до 50 м<sup>2</sup> и специально предназначенной для описанного в предыдущем разделе стереоусилителя.

Итак, начнем с **футляра**. Для его изготовления потребуется хорошая, без дефектов (лучше всего так называемая авиационная) фанера толщиной 10...12 мм, тщательно высушенная и не коробленная еловая (в крайнем случае — сосновая) доска толщиной 30 мм, лист фанеры толщиной 4 мм для задних стенок, тонкая листовая резина (можно использовать старые автомобильные камеры), а также 20 специальных транспортировочных прокладок-планшетов из рыхлого картона, используемых при упаковке и перевозке куриных яиц, и хороший столярный или казеиновый клей. Кроме того, понадобятся специальные столярные и плотницкие инструменты для обработки дерева (продольная распиловка толстой доски, распиловка фанеры, выстругивание, вырезка отверстий под громкоговорители в передней доске и перфораций на задних стенках), а также широкие струбины или ваймы для изготовления клееного переднего щита.

Таблица 7

ОСТ 4.381.001—85	ГОСТ 8010—84	Габаритные размеры, мм	Диапазон частот, Гц	Уровень характеристической чувствительности, дБ/Вт	Номинальное сопротивление, Ом	Частота основного резонанса, Гц
Широкополосные (выборочно)						
0,25ГДШ-2	0,1ГД-17	50×80	450...3150	90	50	—
0,5ГДШ-1	0,25ГД-10	63×29,5	315...5000	90	8	—
1ГДШ-6	0,5ГД-52	80×28	315...7100	92	8	—
1ГДШ-1	0,5ГД-30	80×125×47	125...10000	93	16	—
1ГДШ-4	1ГД-50	100×36	180...12500	90	8	—
2ГДШ-4	1ГД-37	80×125×42	125...10000	92	8	—
2ГДШ-6	1ГД-62	100×35	160...12500	90	8	—
3ГДШ-10	—	80×125×42	100...12500	92	4/8	—
4ГДШ-3	4ГД-53А	125×47	100...12500	91	8	—
5ГДШ-5	4ГД-53	125×50	100...12500	92	4/8	—
5ГДШ-4	3ГД-45	160×55	80...12500	90	4	—
6ГДШ-1	3ГД-32	125×200×77	80...12500	92	4	—
8ГДШ-1	—	200×46	63...12500	92	8	—
10ГДШ-1	10ГД-36К	200×87	63...20000	90	4	—
10ГДШ-2	10ГД-36Е	200×82	63...20000	87,5	4	—
10ГДШ-5	10ГД-48	200×87	63...20000	87,5	4	—
15ГДШ-1	15ГД-12	250×93	40...16000	92	4, 8, 16	—
Низкочастотные						
10ГДН-1	6ГД-6	125×80	63...5000	84	4	—
20ГДН-1	10ГД-30Б	200×92	63...5000	86	8	32
25ГДН-1	10ГД-34	125×75,5	63...5000	84	4	80
25ГДН-2	15ГД-18	125×75,5	80...3150	81	4	—
25ГДН-3	15ГД-14	125×76	63...5000	84	4/8	55
35ГДН-1	25ГД-26	200×120	40...5000	86	4	30
50ГДН-1	35ГД-1	200×100	31,5...4000	85	8	25
50ГДН-3	25ГД-4	250×120	31,5...2000	85	8	—
75ГДН-1	30ГД-2	250×125	31,5...1000	87	4/8	25
75ГДН-2	35ГД-2	250×120	31,5...5000	87,5	8	—
75ГДН-6	30ГД-6	250×124	31,5...1000	88	4	33
75ГДН-01	—	320×175	31,5...1000	86,5	8	28
100ГДН-3	75ГД-1	315×190	31,5...1000	90	8	32
Среднечастотные						
20ГДС-1	15ГД-11А	125×73,5	200...5000	90	8	110
20ГДС-4	15ГД-11	125×73,5	200...5000	89	8	120
20ГДС-2	20ГД-1	140×140×45	630...8000	87,5	8	450
25ГДС-1	25ГД-43	170×50	400...8000	92	8	—
20ГДС-01	—	170×170×140	315...6300	88,5	8	—
30ГДС-1	30ГД-Н	125×65	250...8300	92	8	170
Высокочастотные						
5ГДВ-1	3ГД-31	100×48,2	(3...20)·10 <sup>3</sup>	90	8	—
6ГДВ-1	3ГД-2	63×63×31	(5...18)·10 <sup>3</sup>	92	16	—
6ГДВ-2	4ГД-56	50×80	(3...20)·10 <sup>3</sup>	90	8	—
10ГДВ-1	10ГД-20	110×110×44	(5...30)·10 <sup>3</sup>	92	8	—

ОСТ 4.381.001—85	ГОСТ 8010—84	Габаритные размеры, мм	Диапазон частот, Гц	Уровень характеристической чувствительности, дБ/Вт	Номинальное сопротивление, Ом	Частота основного резонанса, Гц
10ГДВ-2	10ГД-35	100×100×35	(5...25)·10 <sup>3</sup>	92	16	—
10ГДВ-4	—	110×110×70	(5...25)·10 <sup>3</sup>	94	16	—
10ГДВ-01	—	120×170×45	(2,5...25)·10 <sup>3</sup>	92	8	—
20ГДВ-1	2ГД-4	125×125×40	(5...35)·10 <sup>3</sup>	90	8	—

На рис. 67, 68 и 69 приведены чертежи отдельных деталей футляра и переднего акустического щита с указанием основных размеров. Что касается количества, формы и размеров отверстий в переднем щите, то они будут определяться исключительно габаритами примененных тобой громкоговорителей и их количеством. Размеры, приведенные на рисунке, соответствуют громкоговорителям типа 6ГД-2 РРЗ (низкочастотный), 4ГД-7 рязанского завода (среднечастотный) и 1ГД-3 РРЗ (высокочастотный). Там же указана разметка на случай использования в качестве высокочастотных двух эллиптических головок типа 3ГД-31 (использовались совместно с усилителями, имевшими дополнительный отдельный ВЧ-канал усиления).

Предупреждаю, что при использовании громкоговорителей любых других типов их взаимное расположение и координаты центров на переднем щите должны быть сохранены такими, как указано на чертеже.

Если вместо одного ВЧ-громкоговорителя будут использованы два одинаковых, их надо разместить рядом, горизонтально и симметрично относительно координат, указанных на чертеже для головок 3ГД-31. Включать их между собой надо *последовательно и синфазно* (относительно последнего речь пойдет особо).

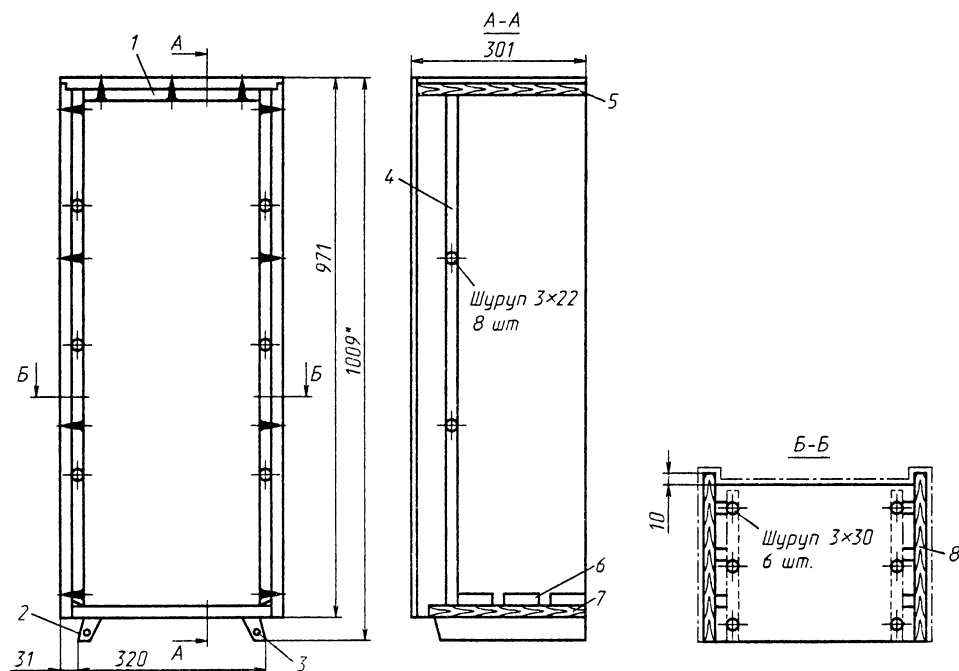


Рис. 67. Конструкция акустического агрегата



Начинать работу надо с наиболее сложной и трудоемкой ее части — изготовления **переднего щита**. Щит этот собран из отдельных брусков ели или сосны, нарезанных из цельной, хорошо высушенной некоробленной доски толщиной не менее 30 мм (в чистом, струганом виде). Доску распиливают вдоль на отдельные бруски сечением 30×30 мм и длиной 1,1 м (с технологическим запасом). После тщательной обработки брусков крупной наждачной бумагой из них с помощью столярного или казеинового клея склеивают доску необходимой ширины (с небольшим запасом) и, зажав ее в ваймы или струбцины, оставляют сушить не менее чем на неделю.

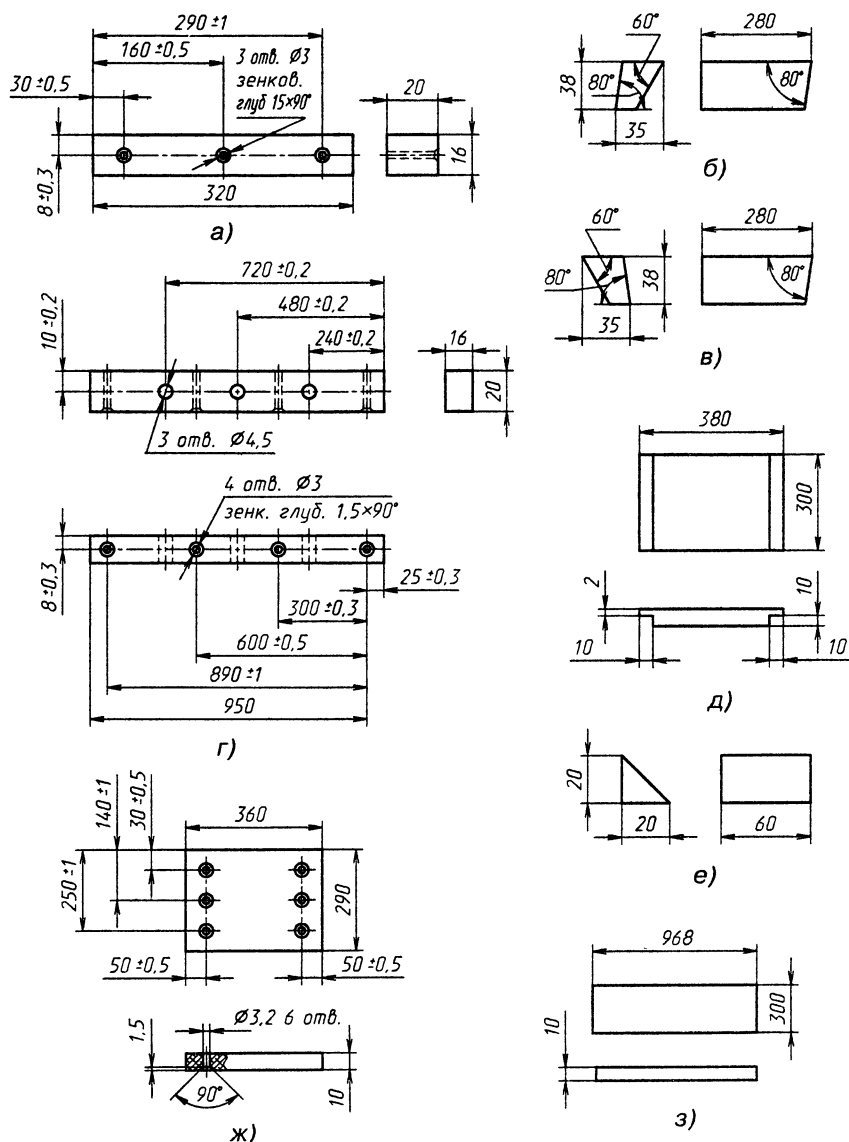


Рис. 68. Детали футляра акустического агрегата:

а — брусок верхний; б — ножка правая; в — ножка левая; г — брусок боковой; д — крышка;  
е — уголок; ж — дно; з — боковая стенка



Отделка футляров возможна путем фанерования шпоном ценных пород (орех, карельская береза), либо оклейкой самоклеющейся пленкой под дерево. В любом случае внешняя отделка должна быть полностью закончена до окончательной сборки агрегата.

После того, как в фанере будут вырезаны все размеченные отверстия, заднюю стенку нужно покрасить темной морилкой или другой водорастворимой краской, с внутренней стороны наклеить по всей площади марлю и после ее полного высыхания поверх марли наклеить подготовленные планшеты, проследив, чтобы отверстия в них точно расположились против отверстий в задней стенке. На этом изготовление задних стенок можно считать законченным, и вернуться к передней панели.

139

к футляру может быть решено по-разному. В авторских конструкциях использовались крепежные скобы-угольники с шайбами и «барашками» от крепления кинескопа к футляру телевизора.

Когда **передняя** доска будет точно подогнана к проему футляра и оклеена по торцам резиновыми полосками, можно приступать к вырезанию отверстий под громкоговорители. Главное, что при этом следует учесть, это чтобы диаметр отверстия в доске с точностью до миллиметра соответствовал расстоянию между внутренними кромками картонной наклейки на громкоговорителе со стороны диффузора.

После вырезывания всех отверстий внутренние торцевые стороны отверстий нужно тщательно зашкурить наждачной бумагой, протереть от образовавшейся пыли и покрыть любым лаком или нитрокраской. Теперь на **наружную** сторону доски надо наклеить или натянуть с помощью мелких гвоздиков так называемую радиоткань или любую другую, обязательно редкую (прозрачную) материю. Только после этого на переднюю панель можно устанавливать громкоговорители, обеспечив при этом абсолютно точную их центровку относительно отверстий в доске.

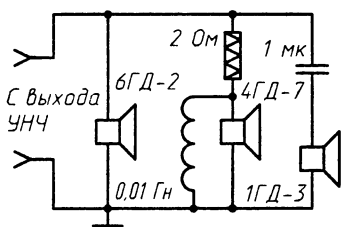


Рис. 70. Схема соединения громкоговорителей в колонке

Оставшиеся шесть «яичных» планшетов (на каждый из футляров) нужно прибить или приклеить к внутренним сторонам боковых стенок футляра (по три на каждую стенку) рыхлым слоем картона внутрь футляра. Этим практически полностью исключаются отражения от боковых и задней стенок футляра и значительно уменьшаются пики и провалы в частотной характеристике агрегата по звуковому давлению.

Соединение громкоговорителей между собой производится в соответствии со схемой на рис. 70. Величины деталей, указанные на этой схеме, соответствуют примененным типам громкоговорителей.

Теперь особо о **фазировании громкоговорителей** внутри колонок и колонок между собой. Дело это исключительно важное, ибо при неправильной фазировке даже идеально собранная система будет работать из рук вон плохо. К сожалению, многие радиолюбители этого не знают или не придают этому значения, расплачиваясь за это плохой работой хороших колонок.

Физический смысл фазировки состоит в том, чтобы в группе параллельно, последовательно или смешанно соединенных громкоговорителей, работающих от общей двухпроводной линии, при подаче на вход линии постоянного напряжения положительной или отрицательной полярности диффузоры всех громкоговорителей реагировали одинаково: либо втягивались в магнитный зазор, либо выталкивались из него. Недопустимо, чтобы диффузоры разных громкоговорителей двигались в противоположных направлениях.

На практике дело обстоит немного сложнее. Дело в том, что высокочастотный громкоговоритель подключен к линии через разделительный конденсатор, а среднечастотный зашунтирован дросселем, поэтому при подключении к линии батарейки (1,5 В) можно просто не заметить отклонение диффузора. Так что на время проверки синфазности разделительный конденсатор нужно замкнуть перемычкой накоротко, а дроссель отпаять с одной стороны (любой). Для изменения фазировки любого громкоговорителя нужно поменять местами подходящие к нему провода, а после окончания всей работы не забыть восстановить временно нарушенную схему.

После того, как все громкоговорители внутри каждой из колонок будут сфазированы, следует произвести фазировку колонок между собой. С этой целью обе колонки нужно поставить вплотную рядом друг с другом на расстоянии в 2...3 м от оператора «лицом» к нему, включить параллельно и подать от звукового генера-

тора сигнал с частотой 200 Гц очень небольшой величины, так чтобы звук был едва слышен. Один провод от одной из колонок (любой) нужно разорвать, и в образовавшийся разрыв включить длинный отрезок соединительного провода с таким расчетом, чтобы оператор, находясь в 3-х метрах от колонок, мог попеременно замыкать и размыкать разорванную цепь.

Если при замыкании разорванной цепи громкость на слух почти не изменяется или очень незначительно увеличивается, значит колонки сфазированы правильно. Если же при подключении второй, разомкнутой колонки громкость звука резко уменьшается или даже звук перестает быть слышен совсем, значит колонки включены в противофазе. В этом случае провода от одной из них (безразлично какой) надо поменять местами и еще раз убедиться, что теперь колонки работают синфазно.

После этого одноименные концы проводов обеих колонок нужно пометить (закрыть краской, обмотать изолентой, надеть х/в чулок), чтобы потом правильно распаять их на разъемы или другие соединители, исключающие нефазное подключение двух колонок к выходам стереоканалов усилителя. Очень полезно проверку на синфазность произвести еще раз уже совместно с работающим усилителем, поскольку вполне может оказаться, что вторичные обмотки выходных трансформаторов в двух каналах усилителя имеют на выходе разные фазы. При такой проверке сигнал с частотой 200 Гц от генератора должен быть одновременно подан на оба входа усилителя.

И наконец, последнее замечание о колонках. Поскольку величина тока при пиковой мощности (10...12 Вт) превышает 3 А, соединительные провода должны иметь достаточное сечение, чтобы на них при длине в 3...5 м не возникало заметного падения напряжения сигнала. Лучше всего в качестве соединительных проводов для колонок применять стандартный осветительный шнур от бытовых электроприборов. Провода должны быть цельными, соединения в них недопустимы.

Перед началом эксплуатации колонок нужно проверить каждую из них на отсутствие дребезжаний. Для этого на вход УНЧ подключают звуковой генератор, уровень сигнала устанавливают соответствующим номинальной мощности колонки (в нашем случае — 10 Вт) и очень медленно изменяют частоту в пределах всей полосы, начиная от 40 Гц и до 18 кГц, поддерживая выходную мощность неизменной и внимательно прислушиваясь к появлению посторонних призвуков и дребезжаний.

Чаще всего их причиной являются неплотно притянутые шайбы под винтами и шурупами, неплотно привернутая задняя стенка, ненадежно приклеенные звукопоглощающие планшеты, слабо натянутая на передней панели радиоткань, либо, наконец, стружки, опилки и мелкие посторонние предметы, оказавшиеся между диффузором и радиотканью.

Все выявленные причины нужно обязательно устранить до начала эксплуатации комплекса. И если ты не поленился и выполнил все, что было рекомендовано, я гарантирую тебе великолепное звучание на зависть владельцам 50- и 100-ваттных компрессионных колонок.

## Несколько вариантов «мигающих гирлянд» для новогодней елки

Если для тебя в доме еще устраивают новогоднюю елку, или у тебя есть младшие брат или сестра, могу предложить несколько нестандартных устройств, сделав которые ты доставишь им настоящий новогодний сюрприз. Речь о достаточно простых схемах, создающих различные светотехнические эффекты.

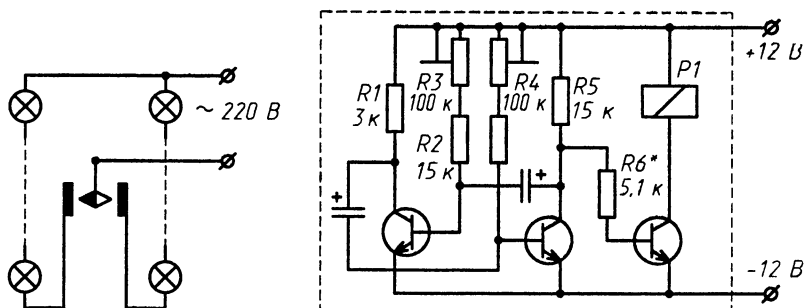


Рис. 71. Принципиальная схема коммутатора елочных гирлянд

Первая такая схема обслуживает стандартные елочные гирлянды из последовательно соединенных лампочек на общее напряжение осветительной сети (220 В). Такая гирлянда может состоять из 18 одноцветных или разноцветных 12 вольтовых лампочек, либо другого количества лампочек с другим номинальным напряжением.

Однако в любом случае лампочки такой гирлянды светятся все одновременно и постоянно (непрерывно), что делает иллюминацию елки статичной. Правда, в последнее время в продаже появились мигающие разновидности гирлянд, предназначенные, впрочем, не столько для украшения елок, сколько для цвето-светового оформления витрин магазинов и рекламных щитов. Но такие «мигающие шланги», если бы их и удалось развесить на елке, малоинтересны, поскольку однообразны.

Я предлагаю тебе несложное электронное устройство, которое делает попеременное включение (свечение) 4-х или 6-ти отдельных цветных гирлянд неповторяющимся и непредсказуемым на протяжении довольно большого отрезка времени, что создает полную иллюзию случайного характера таких переключений.

Схема устройства приведена на рис. 71. Это самый обычный, хорошо знакомый тебе мультивибратор, работающий на ключевой транзисторный каскад с нагрузкой в виде реле. Реле имеет одну группу на переключение и в зависимости от состояния реле включает либо одну, либо другую гирлянду.

В базовые цепи обоих транзисторов мультивибратора включены переменные резисторы, позволяющие в очень широких пределах изменять как частоту переключений, так и соотношение длительностей свечения и пауз обеих гирлянд.

При одновременной работе трех таких блоков и наличии шести разноцветных гирлянд можно, изменяя положение шести регулировочных потенциометров, добиться того, чтобы частоты всех мультивибраторов оказались не только разными, но и не **кратными**. В этом случае последовательность включения гирлянд и длительность свечения каждой из них будут неповторяющимися на протяжении достаточно длительного отрезка времени.

Схема настолько проста, что не требует ни пояснения принципа ее работы, ни описания ее регулировки. Единственное, что желательно сделать, это подобрать опытным путем величину резистора  $R6$ , помеченного на схеме звездочкой. Его сопротивление должно быть максимально возможным, при котором еще обеспечивается четкое и надежное срабатывание реле даже при достаточно высокой частоте переключений. Уменьшение этого сопротивления будет приводить только к ненужному увеличению тока и нагреву обмотки реле. А оптимальная величина сопротивления напрямую зависит от типа примененного реле и параметров конкретных экземпляров используемых транзисторов. Что же касается выбора реле, то мы об этом уже недавно говорили и даже приводили данные конкретных типов, устойчиво работающих от источника с напряжением именно 12 В. Если немного изменить схему, можно сделать очень оригинальное устройство для мини-елочки, кото-

рые во многих домах устанавливают на шкафу или холодильнике вместо больших напольных елок. Понятно, что на такую мини-елочку не повесишь даже одну гирлянду из 18-ти лампочек, а сделать ее мигающей невозможно принципиально.

Устройство отличается от описанного выше очень незначительно. В его основе лежат те же самые мультивибраторы, только они упрощены за счет исключения релейного каскада, а их количество увеличено до пяти. В отличие от предыдущей схемы эмиттеры всех транзисторов не заземлены, а в их разрыв включены десять светодиодов разного свечения: красные, желтые и зеленые (в пропорции, которая тебе будет больше по душе).

Не предусмотрены в данном варианте и переменные резисторы, чтобы не увеличивать размер печатной платы. В процессе регулировки нужно будет поочередно заменять базовые резисторы временными потенциометрами, а после выбора нужного режима мигания заменять их на постоянные. Впрочем, никто не запрещает выполнить базовые цепи по схеме рис. 71, введя 10 установочных потенциометров. Это существенно облегчит и ускорит процесс регулировки и налаживания схемы.

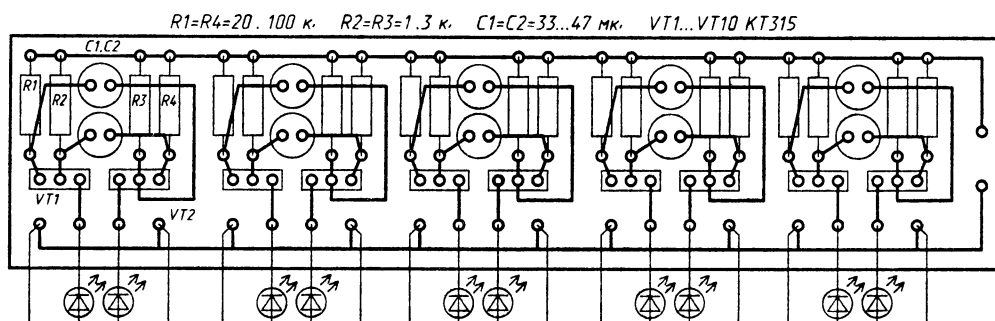


Рис. 72. Печатная плата схемы «мигающие звезды» для мини-елки

На рис. 72 приведена печатная плата. Устанавливая на нее детали следует иметь в виду, что яркость свечения светодиодов напрямую зависит от протекающего через них тока, а он в свою очередь определяется величиной резистора в коллекторной цепи. При этом расчет величины резистора можно производить прямо по формуле закона Ома, деля напряжение источника на допустимый ток через светодиод. Внутренним сопротивлением открытых диода и транзистора можно пренебречь, поскольку оно в сотни раз меньше сопротивления нагрузки в коллекторной цепи транзистора. К примеру, если номинальный ток через светодиод составляет 6 мА, то величина резистора должна быть  $12 \text{ В} : 6 \text{ мА} = 2 \text{ кОм}$ , а при допустимом токе 10 мА сопротивление резистора надо взять равным 1,2 кОм.

Каждый светодиод при помощи двух скрученных тонких проводников соответствующей длины соединяется с выводами на печатной плате с соблюдением полярности, поэтому провода желательно брать разноцветными.

Если светодиоды на мини-елочке распределить равномерно, но с чередованием цветов, то при соответствующей настройке мультивибраторов получится эффект непредсказуемого перемигивания цветных звездочек, что очень красиво.

Что касается питания схемы, то скорее всего нет смысла использовать для этого достаточно мощный стабилизированный выпрямитель, который мы применяли в ряде предыдущих конструкций. Целесообразнее изготовить собственный малогабаритный источник на базе стандартного промышленного выходного трансформатора УНЧ любого старого лампового приемника или телевизора. Первичную обмотку такого трансформатора нужно непосредственно подключить к осветительной сети и замерить тестером напряжение на вторичной обмотке. Если оно будет

близко 12 В, вторичную обмотку можно прямо подключить к стандартному мостовому выпрямителю на 4-х полупроводниковых диодах с однозвенным *RC*-фильтром, а если вторичное напряжение не превышает 6 В, следует применить выпрямитель по схеме удвоения. Схемы всевозможных выпрямителей мы уже проходили в первых двух книгах, так что на них останавливаться не будем.

Совсем иной эффект создает схема, изображенная на рис. 73. В момент включения напряжение на гирлянде отсутствует, но постепенно гирлянда разгорается, яркость свечения лампочек медленно увеличивается, а по достижении некоторого значения происходит яркая вспышка всех лампочек, после чего свечение гирлянды начинает так же медленно убывать до полного исчезновения, затем весь цикл повторяется снова и снова.

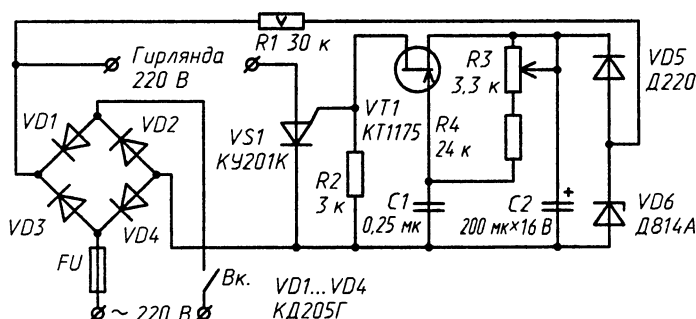


Рис. 73. Схема мерцающей елочной гирлянды

Этот эффект достигается особенностью работы однопереходного транзистора *VT1* совместно с тиристором *VS1*. В момент включения конденсатор *C1* разряжен, вследствие чего транзистор заперт, а тиристор находится в непроводящем состоянии. По мере заряда конденсатора напряжение на управляющем электроде транзистора повышается, а по достижении порогового значения транзистор открывается, тиристор переходит в проводящее состояние и через гирлянду начинает протекать ток, вызывая ее свечение.

Поскольку выпрямитель не имеет на выходе сглаживающего фильтра, напряжение на его выходе оказывается пульсирующим, т. е. через повторяющиеся промежутки времени оно становится равным нулю, что приводит к запирающему тиристора. Чтобы тиристор вновь открылся необходимо не только наличие положительного напряжения на нем, но и наличие в этот же момент открывающего импульса на его управляющем электроде и притом так же положительной полярности.

А поскольку работа транзисторного участка схемы носит релаксационный характер с собственной частотой генерации, то величина тока через гирлянду зависит целиком от совпадения или несовпадения фаз напряжения выпрямителя и релаксационного генератора.

Изменяя это соотношение путем регулировки переменного резистора необходимо добиться, чтобы время нарастания и время спада яркости свечения гирлянды оказались одинаковыми.

Практически это достигается следующей регулировкой: движок резистора *R3* устанавливают в среднее положение, а резистор *R4* на время регулировки заменяют на переменное сопротивление величиной 47...68 кОм. Изменяя небольшими порциями его сопротивление, надо найти такое положение, при котором периоды нарастания и спада яркости свечения гирлянды будут одинаковыми. Замерив в этом состоянии величину сопротивления потенциометра заменяют его соответствующим постоянным резистором. После этого окончательную подрегулировку можно производить оставшимся потенциометром *R3*.




**ЧИП И ДИП**


**"Да, я разбираюсь  
в электронике..."**

Магазины электронных компонентов и приборов

Да, я разбираюсь в электронике... Поэтому и устроился работать продавцом-консультантом в магазин электронных компонентов и приборов "Чип и Дип". Здесь я нашел то, что искал: **приборы, инструменты, конструкторы** – все, что нужно для мо-

ей домашней лаборатории. Но самое важное – это люди в нашем магазине.

Мне нравится общаться с покупателями, помогать им сориентироваться в таком **большом выборе электронных компонентов и расходных материалов**, потому что я чувст-

вую – мы единомышленники. Мои покупатели особенные... они любят электронику!

**Единая справочная служба:**

тел.: (095) 780-9509 (многоканальный)  
факс: (095) 631-3145  
e-mail: sales@chipdip.ru

**Все товары оптом в фирме "ЧИП ИНДУСТРИЯ". Тел./факс: (095) 780-9500 (многоканальный)**


**ЧИП И ДИП**

Адреса магазинов Чип и Дип:

Центральный: г. Москва, ул. Беговая, д. 2 • г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 34 • г. Москва, ул. Гиляровского, д. 39  
г. Москва, ул. Ив.Франко, д. 40, к.1, стр. 2 • г. Москва, Т.Ц. "Электроника на Пресне", место В-18  
г. Москва, Т.Ц. "Савеловский", место D-25 • г. С.-Петербург, Кронверкский просп., д. 73,  
тел.: (812) 232-83-06, 232-59-87, e-mail: chipdip@mail.wplus.net • г. Воронеж, Ленинский пр-т, д. 159  
г. Ярославль, пр. Ленина, д. 8а, тел.: (0852) 30-15-68, e-mail: chip-dip@yarooslavl.ru