

П2-5
1017

Ю Ж А К О В

ВЫСШАЯ
ШКОЛА
МООН
РСФСР

Р
АДИОСВЯЗЬ
ПОЖАРНОЙ
ОХРАНЫ

М О С К В А · 1 9 8 4

Книга предназначена в качестве учебного пособия для слушателей инженерного факультета Высшей школы Министерства охраны общественного порядка РСФСР по курсу «Связь и сигнализация пожарной охраны».

В первой главе книги изложены некоторые вопросы из основ радиотехники, а во второй — описаны радиостанции, применяемые пожарной охраной.

Глава I

КРАТКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

§ 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О РАДИОСВЯЗИ

Основной задачей радиотехнических устройств является передача и прием электрических сигналов без проводов.

7 мая 1895 г. русский ученый А. С. Попов продемонстрировал на заседании Русского физико-химического общества изобретенный им радиоприемник, названный грозоотметчиком, и показал возможность приема электромагнитных волн. Этот день вошел в историю науки и техники как день рождения радио.

Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», что в переводе означает луч. Беспроволочную передачу называли радиопередачей, или радио, потому что радиостанции излучают волны, подобно лучам света, по радиусам во все стороны или в определенных направлениях.

В среде, разделяющей передатчик и приемник, излученная энергия распространяется в виде свободных электромагнитных волн, по своей природе совпадающих с природой световых волн; различие имеется лишь в длине волны.

В радиотехнической аппаратуре применяются различные электронные и полупроводниковые приборы. Область техники, занимающаяся устройством и применением таких приборов, принято называть электроникой. Радиотехника и электроника развиваются в тесной взаимосвязи. В настоящее время они охватывают радиосвязь, радиовещание, фототелеграфию и телевидение, радионавигацию, управление на расстоянии движущимися объектами, радиоастрономию и т. д. Радиотехника и электроника находят широкое применение в промышленности, сельском

хозяйстве, медицине, геологии, математике, физике, химии, биологии и т. д.

Широкое применение радио находит в пожарной охране для связи с пожарными автомобилями и с удаленными командами.

Принцип радиосвязи изображен на рис. 1. Радиопередающее устройство содержит: источники электрической энергии, радиопередатчик с управляющим устройством (микрофон) и передающую антенну.

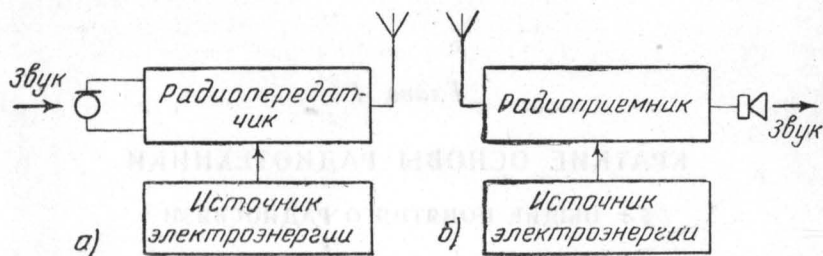


Рис. 1. Схема радиосвязи

Радиопередатчик преобразует энергию постоянного тока электропитающего устройства в ток высокой частоты. В современной радиосвязи используется спектр частот от 10^5 до $3 \cdot 10^{10}$ гц. Ток высокой частоты, созданный передатчиком, подается в антенну и с ее помощью в пространстве образуются электромагнитные колебания — радиоволны. Чтобы радиоволны, излучаемые антенной, содержали в себе полезную информацию, в передатчике предусматривается управляющее устройство, которое соответствующим образом изменяет параметры высокочастотных колебаний. В целях эффективного излучения передающая антенна должна иметь геометрические размеры, соизмеримые с длиной волны колебаний, вырабатываемых передатчиком. Электромагнитные волны, в зависимости от среды, распространяются со скоростью

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}},$$

где c — скорость распространения света, равная приблизительно $3 \cdot 10^8$ м/сек;

ϵ и μ — соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.

Для воздушной среды $\epsilon \approx \mu \approx 1$ и скорость распространения радиоволн близка к скорости света в вакууме, т. е. $v \approx c$.

Радиоволны, как и световые колебания, характеризуются частотой f и длиной λ .

Длина волны — расстояние, проходимое волной за один период T

$$\lambda = cT.$$

Так как частота колебаний $f = \frac{1}{T}$, то длина волны $\lambda = \frac{c}{f}$.

Здесь λ в м, f в гц, $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек.

Так как длина волны и частота обратно пропорциональны друг другу, то, зная одну из этих величин, всегда можно вычислить другую. Если, например, радиостанция работает на частоте

30 мгц, то длина волны $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000}{30\,000\,000} = 10$ м. Или при

длине волны λ , равной, например, 6 м, частота $f = \frac{300\,000\,000}{6} = 50$ мгц.

Распространение радиоволн зависит от их длины. По международным соглашениям, радиоволны делятся на ряд диапазонов: длинные волны — свыше 3000 м, средние — от 3000 до 200 м, промежуточные — от 200 до 50 м, короткие — от 50 до 10 м и ультракороткие (УКВ) — от 10 м до 1 мм. В свою очередь, диапазон УКВ разделяется на метровые, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые волны. Ультракороткие волны применяются для связи наземных радиостанций, расположенных на сравнительно небольших расстояниях. В диапазоне УКВ можно разместить очень большое количество радиостанций без взаимных помех. Эти волны являются единственно пригодными для телевидения и радиолокации.

Электромагнитная волна, достигнув приемной антенны, возбуждает в ней переменный ток с частотой, равной частоте тока в передающей антенне. Однако этот ток очень слаб. При этом в приемной антенне наводятся токи от других одновременно работающих радиостанций.

Чтобы выделить полезный сигнал, в приемнике имеется избирательное устройство, состоящее из колебательных контуров, настраиваемых на частоту полезного сигнала. После избирательного устройства высокочастотные колебания направляются в усилители высокой частоты, а затем подвергаются преобразованию, которое необходимо для выделения тока звуковой частоты. Такое преобразование называется детектированием, или демодуляцией. После детектора сигнал подается через усилитель низкой частоты или непосредственно на воспроизводящее устройство (говоритель).

Источник электрической энергии обеспечивает питание всех элементов радиоприемника.

Современные приемники, предназначенные для приема слабых сигналов, дают усиление сигналов в миллионы раз.

§ 2. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

Свободные электрические колебания

Важнейшими частями радиотехнических устройств являются колебательные контуры. Из курса физики известно, что колебательный контур представляет собой замкнутую цепь, состоящую из катушки индуктивности L и емкости конденсатора C (рис. 2).

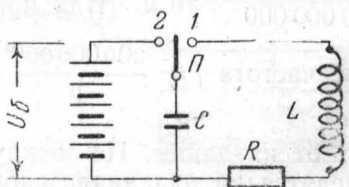


Рис. 2. Схема для возбуждения свободных колебаний в контуре

Контур образуется, если переключатель P установить в положение 1. Всякий контур, кроме емкости и индуктивности, имеет еще и активное сопротивление R , которое распределено в катушке индуктивности, соединительных проводах и частично в конденсаторе. Это сопротивление называют сопротивлением потерь контура.

Если переключатель P поставить в положение 2, то конденсатор C зарядится до напряжения U_m , равного напряжению батареи U_0 . Между обкладками конденсатора образуется электрическое поле. При этом энергия W_c , запасенная электрическим полем конденсатора, будет равна

$$W_c = \frac{CU_m^2}{2},$$

где C — емкость конденсатора в ф;

U_m — амплитуда напряжения на обкладках конденсатора в в;

W_c — энергия в дж.

Если поставить переключатель P в положение 1, то образуется замкнутый колебательный контур, заряженный конденсатор которого явится источником электрической энергии с напряжением U_m . Конденсатор начнет разряжаться на катушку индуктивности L и активное сопротивление R ; в цепи появится возрастающий ток, который образует вокруг витков катушки магнитное поле.

Быстрому нарастанию тока препятствует э.д.с. самоиндукции катушки. По мере нарастания тока напряжение на конденсаторе уменьшается, и в определенный момент конденсатор полностью

разрядится: ток в катушке станет наибольшим, а напряжение на конденсаторе равным нулю. В момент максимального разрядного тока энергия магнитного поля W_L катушки равна

$$W_L = \frac{LI_m^2}{2},$$

где L — индуктивность катушки в гн;

I_m — максимальное значение тока, протекающего через катушку, в а.

Таким образом, энергия электрического поля W_c конденсатора перейдет в энергию магнитного поля W_L катушки (за вычетом потерь на активном сопротивлении R).

Так как величина активного сопротивления контура R весьма мала по сравнению с индуктивным и емкостным сопротивлением, то энергию, запасенную в конденсаторе, можно считать равной энергии, накапливаемой в катушке индуктивности, т. е.

$$W_c = W_L.$$

Достигнув максимального значения, ток в цепи начинает уменьшаться, так как нет причины, его поддерживающей ($U_c=0$). Наличие индуктивности не допускает резкого уменьшения тока. В этот момент катушка индуктивности становится как бы генератором и заряжает конденсатор. Это происходит потому, что убывающий ток создает э.д.с. самоиндукции, направление которой совпадает с направлением убывающего тока. Поэтому разряженный конденсатор вновь зарядится, но знаки зарядов на обкладках изменятся. Когда конденсатор зарядится, ток в цепи станет равным нулю. Затем конденсатор снова разряжается через катушку, но уже в обратном направлении и дальше процесс идет в том же порядке.

В контуре происходят свободные электрические колебания (рис. 3), представляющие собой периодический переход потенциальной энергии электрического поля конденсатора в кинетическую энергию магнитного поля катушки и обратно.

Эти колебания совершаются самостоятельно, без

воздействия каких-либо внешних э.д.с., только благодаря начальному заряду конденсатора. По своему характеру колебания

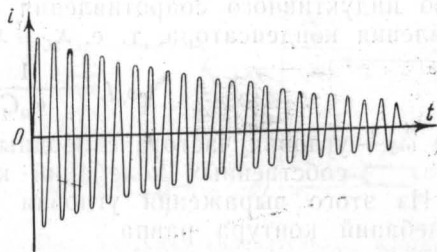


Рис. 3. Свободные колебания в контуре

в контуре являются гармоническими, изменяющимися по синусоидальному закону. Ток и напряжение в контуре сдвинуты по фазе на 90° .

Всякий контур имеет определенную частоту свободных колебаний, которая зависит только от его параметров. Чем больше индуктивность и емкость, тем больше период свободных колебаний, а следовательно, тем меньше их частота.

Период свободных колебаний в контуре выражается формулой:

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где L — индуктивность контура в гн ;

C — емкость контура в ф ;

T — период колебаний в сек.

Частота свободных колебаний выражается следующей формулой:

$$f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Для того, чтобы уменьшить частоту свободных колебаний контура, например в 2 раза, нужно увеличить в 4 раза емкость или индуктивность контура.

Важным параметром контура является характеристическое (волновое) сопротивление контура ρ . Величина $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ обычно достигает нескольких сотен ом .

Так как конденсатор и катушка соединены между собой, то напряжения на них равны, а в цепи проходит один и тот же ток. Следовательно, для тока свободных колебаний имеется равенство индуктивного сопротивления катушки и емкостного сопротивления конденсатора, т. е. $x_L = x_C = \rho$, или

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \rho,$$

где ω_0 — угловая частота свободных или, как их еще называют, собственных колебаний контура.

Из этого выражения угловая частота $\omega_0 = 2\pi f_0$ собственных колебаний контура равна

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Свободные колебания в контуре происходят до тех пор, пока первоначально запасенная конденсатором энергия не израсходуется на сопротивление R . Затухание колебаний (рис. 4) про-

исходит тем быстрее, чем больше сопротивление потерь по сравнению с волновым сопротивлением контура.

Отношение характеристического (волнового) сопротивления контура ρ к активному сопротивлению потерь R характеризует качество контура и называется его добротностью Q

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}.$$

Чем больше добротность, тем медленнее затухают свободные колебания. У хороших контуров $Q > 100$, у плохих $Q < 20$.

Вынужденные колебания

Свободные колебания в контуре являются затухающими, так как за каждый полупериод часть энергии расходуется на активном сопротивлении. Для осуществления радиосвязи необходимо в контурах радиотехнического устройства иметь незатухающие колебания. Достигнуть этого можно, если за счет внешней э.д.с. непрерывно восполнять потери энергии в контуре (рис. 5). С этой целью в цепь контура подключают источник переменной э.д.с., частота которого в общем случае может не совпадать с собственной частотой контура. В контуре возникнут колебания с частотой внешней э.д.с., которые будут уже не свободными, а вынужденными.

Источник переменной э.д.с. может подключаться к контуру двумя способами: последовательно — с элементами L , C и R (рис. 5а) или параллельно им (рис. 5б). Амплитуда вынужденных колебаний, возникших в контуре, зависит не только от величины внешней э.д.с., но и от соотношения между частотой воздействующей э.д.с. и собственной частотой контура. Это свойство контура имеет большое значение в радиотехнике.

В последовательном контуре (рис. 5а) под воздействием э.д.с. источника проходит переменный ток, который встречает на

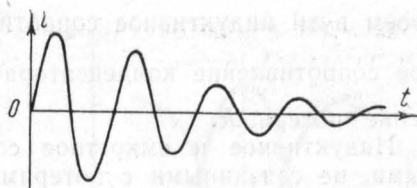


Рис. 4. Затухающие колебания в контуре

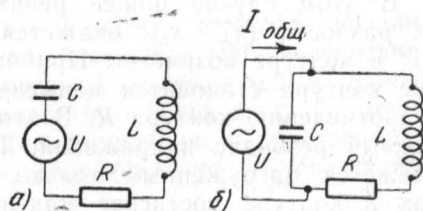


Рис. 5. Схема колебательных контуров
а — с последовательным; б — с параллельным питанием

своем пути индуктивное сопротивление катушки $x_L = \omega L$, емкостное сопротивление конденсатора $x_C = \frac{1}{\omega C}$ и активное сопротивление потерь R .

Индуктивное и емкостное сопротивления являются реактивными, не связанными с потерями энергии, а сопротивление R — активным (на нем происходит потеря энергии).

Так как индуктивность и емкость оказывают противоположное влияние на ток, то общее реактивное сопротивление контура x равно

$$x = \omega L - \frac{1}{\omega C}.$$

Из курса электротехники известно, что общее реактивное сопротивление, а следовательно, и ток контура зависят от частоты подведенной э.д.с. При низких частотах емкостное сопротивление будет большим, а индуктивное — малым. Полное реактивное сопротивление, равное разности этих сопротивлений, окажется значительным и ток в контуре будет малым. При высоких частотах, наоборот, емкостное сопротивление уменьшается, а индуктивное возрастает. Разность между этими сопротивлениями опять возрастет, вследствие чего ток в контуре окажется незначительным.

Однако, когда частота внешней э.д.с. ω окажется равной собственной частоте контура ω_0 , то оба реактивных сопротивления x_L и x_C так же, как и для свободных колебаний, станут равны между собой, т. е.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}.$$

В этом случае общее реактивное сопротивление x , равное их разности ($x_L - x_C$), окажется равным нулю, вследствие чего ток в контуре возрастет. При частоте $\omega = \omega_0$ полное сопротивление контура становится наименьшим, равным только активному сопротивлению контура R . В этом случае имеет место так называемый резонанс напряжений. Так как источник внешней э.д.с. окажется нагруженным только на активное сопротивление, то ток в контуре достигнет максимума.

Следовательно, условием резонанса напряжений является наличие равенства частот внешнего источника и контура или равенства индуктивного и емкостного сопротивлений контура $x_L = x_C$.

График, иллюстрирующий изменение полного сопротивления контура z и тока I в зависимости от частоты колебаний внешней э.д.с., изображен на рис. 6.

Следует отметить, что при резонансе переменные напряжения на конденсаторе и на катушке индуктивности во много раз превышают напряжение внешней э.д.с. Они равны

$$U_L = Ix_L; \quad U_C = Ix_C.$$

Поскольку $x_L = x_C = \rho$, то эти напряжения равны, но противоположны по фазе. Напряжение на катушке опережает ток на 90° , а напряжение на конденсаторе отстает от тока на 90° . Сдвиг фаз между этими напряжениями 180° .

При резонансе напряжение на катушке или на конденсаторе в Q раз больше, чем напряжение внешней э.д.с. Так как напряжение на катушке и конденсаторе равно $U_L = U_C = I\rho$, то

$$\frac{U_L}{U} = \frac{I\rho}{IR} = \frac{\rho}{R} = Q.$$

Следовательно, чем выше добротность колебательного контура Q , тем больше увеличивается напряжение при резонансе. Резонанс напряжений широко используется в радиотехнике.

Рассмотрим рис. 5б, на котором источник внешней э.д.с. подключен к параллельно соединенным между собой индуктивности и емкости.

Такое соединение контура с источником тока называют контуром с параллельным питанием.

Под действием внешней э.д.с. в ветвях контура возникают токи, сдвинутые по фазе на угол, близкий к 180° , вследствие чего в контуре возникает вынужденный колебательный процесс с частотой, равной частоте внешнего источника э.д.с. С уменьшением подведенной частоты ω (по отношению к собственной частоте контура ω_0) индуктивное сопротивление ωL снижается, а

емкостное сопротивление $\frac{1}{\omega C}$ возрастает и, следовательно, ток, проходящий через контур, определяется в основном индуктивной ветвью. Если частота внешней э.д.с. $\omega > \omega_0$, то ωL возрастает по сравнению с $\frac{1}{\omega C}$, и ток определяется сопротивлением емкостной ветви.

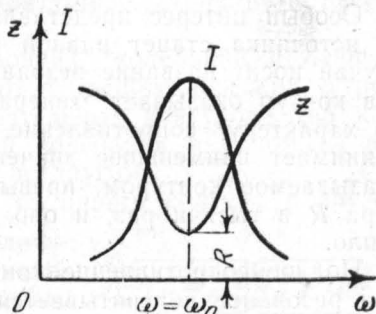


Рис. 6. График изменения полного сопротивления контура и тока в нем при изменении частоты внешней э.д.с.

Особый интерес представляет случай, когда частота внешнего источника станет равной собственной частоте контура. Этот случай носит название резонанса токов. В момент резонанса токов контур оказывает генератору наибольшее чисто активное по характеру сопротивление, и ток в цепи от источника э.д.с. принимает наименьшее значение. При резонансе сопротивление, оказываемое контуром, превышает активное сопротивление контура R в тысячи раз, и оно не связано с расходом энергии на тепло.

Полное сопротивление контура для источника внешней э.д.с. при резонансе подсчитывается по одной из следующих формул:

$$R_{\text{ое}} = \frac{\rho^2}{R} = Q\rho = \frac{L}{CR},$$

где $R_{\text{ое}}$, ρ и R — в ом, L — в гн, а C — в ф.

Сопротивление $R_{\text{ое}}$, называемое резонансным сопротивлением параллельного контура, является чисто активным и поэтому при резонансе токов отсутствует сдвиг фаз между напряжением внешнего источника и его током.

Из приведенных формул видно, что параллельный контур на резонансной частоте представляет для внешнего источника наибольшее сопротивление, в силу чего ток, проходящий через контур, становится наименьшим.

Однако в ветвях контура при резонансе устанавливается большой ток. Ток от внешнего источника значительно меньше тока в ветвях контура потому, что этот источник не участвует в установившемся колебательном процессе, а лишь пополняет потери энергии в контуре, происходящие на сопротивлении R .

При резонансе полное сопротивление параллельного контура в Q раз больше сопротивления его ветвей, поэтому ток от внешнего источника в Q раз меньше, чем ток в ветвях контура.

Таким образом, для резонанса токов, так же как и для резонанса напряжений, характерно возникновение в контуре мощных колебаний при незначительной затрате мощности от внешнего источника (понимается, что мощность колебаний в контуре является реактивной).

Резко выраженные резонансные свойства параллельного контура наблюдаются в том случае, если внутреннее сопротивление R_i внешнего источника в несколько раз превышает сопротивление контура.

В радиотехнических схемах параллельный контур обычно питается от генератора (электронная лампа или полупроводниковый прибор) с большим внутренним сопротивлением.

Связанные контуры

Для отфильтровывания посторонних колебаний и лучшего выделения колебаний нужных частот в радиотехнических устройствах используют несколько колебательных контуров. Два контура называются связанными, если колебания в одном из них вызывают колебательный процесс в другом.

Чем больше энергии переходит из одного контура в другой, тем сильнее связь между ними. Величина связи характеризуется коэффициентом связи $K_{св}$, который может иметь значения от 0 до 1 (от 0 до 100%).

Применяют несколько видов связи (рис. 7).

1. Индуктивная связь осуществляется за счет взаимной индукции между катушками. Эта связь может быть постоянной и переменной.

2. Емкостная связь между контурами может быть как внешней, так и внутренней, и осуществляется с помощью конденсатора $C_{св}$.

3. Автотрансформаторная связь может осуществляться частично через магнитные поля, а частично — непосредственно через соединительную цепь между контурами.

4. Комбинированная связь — главным образом индуктивно-емкостная.

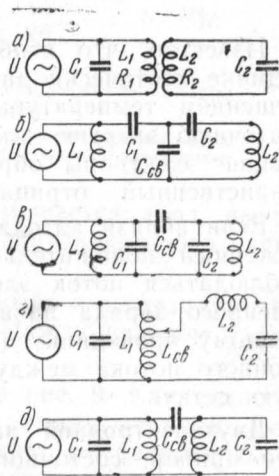


Рис. 7. Схемы связи контуров

а — индуктивная, б и в — емкостная, г — автотрансформаторная, д — комбинированная

§ 3. ЭЛЕКТРОННЫЕ, ИОННЫЕ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Для генерации, усиления и преобразования радиосигналов, а также для решения других задач в радиотехнических устройствах применяются различные приборы. В зависимости от среды, в которой протекают электрические явления, эти приборы разделяются на три основных класса:

1. Электронные приборы, работа которых основана на использовании потока свободных электронов в вакууме (электронные лампы).

2. Ионные приборы, у которых электрические явления протекают в газовой среде (газоразрядные приборы).

3. Полупроводниковые приборы, у которых электрические явления протекают в твердых веществах, занимающих промежуточное положение между проводниками и диэлектриками (полупроводниковые диоды и триоды).

Рассмотрим вначале самую обширную группу этих приборов — электронные лампы.

Электронные лампы

Известно, что свободные электроны в металлическом проводнике хаотически двигаются с различными скоростями. С повышением температуры движущиеся электроны получают достаточную энергию для вылета за пределы проводника. Вылетевшие электроны образуют вокруг проводника (катода) пространственный отрицательный заряд (электронное облачко).

Если вблизи катода поместить другой проводник (анод), заряженный положительно, то между катодом и анодом будет наблюдаться поток электронов. При этом электроны пространственного заряда начнут перемещаться к положительно заряженному проводнику (аноду). Для управления величиной электронного потока между катодом и анодом помещают управляющую сетку.

Двухэлектродной лампой, или диодом, называют электронный прибор, состоящий из двух электродов — анода и катода, помещенных в стеклянный баллон, из которого выкачан воздух (давление в баллоне не превышает 10^{-7} мм рт. ст.).

Катод предназначен для эмиссии (испускания) электронов. Количество электронов, выбрасываемых единицей поверхности нагретого катода, зависит от свойств металла, из которого выполнен катод, а также от температуры нагрева. С повышением температуры эмиссия электронов растет вначале медленно, а затем все быстрее и быстрее.

В электронных лампах (рис. 8) применяют катоды двух типов: катод прямого накала и катод косвенного накала.

Катод прямого накала (рис. 8а) представляет вольфрамовую или танталовую натянутую нить, а катод косвенного накала (рис. 8в) выполняется в виде токонепроводящей трубки малого диаметра, внутри которой пропущена подогреваемая нить. Трубка сверху покрывается активированным слоем. Этот слой эмитирует электроны при нагревании нити. Катод косвенного накала, в отличие от катода прямого накала, потребляет большую мощность и обладает большей тепловой инерцией. Катод лампы нагревается электрическим током от специального источника.

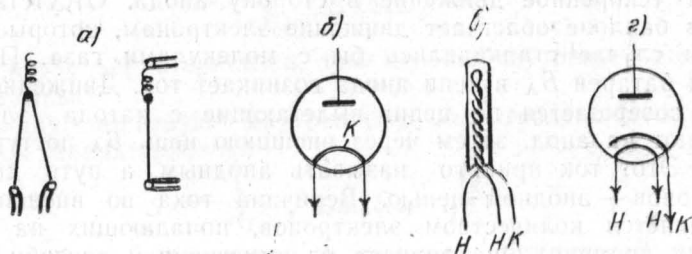


Рис. 8. Конструкция катодов и схемное изображение диодов прямого и косвенного накала

а — катод прямого накала в виде наткнутой нити; б — схемное изображение лампы с катодом прямого накала; в — катод косвенного накала; г — схемное изображение лампы с катодом косвенного накала

В баллоне двухэлектродной лампы помещается анод, выполненный в виде металлического цилиндра, внутри которого расположен катод.

На анод лампы подается положительный, а к катоду отрицательный потенциал от источника тока. Между катодом и анодом образуется электрическое поле.

Схема включения диода изображена на рис. 9. Как видно из схемы, диод имеет две самостоятельные замкнутые цепи: цепь накала и цепь анода. Ток накала протекает от батареи B_H , в результате чего нить накаливается, прогревая катод до температуры, при которой электроны получают достаточную энергию для вылета из катода.

Под действием положительного электрического поля, создаваемого батареей B_A , электроны, вылетающие с катода, приоб-

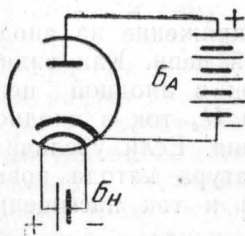


Рис. 9. Схема включения двухэлектродной лампы

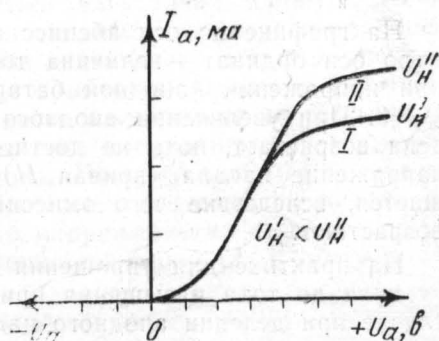


Рис. 10. Характеристика диода

ретают ускоренное движение в сторону анода. Отсутствие воздуха в баллоне облегчает движение электронам, которые в противном случае сталкивались бы с молекулами газа. Под действием батареи B_A в цепи анода возникает ток. Движение электронов совершается по цепи: вылетающие с катода электроны попадают на анод, затем через внешнюю цепь B_A поступают на катод. Этот ток принято называть анодным, а путь движения электронов — анодной цепью. Величина тока во внешней цепи определяется количеством электронов, попадающих на анод в единицу времени. Она зависит от эмиссионной способности катода и величины напряжения, приложенного между анодом и катодом.

Если отключить положительное напряжение от анода, то ток в анодной цепи лампы прекратится. Если же на анод подать отрицательный потенциал (изменить полярность батареи B_A), то под действием отрицательного электрического поля анода электроны будут отталкиваться, возвращаясь обратно к катоду. Следовательно, ток через лампу проходить не будет.

Таким образом, лампа пропускает электроны только в одном направлении — от катода к аноду, т. е. обладает свойством односторонней проводимости. Однако в электротехнике направление тока условно принимают обратным направлению движения электронов, поэтому считают, что анодный ток течет от плюса батареи, через лампу и далее к минусу анодной батареи, т. е. от анода к катоду. Двухэлектродные лампы часто используют для выпрямления переменного тока.

Двухэлектродная лампа характеризуется зависимостью ее анодного тока от величины анодного напряжения. На рис. 10 изображены характеристики диода, снятые при напряжении накала U'_n и при U''_n .

На графике по оси абсцисс отложено напряжение на аноде, а по оси ординат — величина тока в анодной цепи. Как видно, при напряжении анодной батареи $U_a=0$ ток в анодной цепи $I_a=0$. При увеличении анодного напряжения U_a ток в анодной цепи возрастает, пока не достигнет насыщения. Если увеличить напряжение накала (кривая II), то температура катода повышается, вследствие чего эмиссия электронов и ток насыщения возрастают.

На практике для упрощения расчетов характеристику лампы от нуля до тока насыщения принимают прямолинейной. В этом случае при делении анодного напряжения U_a на величину анодного тока получим внутреннее сопротивление лампы для постоянного тока

$$R_i = \frac{U_a}{I_a}.$$

Чем круче характеристика, тем меньше внутреннее сопротивление лампы.

Величину, обратную внутреннему сопротивлению, называют крутизной характеристики

$$S = \frac{1}{R_i}, \text{ или } S = \frac{I_a}{U_a}.$$

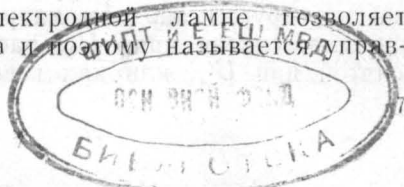
Внутреннее сопротивление и крутизна статической характеристики диода являются основными параметрами лампы. Из этих выражений следует $R_i S = 1$.

Это соотношение называют внутренним уравнением двух-электродной лампы.

Трехэлектродная лампа. Для управления величиной анодного тока между катодом и анодом помещают еще один электрод, называемый сеткой, которая выполняется в виде проволоочной спирали. Лампа, содержащая три электрода, называется трех-электродной, или триодом.

Когда катод нагрет и испускает электроны, а на анод подано положительное анодное напряжение, то электроны движутся к аноду между витками сетки. Если подать на сетку отрицательное относительно катода напряжение, то возникшее электрическое поле сетки начнет препятствовать движению электронов от катода к аноду и анодный ток уменьшится. При некотором значении отрицательного напряжения на сетке электроны не смогут пройти к аноду и анодный ток упадет до нуля. Считают, что лампа в этом случае «заперта». Отрицательное напряжение, при котором прекращается анодный ток лампы, называется напряжением запираения. Положительное же напряжение на сетке приводит к тому, что количество электронов, движущихся от катода к аноду, увеличивается и анодный ток возрастает. Однако при положительно заряженной сетке часть летящих электронов начнет попадать на сетку, что вызовет появление сеточного тока. С увеличением положительного напряжения на сетке анодный ток возрастает до величины тока насыщения, при этом возрастает и величина сеточного тока. Поэтому анодный ток насыщения трехэлектродной лампы меньше тока эмиссии катода на величину сеточного тока. Однако напряжение на сетке U_c обычно значительно меньше напряжения на аноде U_a и поэтому сеточный ток невелик.

Таким образом, сетка в трехэлектродной лампе позволяет управлять величиной анодного тока и поэтому называется управляющей.



Сетка в лампе располагается к катоду ближе, чем анод, и поэтому небольшие изменения напряжения на сетке влияют на величину анодного тока больше, чем изменения анодного напряжения. Изменение напряжения на сетке и на аноде на одну и ту же величину вызывают неодинаковые изменения анодного тока.

Трехэлектродная лампа имеет две характеристики: анодно-сеточную и анодную.

Зависимость анодного тока от сеточного напряжения при постоянных напряжениях на аноде и нити накала называют анодно-сеточной характеристикой триода, а зависимость анодного тока от величины напряжения на аноде при постоянных напряжениях на сетке и нити накала называют анодной характеристикой триода.

Анодно-сеточная $I_a = f(U_c)_{U_a = \text{const}}$ и анодная $I_a = f(U_a)_{U_c = \text{const}}$ характеристики триода изображены на рис. 11.

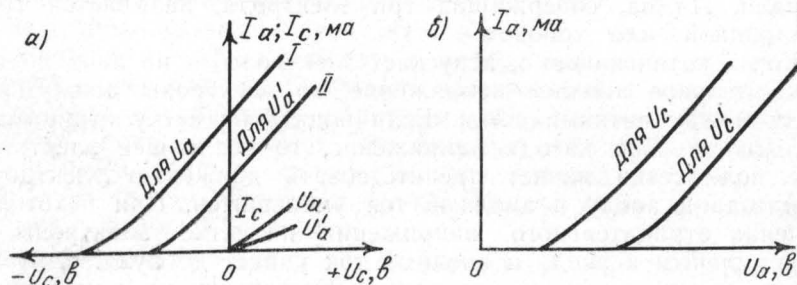


Рис. 11. Характеристики триода

α —анодно-сеточная; β —анодная

На рис. 11а показана анодно-сеточная характеристика триода, снятая для двух анодных напряжений U_a и U'_a . Напряжение $U_a > U'_a$. Из рисунка видно, что при большом отрицательном напряжении на сетке лампа «заперта». Анодный ток равен нулю. При уменьшении отрицательного напряжения на сетке часть электронов может пролетать сквозь сетку к аноду, создавая некоторый анодный ток (кривая I). При дальнейшем снижении отрицательного напряжения на сетке анодный ток еще более увеличивается. Аналогичная зависимость анодного тока от величины отрицательного напряжения на сетке может быть получена при другом анодном напряжении U'_a (кривая II). Характеристика, снятая при U_a , расположена выше характеристики, снятой при U'_a , или как говорят, левее ее. Несколько анодно-

сеточных характеристик, снятых при разных анодных напряжениях, образуют семейство анодно-сеточных характеристик триода. Здесь же, помимо характеристики анодного тока, показана характеристика сеточного тока I_c .

На рис. 116 изображены анодные характеристики триода, снятые для двух значений отрицательного напряжения на сетке лампы U_c и U'_c .

$$(|U'_c| > |U_c|).$$

Если отрицательное напряжение сетки постоянно (например U_c), то величина анодного тока возрастает с повышением напряжения на аноде лампы.

Основными параметрами триода являются крутизна характеристики S , внутреннее сопротивление переменному току R_i и коэффициент усиления μ .

Крутизна характеристики S показывает на сколько миллиампер увеличивается анодный ток при увеличении напряжения сетки на 1 в, если анодное напряжение постоянно.

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} \text{ при } U_a = \text{const.}$$

Крутизна характеристики выражается тангенсом угла, образованного касательной к характеристике и осью абсцисс. Но крутизна характеристики для одной и той же лампы не одинакова. На нижнем и верхнем сгибах она уменьшается, а на прямолинейном участке имеет наибольшее значение. Поэтому в справочниках S указывается для прямолинейного участка.

Внутреннее сопротивление R_i показывает, на сколько вольт потребовалось бы повысить анодное напряжение, чтобы увеличить анодный ток на 1 ма при постоянном напряжении на сетке

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}.$$

Если при постоянном напряжении сетки изменение анодного напряжения на 30 в дает изменение анодного тока на 3 ма, то $R_i = 30 : 0,003 = 10\,000 \text{ ом}$. Если для другой лампы такое же изменение анодного напряжения на 30 в дает изменение анодного тока на 1 ма, то $R_i = 30 : 0,001 = 30\,000 \text{ ом}$.

Внутреннее сопротивление различных триодов имеет значение от 1000 до 50 000 ом.

Коэффициент усиления μ показывает, какому изменению анодного напряжения (в вольтах) равноценно по своему воздействию на анодный ток изменение сеточного напряжения на 1 в

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c}.$$

Величина μ для триодов колеблется от 4 до 100.

Величина, обратная коэффициенту усиления, называется про- ницаемостью лампы

$$D = \frac{1}{\mu};$$

она показывает, какая доля электрического поля анода про- никает через сетку на катод.

Между основными параметрами триода существует следую- щая зависимость $S R_i D = 1$.

Усилитель с трехэлектродной лампой. В простейшей схеме усилителя (рис. 12а) на вход подано переменное напряжение сигнала с амплитудой U_{cm} и постоянное отрицательное на- пряжение смещения U_c . В анодную цепь лампы последовательно с нагрузочным сопротивлением R_a подключена анодная батарея с напряжением U_o . При отсутствии усиливаемого напряжения величина смещения на сетке определяется напряжением сеточ- ной батареи U_c . В анодной цепи лампы через нагрузочное сопро- тивление R_a проходит анодный ток I_{ao} , который на сопротивле- нии R_a образует падение напряжения $I_{ao} R_a$, уменьшающее на- пряжение на аноде лампы.

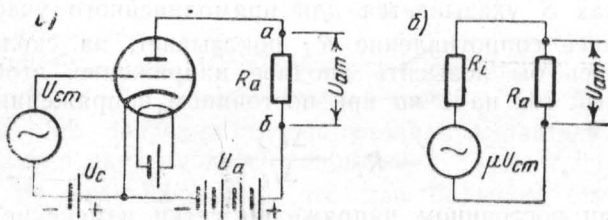


Рис. 12. Усилительная ступень и ее эквивалентная схема

Если на вход усилителя подать переменное напряжение сиг- нала U_{cm} и постоянное напряжение смещения U_c , то при их сложении (рис. 13) на сетке будет иметь место пульсирующее напряжение, которое вызовет изменения анодного тока. В анод- ной цепи лампы образуется пульсирующий ток, амплитуда кото- рого то возрастает до $I_{a \text{ макс}}$, то убывает до $I_{a \text{ мин}}$. Пульсирующий

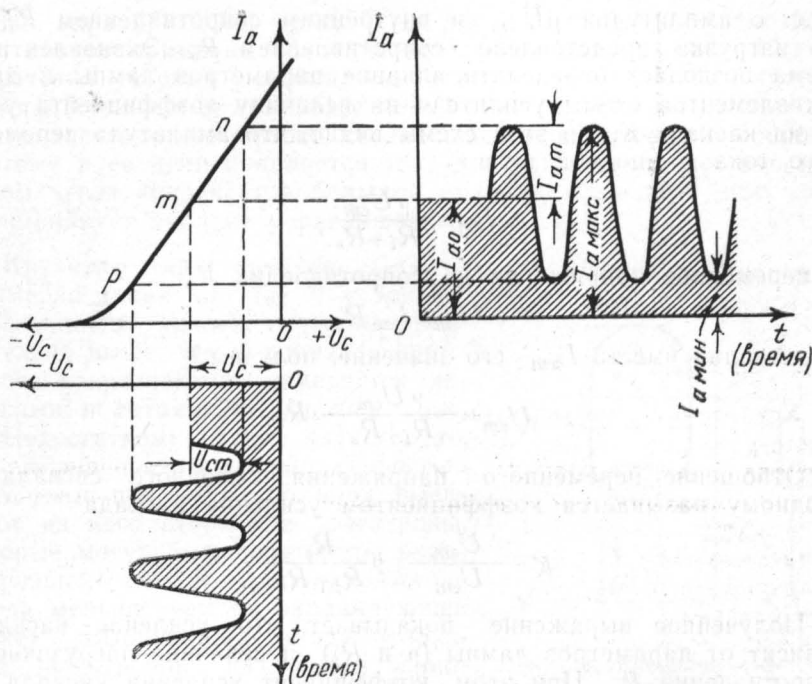


Рис. 13. График изменения анодного тока под действием переменного напряжения на сетке лампы

ток в анодной цепи состоит из двух токов: постоянного с амплитудой I_{a0} и переменного с амплитудой I_{am} . Переменная составляющая анодного тока I_{am} , проходя по нагрузочному сопротивлению R_a , образует на этом сопротивлении падение напряжения с амплитудой $U_{am} = I_{am} R_a$.

Возникшее переменное напряжение снимается в точках a и b с нагрузочного сопротивления R_a и подается к следующим каскадам или на телефон.

Таким образом, появление в анодной цепи лампы переменной э.д.с. можно представить как результат воздействия переменного напряжения на сетку лампы усилителя. Амплитуду переменной э.д.с. анодной цепи можно выразить через амплитуду усиливаемого напряжения, т. е. $U_{am} = \mu U_{cm}$.

Для переменных составляющих напряжения и тока в анодной цепи можно составить эквивалентную схему (см. рис. 126), на которой усилитель изображен в виде генератора переменной

э.д.с. с амплитудой μU_{cm} и внутренним сопротивлением R_i , а его нагрузка представлена сопротивлением R_a . Эквивалентная схема позволяет определить влияние параметров лампы и других элементов схемы усилителя на величину коэффициента усиления каскада K . Из этой схемы видно, что амплитуда переменного тока в анодной цепи

$$I_{am} = \frac{\mu U_{cm}}{R_i + R_a},$$

а переменное напряжение на сопротивлении R_a

$$U_{am} = I_{am} R_a.$$

Подставляя вместо I_{am} его значение, получим

$$U_{am} = \frac{\mu U_{cm}}{R_i + R_a} \cdot R_a.$$

Отношение переменного напряжения выходного сигнала к входному называется коэффициентом усиления каскада

$$K = \frac{U_{am}}{U_{cm}} = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a}.$$

Полученное выражение показывает, что усиление каскада зависит от параметров лампы (μ и R_i) и величина нагрузочного сопротивления R_a . При этом коэффициент усиления каскада K меньше коэффициента усиления лампы μ .

Для повышения коэффициента усиления каскада необходимо, чтобы его лампа имела возможно больший коэффициент усиления μ и меньшее внутреннее сопротивление R_i . Одним из существенных недостатков триодов, особенно при работе на высоких частотах, является значительная емкость между сеткой и анодом.

Четырехэлектродная лампа (тетрод) имеет вторую сетку, расположенную между анодом и управляющей (первой) сеткой. Вторая сетка называется экранирующей. Наличие экранирующей сетки снижает электрическое поле между анодом и управляющей сеткой, вследствие чего емкость между ними уменьшается.

Ввиду того, что силовые линии электрического поля анода проникают к катоду через две сетки, проницаемость лампы D уменьшается и, следовательно, коэффициент усиления $\mu = \frac{1}{D}$ увеличивается.

На экранирующую сетку подается положительное напряжение, равное примерно половине анодного напряжения. Схема включения тетрода показана на рис. 14. Напряжение экранирующей сетки помогает аноду притягивать электроны от катода. Часть электронного потока оседает на экранирующей сетке и поэтому в ее цепи появляется ток. Эта сетка соединяется с катодом через конденсатор большой емкости, благодаря чему она и экранирует анод от управляющей сетки.

Крутизна характеристики тетрода примерно такая же, как и у триода, коэффициент усиления тетрода значительно выше, чем у триода, а внутреннее сопротивление измеряется десятками и сотнями тысяч Ω .

Недостатком лампы является то, что летящие с большой скоростью электроны при ударе об анод выбивают из него вторичные электроны, которые могут быть притянуты экранирующей сеткой (при напряжении анода меньше, чем на экранирующей сетке). Выбивание с анода вторичных электронов называется динаatronным эффектом.

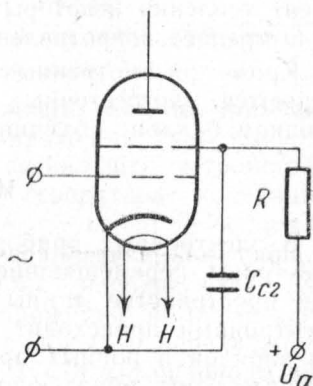


Рис. 14. Схема включения тетрода

У пятиэлектродной лампы (пентод) между экранирующей сеткой и анодом имеется еще одна сетка (ее называют защитной), предназначенная для устранения динаatronного эффекта. Защитная сетка соединяется с катодом (рис. 15), относительно которого она имеет нулевой потенциал, а отрицательный относительно анода.

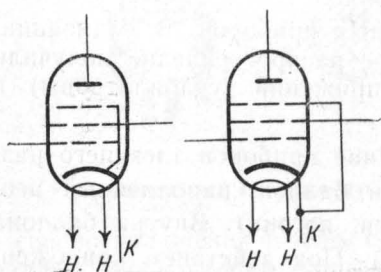


Рис. 15. Схема пентодов

При вылете с анода вторичных электронов защитная сетка препятствует их движению к экранирующей сетке, даже в том случае, если напряжение на экранирующей сетке выше напряжения на аноде. В результате отталкивающего действия защитной сетки динаatronный эффект практически исключается.

У многих пентодов экранирующая сетка соединена с катодом

дом непосредственно в лампе, а у других она имеет самостоятельный вывод для внешнего соединения с катодом лампы.

Если пентод применяется в усилителях низкой частоты, то напряжение экранирующей сетки принимается немного ниже анодного напряжения или даже бывает равным анодному, а в усилителях высокой частоты напряжение экранирующей сетки обычно составляет 30—50% от анодного напряжения.

По своим параметрам пентоды превосходят тетроды. Коэффициент усиления некоторых пентодов достигает нескольких тысяч, а внутреннее сопротивление сотен и даже тысяч *ком*.

Кроме рассмотренных в радиотехнической аппаратуре, применяются многосеточные и комбинированные лампы, у которых в одном баллоне объединяют две, а иногда и три лампы.

Ионные приборы

В электронных приборах носителями электричества являлись электроны, перемещавшиеся в свободном от газа междуэлектродном пространстве лампы. В ионных приборах разряд между электродами происходит в газовой среде. Основными носителями зарядов в ионных приборах являются электроны и положительные ионы, образующиеся в процессе разряда.

Ионизация газа ионного прибора происходит при столкновении быстро движущихся электронов с нейтральными атомами. Под действием внешнего напряжения, приложенного к электродам ионного прибора, перемещаются как ионы, так и электроны. К электроду с положительным потенциалом перемещаются электроны, а к электроду с отрицательным потенциалом перемещаются положительные ионы.

Суммарный ток ионного прибора равен потоку как отрицательных, так и положительных зарядов.

Существует несколько типов ионных приборов. В радиоаппаратуре пожарной охраны наибольшее распространение получили неоновые лампы, стабилизаторы напряжений (стабилитроны) и газотроны.

Неоновые лампы относятся к группе приборов тлеющего разряда. Эти лампы имеют стеклянный баллон, наполненный неоном или парами другого газа (гелия, аргона). Внутри баллона помещается два электрода (рис. 16). Под действием приложенного напряжения происходит ионизация газа и лампа начинает светиться. Свечение начинается при определенном значении на-

пряжения на электродах лампы, которое называют напряжением зажигания. Гаснет неоновая лампа при напряжении меньшем, чем напряжение зажигания. К лампе может быть подведен источник как постоянного, так и переменного напряжения. Свечение газа неоновой лампы может быть и при наличии высокочастотного поля, без непосредственного подключения к источнику.

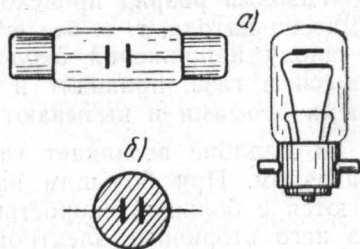


Рис. 16. Неоновые лампы

а—внешний вид; б—схема

В радиотехнических устройствах неоновые лампы применяются в качестве индикаторов тока и напряжения (например, в антенне маломощного передатчика), в сигнальных устройствах и т. д. Ее можно применить в качестве генератора колебаний пилообразной формы.

Стабилизаторы напряжения находят широкое применение в различной аппаратуре радиотехники. Они используются для поддержания постоянства питающих напряжений и применяются, в частности, в блоках питания стационарных и передвижных радиостанций пожарной охраны. На рис. 17а показан общий вид стабилизатора напряжения, его условное изображение (рис. 17б)

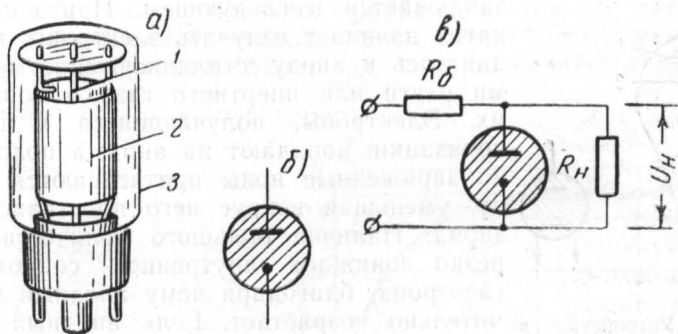


Рис. 17. Стабилизатор напряжения

а—внешний вид; 1—анод; 2—катод; 3—стеклянный баллон; б—схема; в—способ включения

и способ включения в цепь стабилизации напряжения (рис. 17в). Баллон стабилизатора наполнен инертным газом. В баллон помещено два электрода — анод (в центре) и катод в виде цилиндра

Газовый разряд происходит при отсутствии термоэлектронной эмиссии катода, т. е. без его накала. При подведении к катоду и аноду напряжения около 100 в положительные ионы, имеющиеся в газе, приходят в движение, сталкиваются с нейтральными атомами и вызывают их ионизацию.

В баллоне возникает газовый разряд, называемый тлеющим разрядом. При большом напряжении положительные ионы двигаются с большой скоростью и при падении на катод выбивают из него вторичные электроны, которые двигаются к аноду. Для увеличения поверхности, излучающей вторичные электроны, катод лампы выполнен в виде цилиндра. Стабилитрон включается параллельно нагрузке. Последовательно нагрузке и стабилитрону включают балластное сопротивление R_6 .

Если входное напряжение понизится, то величина тока через стабилитрон уменьшится. Падение напряжения на сопротивлении R_6 уменьшается, а напряжение на нагрузке останется постоянным. При увеличении входного напряжения возрастет ток через стабилитрон, а следовательно, и увеличится падение напряжения на сопротивлении R_6 . Напряжение на нагрузочном сопротивлении останется без изменения.

Газотроны применяются для выпрямления переменного тока. Газотроном называют двухэлектродную лампу, наполненную парами ртути или инертным газом (рис. 18). Действие газотрона

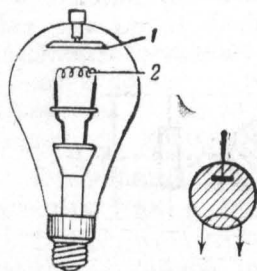


Рис. 18. Устройство газотрона и его условное обозначение

1—анод; 2—катод

закljučается в следующем. При нагревании катод начинает излучать электроны, которые, двигаясь к аноду, сталкиваются с молекулами ртути или инертного газа и ионизируют их. Электроны, получающиеся в процессе ионизации, попадают на анод, а положительно заряженные ионы притягиваются к катоду, уменьшая вокруг него пространственный заряд. Наличие большого количества ионов резко понижает внутреннее сопротивление газотрона, благодаря чему анодный ток значительно возрастает. Если анодный ток кенотрона (двухэлектродная вакуумная лампа) измеряется десятками миллиампер, то анодный ток в газотронах может достигать десятков ампер. Газотроны по сравнению с кенотронами обладают более высоким к. п. д.

При эксплуатации газотронов сначала прогревают катод, а затем подключают анодное напряжение. Выключают газотрон в

обратном порядке, т. е. сначала выключают анодное напряжение, а затем напряжение накала. Если анодное напряжение включить одновременно с напряжением накала, т. е. когда катод еще не прогрелся, то эмиссия катода недостаточна. Положительные ионы под действием сильного электрического поля анода бомбардируют катод с большими скоростями, в результате чего он быстро выходит из строя.

В газотроне, так же как и в диоде, электроны перемещаются только от катода к аноду, а следовательно, газотрон обладает односторонней проводимостью.

Стабилизаторы тока не относятся к группе ионных приборов, они применяются для поддержания постоянной величины тока в цепях накала ламп при возможных изменениях напряжения источника питания (например, при изменениях напряжения стартерного аккумулятора пожарного автомобиля).

Стабилизаторы тока, еще их называют бареттеры (рис. 19), представляют собой наполненный водородом стеклянный баллон. Внутри баллона находится железная или вольфрамовая проволока. Давление водорода внутри баллона, длину и диаметр проволоки подбирают таким образом, чтобы при нагреве проволоки в результате пропускания тока ее сопротивление возрастало пропорционально увеличению подводимого напряжения. При увеличении напряжения, подводимого к бареттеру, температура прогрева проволоки возрастает и ее сопротивление увеличивается, а следовательно, проходящий ток остается постоянным по численной величине. Это можно видеть на вольт-амперной характеристике бареттера, изображенной на рис. 20.

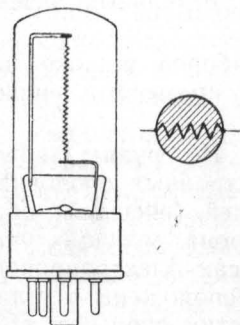


Рис. 19. Внешний вид бареттера и его схемное обозначение

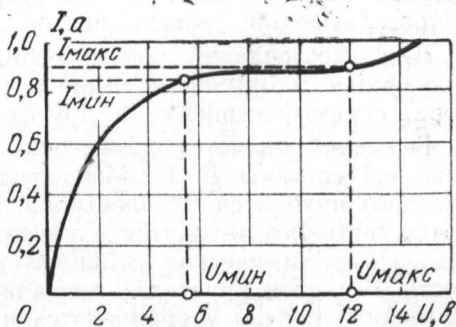


Рис. 20. Вольт-амперная характеристика бареттера

При изменении напряжения от U_{\min} до U_{\max} ток через бареттер изменяется незначительно, от I_{\min} до I_{\max} .

Водород в баллоне бареттера предназначен для быстрого отвода тепла от нагретой нити, что обеспечивает температурное равновесие.

Бареттеры обладают тепловой инерцией, чувствительны к вибрациям и ударам и не всегда обеспечивают высокое качество стабилизации.

Полупроводниковые приборы

Полупроводниками называются такие вещества, у которых под влиянием внешних факторов (температура, свет, электрическое поле) высвобождаются электроны. К полупроводникам относится обширная группа веществ, которые по удельному сопротивлению занимают промежуточное значение между проводниками и диэлектриками. Посредством полупроводниковых приборов производятся такие преобразования энергии, как выпрямление переменного тока, генерирование и усиление электрических колебаний, преобразование частоты колебаний и др. Полупроводниковые приборы применяются в качестве термо- и фотосопротивлений.

Полупроводниковые приборы по сравнению с электронными лампами обладают рядом преимуществ: малые габариты и вес, высокая механическая прочность, долговечность, небольшое потребление электрической энергии, возможность работы при низких напряжениях и др. Вместе с тем полупроводниковые приборы имеют и недостатки: свойства их сильно зависят от температуры, значительный разброс параметров у отдельных экземпляров, высокий уровень шумов.

Для изготовления полупроводниковых приборов широко используются германий, кремний с различными примесями индия, бора, сурьмы, мышьяка и других элементов.

Германий является химическим элементом IV группы периодической системы Д. И. Менделеева, на электронных оболочках которого находится 32 электрона. На последней (внешней) оболочке германия находится 4 валентных электрона, могущих участвовать в химических реакциях и в процессах электропроводности. В чистом кристалле германия атомы расположены в узлах решетки и прочно удерживаются на своих местах парными, т. е. ковалентными связями (рис. 21а). Каждый валентный электрон атома образует связь с соседним атомом. Таким образом, каждый атом германия связан с четырьмя соседними атомами. Одна-

ко связь между двумя атомами двойная, одна из которых образована валентным электроном одного атома, а другая валентным электроном другого атома.

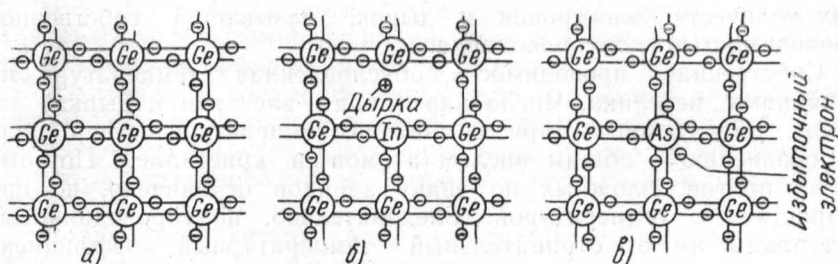


Рис. 21. Кристаллическая решетка германия

а — чистый германий; *б* — с акцепторной примесью; *в* — с донорной примесью

Если кристалл германия не подвергается внешним воздействиям (тепловым, световым и др.), то в решетке связи не нарушаются и, следовательно, в кристалле свободных электронов нет. В таком состоянии кристалл должен обладать свойствами диэлектрика. Однако даже при комнатной температуре кристаллу германия сообщается тепловая энергия, которая может оказаться достаточной для того, чтобы некоторые электроны оторвались от атомов и оказались свободными от межатомных связей. Оторвавшийся электрон может хаотически перемещаться в межатомном пространстве кристалла. В месте, откуда оторвался электрон, появляется положительный заряд. Отсутствие электрона у атома полупроводника, т. е. наличие положительного заряда атома, называют дыркой. Дырка может быть занята другим свободным электроном. Таким образом, дырка может хаотически перемещаться в кристалле, что равносильно перемещению частицы, имеющей положительный заряд.

Следовательно, разрыв одновалентной связи в кристалле полупроводника дает два типа заряженных частиц: электрон и дырку. Дырка имеет положительный заряд, равный по величине заряду электрона.

Если подобный кристалл поместить в электрическое поле, то хаотическое перемещение электронов и дырок будет упорядоченным. Электроны начнут перемещаться по направлению поля, а дырки наоборот.

Основное различие между движением свободного электрона и дырки заключается в их скорости, или подвижности. Подвижность электрона обычно вдвое больше подвижности дырки.

В абсолютно чистом германии число свободных электронов равно числу дырок, так как каждый освобождающийся электрон образует одну дырку.

Проводимость кристалла, обусловленная перемещением равных количеств электронов и дырок, называется собственной проводимостью полупроводника.

Собственная проводимость, обусловленная температурными влияниями, невелика. Число пар (пара — электрон и дырка) зарядов, образующихся при комнатной температуре, очень мало по сравнению с общим числом атомов в кристалле. Поэтому число противоположных по знаку зарядов ограничено, но оно возрастает с температурой. Следовательно, полупроводниковые материалы имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления.

Проводимость полупроводника может быть также резко повышена путем внесения в вещество небольшого количества специально подобранных примесей.

Если к чистому германию добавить небольшое количество, например, трехвалентного индия (на внешней орбите индия 3 валентных электрона), то один из атомов решетки германия может оказаться замещенным атомом индия (рис. 21б). При этом три валентных электрона индия будут связаны с тремя соседними атомами германия, а с четвертым — связь окажется свободной. В месте связи с четвертым атомом образуется дырка, так как одному из валентных электронов германия нет парной связи с атомом индия. Эта дырка при достаточной внешней энергии может перемещаться по кристаллу, принимая участие в проводимости.

Примеси, вызывающие в германии преобладание числа дырок над числом электронов, называются акцепторными примесями, а примесное вещество, в котором имеет место дырочная проводимость, называется полупроводником типа *p* (*p* — *positive* — положительный).

Если к чистому германию добавить небольшое количество пятивалентного вещества, например, мышьяка (на внешней орбите мышьяка 5 валентных электронов), то в решетке один из атомов германия может оказаться замещенным атомом мышьяка (рис. 21в). При этом 4 валентных электрона мышьяка будут связаны с четырьмя атомами германия, а 5-й валентный электрон мышьяка окажется свободным от межатомных связей. Этот электрон, будучи слабо связанным с атомом примеси, за счет тепловых движений может оторваться от атома мышьяка и оказаться свободным. Электроны, потерявшие связь с атомами примеси, принимают участие в проводимости.

Примеси, вызывающие в германии преобладание числа электронов, называются донорными примесями, а примесное вещество, в котором имеет место электронная проводимость, называется полупроводником типа n (n —negative—отрицательный).

В качестве акцепторных примесей чаще всего используют трехвалентные алюминий, индий, бор, а в качестве донорных — пентавалентные фосфор, мышьяк, сурьму.

Электроны в полупроводниках типа n и дырки в полупроводниках типа p принято называть основными носителями тока, а небольшое количество электронов в полупроводниках типа p и дырок в полупроводниках типа n — неосновными носителями тока.

Полупроводниковый диод. Для изготовления полупроводниковых приборов применяют химически чистые вещества. Изготовление полупроводников с проводимостью типа n или p осуществляется различными технологическими приемами. Если в монокристалл германия вводится при определенном температурном режиме небольшое количество индия, то в результате диффузии атомов индия в монокристалле образуется область с p проводимостью. Для получения вещества с n проводимостью в монокристалл германий вводят пентавалентный элемент, например мышьяк.

Рассмотрим явления, протекающие на границе соприкосновения полупроводников с различными видами проводимости.

На рис. 22а изображены два полупроводника: с проводимостью n и с проводимостью p . Граница соприкосновения двух полупроводников называется электронно-дырочным переходом или p - n -переходом. В момент соприкосновения полупроводников начинается диффузионное перемещение основных носителей зарядов из одной области в другую, определяемое неодинаковой концентрацией их в примесных веществах n и p .

Свободные электроны, находящиеся в электронной области полупроводника n , диффундируют в дырочную область p , в которой свободных электронов мало. С другой стороны, дырки, находящиеся в области p , диффундируют в область n , где их мало. В результате диффузии дырочная область полупроводника зарядится отрицательно, а электронная область положительно. Электроны, проникшие в область p , и дырки, проникшие в область n , являются для этих областей неосновными носителями зарядов.

Таким образом, с обеих сторон границы, разделяющей полупроводники, устанавливается некоторая внутренняя разность потенциалов (контактная разность потенциалов), которая в дальнейшем препятствует диффузии электронов и дырок.

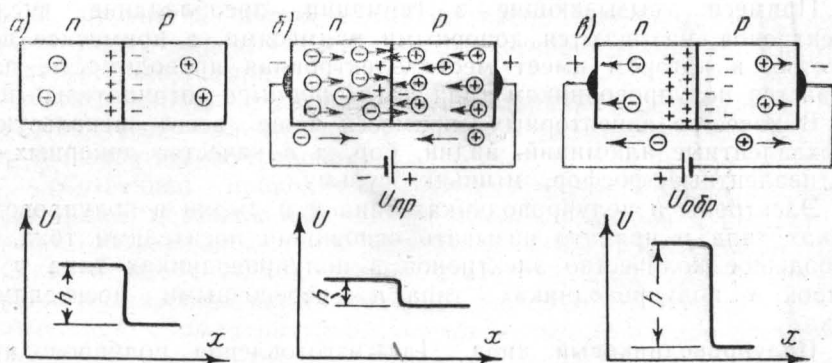


Рис. 22. Явления в p - n -переходе

a —без воздействия внешнего электрического поля; b —при воздействии внешнего поля в направлении проводимости; c —при воздействии внешнего поля в направлении, обратном проводимости

Разность потенциалов, образовавшаяся на сторонах границы полупроводников, называется потенциальным барьером. Ее величина определяется концентрациями и энергиями заряженных частиц в полупроводниках n и p . При установившемся режиме через p - n -переход диффундируют только те носители зарядов (электроны из области n в p и дырки из p в n), которые обладают достаточной для преодоления поля потенциального барьера энергией. Однако под действием электрических полей, возникших по обеим сторонам границы, неосновные носители заряда p -области (электроны) могут переходить в n -область, а неосновные носители зарядов n -области (дырки) могут переходить в p -область. В установившемся режиме переход неосновных носителей зарядов из n в p - и из p в n -области происходит в незначительных количествах. Ток через граничный слой, созданный неосновными носителями зарядов в установившемся режиме, равен току основных носителей зарядов, вследствие чего результирующий ток через p - n -переход равен нулю.

В установившемся режиме высота потенциального барьера постоянна, однако при этом происходит диффузия как основных, так и неосновных носителей зарядов через граничный слой.

Пограничные области, лишенные некоторой части основных носителей зарядов, обладают соответствующими электрическими полями и носят название запирающего слоя.

Если к полупроводникам n и p подключить внешний источник электрической энергии так, чтобы к области n был подклю-

чен отрицательный потенциал, а к области p — положительный (рис. 22б), то приложенная разность потенциалов окажется противоположной по знаку контактной разности потенциалов. В результате высота потенциального барьера h снизится и равновесное состояние нарушится. Чем ниже высота потенциального барьера h , тем больше дырок из области p будет переходить в область n и электронов из области n в область p . В этом случае дырки и электроны движутся в направлении перехода. В цепи возникает ток. При увеличении внешнего напряжения высота потенциального барьера уменьшается, а ток возрастает. Это направление тока называется прямым или пропускным направлением.

Если изменить полярность источника тока и подвести плюс к области n , а минус к области p (рис. 22в), то приложенная разность потенциалов совпадает по знаку с контактной разностью потенциалов. В этом случае внутренние электрические поля потенциального барьера направлены противоположно электрическим полям внешнего источника тока, вследствие чего высота потенциального барьера расширяется. Электроны и дырки движутся в противоположные стороны от перехода.

С расширением потенциального барьера уменьшается диффузия основных носителей зарядов и вблизи перехода число носителей зарядов сокращается. Потенциальный порог как бы закрывает вентиль. Поэтому ток во внешней цепи очень мал и величина его может определяться только диффузией неосновных носителей зарядов. Это направление внешнего напряжения называется обратным или непропускным направлением. С ростом потенциального порога ток в цепи несколько увеличивается (за счет неосновных носителей зарядов), но в нормальном режиме плотность тока не превышает у германиевых диодов нескольких миллиампер на $см^2$, в то время как в прямом направлении плотность тока может достигать 10 а на $см^2$.

Следовательно, такой полупроводник пропускает большой ток в прямом и малый в обратном направлениях и может быть использован в качестве выпрямителя переменного тока, как обычный вакуумный диод.

На рис. 23 изображена статическая вольт-амперная характеристика $p-n$ - перехода полупроводникового диода.

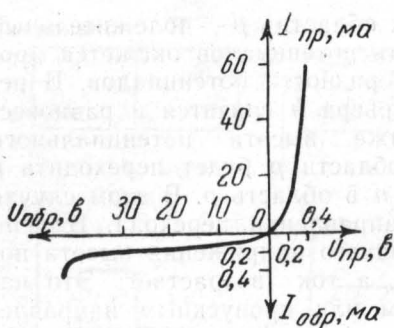


Рис. 23. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода

образуя в части его объема слой с проводимостью p .

Рассмотренный диод принято называть плоскостным, так как выпрямляющий элемент p - n -перехода имеет вид плоскости. Кроме плоскостных диодов широкое применение находят и так называемые точечные диоды.

При изготовлении плоскостных диодов на n -германиевую или n -кремниевую пластинку наносится в расплавленном состоянии капля индия. В процессе вплавления атомы индия диффундируют в толщину германия,

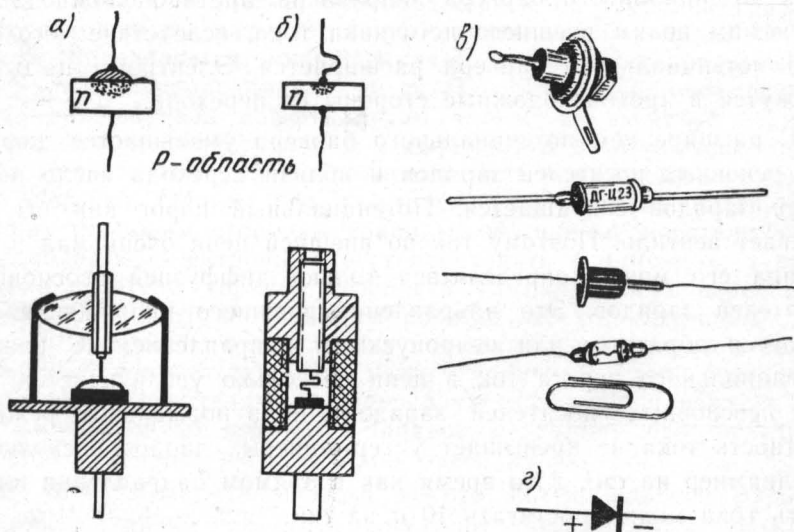


Рис. 24. Конструкция и общий вид плоскостных и точечных германиевых диодов

a —плоскостный диод; b —точечный диод; $в$ —общий вид диодов; $г$ —схема диода

В отличие от плоскостного точечный диод представляет собой контакт заостренного конца тонкого проводника с поверх-

ностью германиевой или кремниевой пластинки. В процессе изготовления через контакт проводника с пластинкой кратковременно пропускают ток большой величины. Под действием кратковременного выделившегося тепла часть электронов вблизи точечного контакта вырываются из германия, оставляя дырки. В результате небольшой объем в толще германия n -типа превращается в германий p -типа. Образуется p - n - переход, обладающий свойствами односторонней проводимости тока.

Принцип работы полупроводниковых диодов рассмотрим на схемах выпрямителей тока. В качестве вентиляльных элементов в последнее время все чаще применяют полупроводниковые диоды, которые упрощают схему выпрямителя и повышают эксплуатационную надежность устройства. Простейшие схемы выпрямителей изображены на рис. 25.

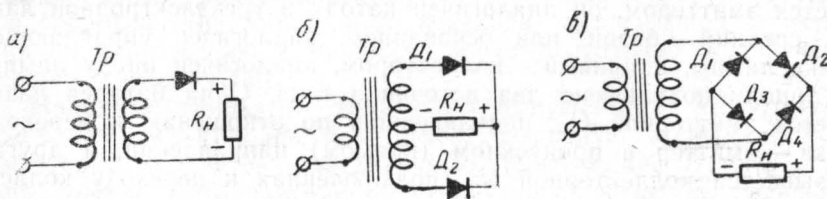


Рис. 25. Схемы выпрямителей на полупроводниковых диодах

a —однополупериодная; $б$ —двухполупериодная; $в$ —мостовая

Полупроводниковый триод. В плоскостных полупроводниковых триодах (или, как их еще называют, транзисторах) содержится два p - n - перехода, у которых средняя область может обладать электронной проводимостью, а крайние — дырочной проводимостью (триод типа p - n - p), или же средняя область с дырочной проводимостью, а крайние с электронной (триод типа n - p - n).

Устройство плоскостного триода типа p - n - p схематично показано на рис. 26. Он представляет собой тонкую, например, германиевую пластинку 1 с электронной проводимостью, по обеим сторонам которой вплавлены кусочки индия 2. При сплавлении часть атомов индия захватывает германий и в его толще образуются слои с высокой дырочной проводимостью. Слой германия с электронной проводимостью окажется заключенным между двумя слоями с дырочной проводимостью. Средний слой конструктивно выполняется возможно более тонким, нежели слои с дырочной проводимостью.

Работу транзистора типа *p-n-p* удобнее рассмотреть на схеме, изображенной на рис. 27. На этой схеме левый *p*-слой назы-

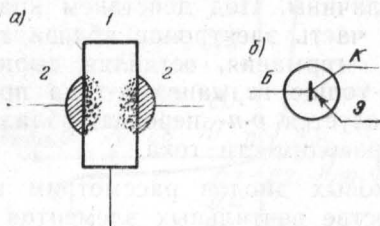


Рис. 26. Устройство плоскостного триода

a—плоскостный полупроводниковый триод *p-n-p*; *б*—схема триода: Э—эмиттер; Б—база; К—коллектор

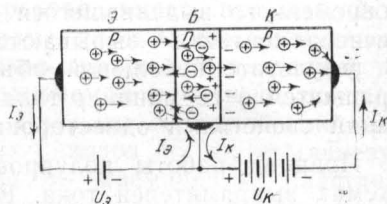


Рис. 27. Схема включения триода *p-n-p*

вается эмиттером, он аналогичен катоду в трехэлектродной лампе, средний—базой, или основанием, аналогичен управляющей сетке лампы, а правый—коллектором, аналогичен аноду лампы. К триоду подключено два источника тока. Одна батарея называется эмиттерной $U_{\text{Э}}$, подключенная по отношению к переходу база—эмиттер в пропускном (прямом) направлении, а другая называется коллекторной $U_{\text{К}}$, подключенная к переходу коллектор—база в непротекном (запорном) направлении. Напряжение $U_{\text{К}} \gg U_{\text{Э}}$.

Под действием разности потенциалов батареи $U_{\text{Э}}$ электроны из базы проникают в эмиттер, а дырки из эмиттерного слоя проникают в базу.

Сопротивление перехода база—эмиттер невелико и поэтому напряжение $U_{\text{Э}}$ принимается равным десятым долям вольта. Часть дырок, попавших в базу, рекомбинируется с электронами базы, а большая их часть перемещается дальше к коллекторному переходу. Поскольку толщина слоя базы очень мала, а отрицательное напряжение, приложенное к коллекторному переходу, значительно, то большинство дырок, проникших из эмиттера, устремляются через базу в коллекторную область. Дырки, попавшие в коллекторную область, нейтрализуют граничный отрицательный заряд, чем понижают сопротивление перехода, и ток коллектора возрастает. Величина тока в коллекторной цепи несколько меньше тока в эмиттерной цепи и поэтому

$$I_{\text{Б}} = I_{\text{Э}} - I_{\text{К}}$$

Отношение приращения тока коллектора $\Delta I_{\text{К}}$ к приращению тока эмиттера $\Delta I_{\text{Э}}$ при $U_{\text{К}} = \text{const}$ называется коэффициентом усиления по току

$$\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_9} \text{ при } U_K = \text{const.}$$

Численно коэффициент усиления по току у плоскостных триодов достигает 0,95—0,97 и всегда меньше единицы. Если сопротивление коллекторного перехода обозначить через R_K , а сопротивление эмиттерного перехода через R_9 , то коэффициент усиления триода по напряжению равен

$$K_u = \alpha \frac{R_K}{R_9},$$

а коэффициент усиления по мощности

$$K_p = \alpha^2 \frac{R_K}{R_9}.$$

Так как сопротивление коллекторного перехода в тысячи раз больше сопротивления эмиттерного перехода, то коэффициент усиления по напряжению и мощности имеет достаточно большую величину (более 1000).

Наряду с триодами типа *p-n-p* выпускаются триоды типа *n-p-n*. У этих триодов база имеет дырочную проводимость, а эмиттер и коллектор — электронную. Напряжение U_9 и U_K для них должно быть взято с обратной полярностью по сравнению с полярностью, указанной на рис. 27.

На практике, кроме плоскостных триодов, применяются также точечные триоды. Принцип работы точечного триода аналогичен работе плоскостного триода, однако коэффициент усиления по току в точечных триодах может быть больше единицы.

Рассмотрим простейшую схему полупроводникового усилителя (рис. 28), поясняющую механизм усиления. В этой схеме в отличие от рассмотренной (рис. 27) в цепь эмиттера включен источник переменного напряжения, а в цепь коллектора — нагрузочное сопротивление R_H , на зажимах которого создается усиливаемое напряжение.

Напряжение U_9 для левого электронно-дырочного перехода является прямым, т. е. приложено в таком направлении, в котором может протекать относительно большой ток. Дырки из эмиттерной области переходят в средний базовый слой. Благодаря малой толщине центральной об-

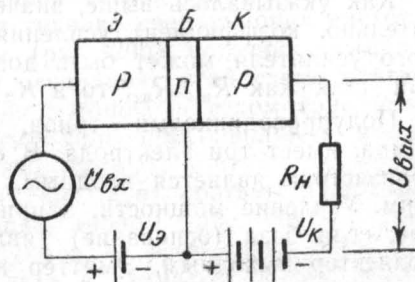


Рис. 28. Простейший усилитель на полупроводниковом триоде *p-n-p*

ласти (порядка $0,25 \text{ мк}$) дырки испытывают ускоряющее действие напряжения $U_{\text{к}}$.

Часть дырок (до 5%) рекомбинируются электронами в базовом слое, а остальные переходят в коллекторную область. Так как напряжение $U_{\text{к}}$ приложено к правому p - n - переходу в обратном (непропускном) направлении, то ток в цепи коллектора может создаваться только за счет дырок, поступающих из эмиттера через левый p - n - переход.

Поскольку доля рекомбинирующихся в базе дырок незначительна, то ток коллектора $I_{\text{к}}$ почти равен току эмиттера $I_{\text{э}}$ (меньше на несколько процентов). Если под действием усиливаемого напряжения $U_{\text{вх}}$ изменяется ток эмиттера, то начнет изменяться и ток коллектора ($\Delta I_{\text{к}} \approx \Delta I_{\text{э}}$). Но ток эмиттера проходит в прямом (пропускном) направлении с малым входным сопротивлением $U_{\text{вх}}$ и, следовательно, величина тока значительно изменяется под действием небольшого усиливаемого напряжения

$$U_{\text{вх}} = \Delta I_{\text{э}} \cdot R_{\text{вх}}.$$

Однако ток коллектора через правый p - n - переход встречает большое внутреннее сопротивление перехода. Если величина $R_{\text{н}}$, достаточно велика (обычно принимается несколько сотен тысяч ом), то переменная составляющая усиливаемого напряжения, проходя через нагрузочное сопротивление, будет создавать на нем переменное напряжение

$$U_{\text{вых}} = \Delta I_{\text{к}} \cdot R_{\text{н}}.$$

Так как изменения токов в цепях коллектора и эмиттера почти одинаковы, то коэффициент усиления по напряжению будет равен

$$K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{\Delta I_{\text{к}}}{\Delta I_{\text{э}}} \cdot \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} = \alpha \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}} \approx \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вх}}}.$$

Как указывалось выше, значение α близко к единице. Следовательно, коэффициент усиления по напряжению рассматриваемого усилителя может быть доведен до весьма больших значений (так как $R_{\text{н}} \gg R_{\text{вх}}$, то и $K_u \gg 1$).

Полупроводниковый триод, так же как и трехэлектродная лампа, имеет три электрода. В схемах включения один электрод транзистора является входным, другой выходным, а третий общим. Усиление мощности, например, возможно лишь в том случае, если база (основание) является входным электродом, а коллектор выходным. Эмиттер полупроводникового триода, вводя неосновные носители заряда в основание (базу), выполняет функцию, аналогичную функции катода лампы. Коллектор, по-

лучающий большую часть этих носителей, может быть приравнен аноду лампы. Основание действует аналогично управляющей сетке лампы, так как его потенциал относительно эмиттера определяет количество введенных носителей заряда.

Применяются три основные схемы включения полупроводниковых триодов (рис. 29).

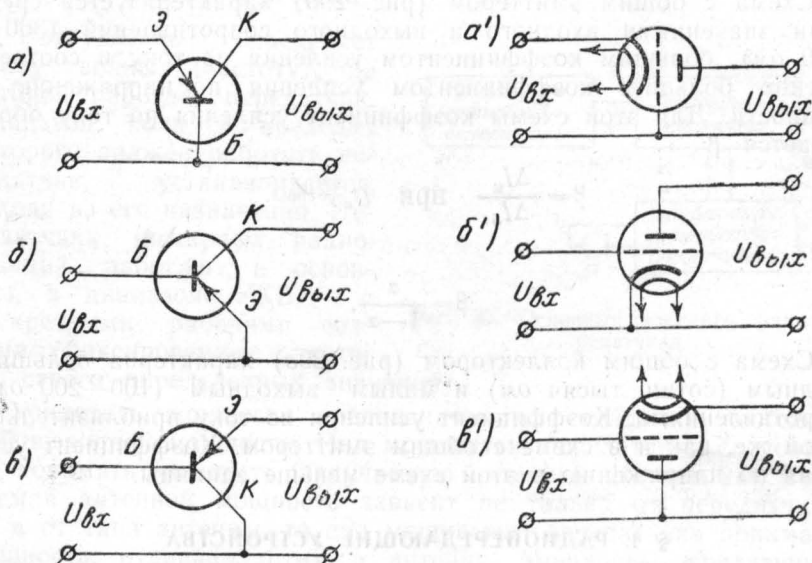


Рис. 29. Схемы включения полупроводниковых триодов и аналогичные им схемы включения электронных ламп

Схема с общим основанием (рис. 29а), в которой источник усиливаемых колебаний включен в цепь эмиттера, соответствует схеме лампового усилителя с общей сеткой (рис. 29а'). Усилители такого вида применяются в технике сверхвысоких частот.

В схеме с общим эмиттером (рис. 29б) источник усиливаемых колебаний включен в цепь основания. Этой схеме соответствует схема лампового усилителя с общим катодом (рис. 29б'), в которой источник усиливаемых колебаний включен в цепь сетки (наиболее распространенные схемы).

Схеме с общим коллектором (рис. 29в) соответствует включение электронной лампы с общим анодом (рис. 29в').

Плоскостные триоды используются во всех трех схемах. Точечные триоды применяются только в схемах с общим основанием.

Как уже говорилось, у плоскостных триодов коэффициент усиления по току в схеме с общим основанием (базой) (рис. 29а) меньше единицы. Эта схема характеризуется очень малым входным (меньше 100 ом) и большим выходным сопротивлениями. Схема обеспечивает большое усиление по напряжению и мощности.

Схема с общим эмиттером (рис. 29б) характеризуется средними значениями входного и выходного сопротивлений (300—1500 ом), большим коэффициентом усиления по току и соответственно большим коэффициентом усиления по напряжению и мощности. Для этой схемы коэффициент усиления по току обозначается β

$$\beta = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_b} \quad \text{при} \quad U_k = \text{const},$$

или

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

Схема с общим коллектором (рис. 29в) характерна большим входным (сотни тысяч ом) и малым выходным (100—200 ом) сопротивлениями. Коэффициент усиления по току приблизительно такой же, как и в схеме с общим эмиттером. Коэффициент усиления по напряжению в этой схеме меньше единицы.

§ 4. РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Радиопередатчиком называется устройство, вырабатывающее ток высокой частоты, управляемый электрическим сигналом, подлежащим передаче. Всякий передатчик характеризуется следующими параметрами.

1. Диапазоном рабочих частот (волн), в пределах которых должен работать передатчик. В зависимости от назначения радиопередатчик может работать в определенном диапазоне частот или на нескольких фиксированных частотах.

2. Мощностью, которую может отдать передатчик в антенну. Мощность передатчика является одним из основных показателей, определяющих дальность и надежность радиосвязи.

3. Стабильностью частоты излучаемых колебаний. Стабильность частоты передатчика зависит исключительно от типа возбуждателя колебаний.

4. Видом управления токами высокой частоты. Например, для передачи телефонных сигналов необходимо изменить ампли-

туду или частоту излучаемого высокочастотного сигнала (модуляция).

Основными элементами радиопередатчика являются: возбудитель (задающий генератор), усилитель мощности и управляющее устройство (модулятор или манипулятор) (рис. 30). Электропитание элементов передатчика осуществляется от источника постоянного тока.

Возбудитель определяет длину волны (частоту), на которой работает передатчик. Диапазон волн, в пределах которого должен работать передатчик, устанавливается, исходя из его назначения. Передатчики пожарных радиостанций работают, в основном, в диапазоне УКВ — с дискретными рабочими волнами (фиксированные частоты строго определенных значений).

Усилитель мощности предназначен для создания необходимой выходной мощности. Под мощностью передатчика следовало бы понимать мощность, излучаемую антенной. Но так как излучаемая антенной мощность зависит не только от передатчика, но и от типа антенны, то под мощностью передатчика понимают мощность, отдаваемую им в антенну. Мощность передатчиков пожарных радиостанций колеблется от нескольких долей ватта до десятков ватт.

Управляющее устройство (модулятор) предназначено для управления током высокой частоты передатчика в соответствии с передаваемым сигналом. Это необходимо для того, чтобы излучаемые электромагнитные волны, как переносчики сообщений, были подвергнуты некоторым последовательным изменениям, т. е. промодулированы.

При телеграфной работе в управляющем устройстве используют телеграфный ключ или буквопечатающий аппарат, при телефонной — микрофон или ларингофон.

Ламповые генераторы

Генератором называется устройство, предназначенное для преобразования энергии источника постоянного тока в энергию тока высокой частоты. Все ламповые генераторы принято делить

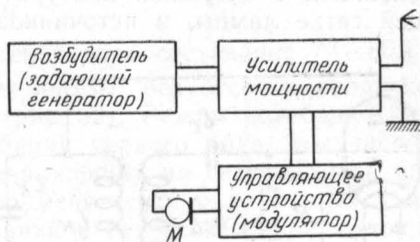


Рис. 30. Основные элементы радиопередатчика

на две группы: генераторы с посторонним или независимым возбуждением и генераторы с самовозбуждением. Генераторы с самовозбуждением используются в передатчиках в качестве возбудителя колебаний (задающий генератор).

Ламповый генератор с самовозбуждением (рис. 31) состоит из колебательного контура $L_K C_K$, включенного в анодную цепь; электронной лампы; катушки обратной связи $L_{св}$, индуктивно связанной с катушкой контура L_K и подключенной к управляющей сетке лампы, и источников питания.

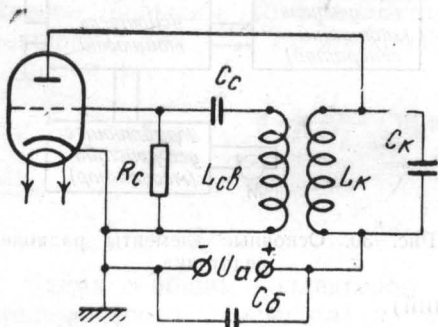


Рис. 31. Схема лампового генератора

При подключении анодного питания (полагая, что напряжение накала было подключено ранее) в анодной цепи лампы возникает нарастающий во времени ток, который заряжает конденсатор контура C_K . В контуре начинаются свободные затухающие колебания. Переменный ток, проходящий через катушку L_K , наводит в катушке $L_{св}$ переменное напряжение. Это напряжение подается на сетку лампы и вызывает пульсации анодного тока. В нем появляется постоянная и переменная составляющие. Переменная составляющая анодного тока, проходя через контур, подзаряжает (через каждый полупериод) конденсатор C_K и в контуре устанавливаются незатухающие колебания. Порции энергии, подаваемые в контур за каждый период, должны быть равны той энергии, которая теряется в контуре за время одного полного колебания. В противном случае колебания быстро затухнут. С другой стороны, энергия в контур должна подаваться в такт с собственными колебаниями контура. Для этого переменные напряжения на аноде и на сетке должны быть сдвинуты по фазе на 180° .

Таким образом, потери энергии в контуре восполняются за счет энергии анодной батареи. Очевидно, что установившиеся (т. е. постоянные по амплитуде) колебания возможны только в том случае, если поступление энергии в контур в единицу времени равно потере энергии за то же время. Частота колебаний генератора определяется параметрами контура L_K, C_K .

$$f_{\text{ген}} = f_K = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_K C_K}}.$$

У лампового генератора различают: 1) подводимую от анодного источника мощность P_0 ; 2) мощность потерь на аноде P_a , затрачиваемую на нагревание анода лампы; 3) колебательную или полезную мощность P_k в контуре.

Отношение полезной мощности к подводимой называют коэффициентом полезного действия лампового генератора

$$\eta = \frac{P_k}{P_0}.$$

Величина к. п. д. лампового генератора составляет 70—80%.

Возможны два режима работы лампы: без отсечки анодного тока и с отсечкой анодного тока (рис. 32). Режим колебаний без отсечки анодного тока, или колебаний первого рода, получается при небольших отрицательных напряжениях на сетке лампы. Он дает малый к. п. д. (до 40%) и применяется в маломощных ламповых генераторах. Режим колебаний с отсечкой анодного тока, или колебаний второго рода, получается путем увеличения постоянного отрицательного напряжения U_c на сетке лампы. Этот режим имеет высокий к. п. д.

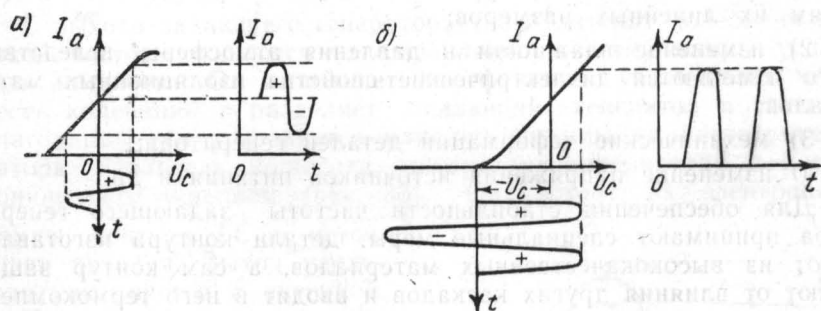


Рис. 32. Режимы колебаний

а—без отсечки анодного тока (первого рода); б—с отсечкой анодного тока (второго рода)

Ламповые генераторы с самовозбуждением различаются видами обратной связи, которая может быть индуктивной, емкостной или автотрансформаторной. В рассмотренной схеме лампа и контур соединены последовательно. Применяются генераторы, лампа и контур которых подключены к анодному источнику параллельно.

Одним из главных требований, предъявляемых к возбудителю, является постоянство или стабильность частоты колебаний. Это требование обусловлено тем, что при отклонении несущей частоты

ты передатчика от номинального значения на величину $\pm \Delta f$ ширина полосы частот, занимаемая передатчиком, увеличивается. Это создает помехи для других радиостанций, а при работе на радиостанциях с фиксированной настройкой может привести к срыву радиосвязи.

Известно, что частота колебаний генератора с самовозбуждением зависит от параметров колебательного контура. Причиной, вызывающей изменение частоты, может оказаться любой из факторов, вызывающих изменение емкости, индуктивности или активного сопротивления контура. Из равенства

$$f + \Delta f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L + \Delta L)(C + \Delta C)}}$$

видно, что изменение индуктивности контура на величину ΔL или емкости на ΔC приводит к изменению генерируемой частоты на величину Δf .

Наиболее существенные факторы, вызывающие изменение частоты:

- 1) изменение температуры деталей, что приводит к изменениям их линейных размеров;
- 2) изменение влажности и давления атмосферы, вследствие чего изменяются диэлектрические свойства изоляционных материалов;
- 3) механические деформации деталей генератора;
- 4) изменение напряжения источников питания и др.

Для обеспечения стабильности частоты задающего генератора принимают специальные меры: детали контура изготавливают из высококачественных материалов, а сам контур защищают от влияния других каскадов и вводят в него термокомпенсаторы; связь между контуром задающего генератора и последующим каскадом делают слабой и т. д. Такая стабилизация называется параметрической.

Наилучшие результаты дает кварцевая стабилизация. Этот метод основан на использовании пьезоэлектрических свойств пластинок, изготовленных из минерала кварца, отличающегося химической и температурной стойкостью.

Сущность стабилизации заключается в следующем. Если к пластинке кварца подвести переменное напряжение, то возникнут механические колебания пластинки. Амплитуда этих колебаний будет максимальной тогда, когда частота подведенного напряжения совпадет с собственной частотой механических колебаний кварцевой пластинки.

Собственная частота механических колебаний пластинки зависит от ее геометрических размеров и определяется по формуле:

$$f_0 = \frac{2,84}{d} \cdot 10^6 \text{ эц,}$$

где d — толщина кварцевой пластинки в мм.

При совпадении частоты приложенного напряжения с собственной частотой механических колебаний пластинки переменный ток, проходящий через пластинку, резко возрастает. Это аналогично резонансу колебательного контура. Если включить кварцевую пластинку в цепь управляющей сетки лампы задающего генератора, то схема возбуждётся на строго постоянной частоте, равной частоте собственных колебаний пластинки. Когда необходимо изменить частоту колебаний генератора, то заменяют одну кварцевую пластинку другой. Обычно кварцевая пластинка помещается в кварцедержатель.

Усилитель мощности

С выхода задающего генератора (возбудителя) колебания высокой частоты подаются на управляющую сетку лампы усилителя мощности. Он выполняет две функции: увеличивает мощность колебаний и разделяет задающий генератор и антенну, благодаря чему устраняется влияние антенны на частоту генератора. Усилитель мощности относится к генераторам с посторонним возбуждением (рис. 33). Он состоит из электронной лампы, контура LC и источников питания. Выход усилителя связывается с антенной.

При воздействии на управляющую сетку входного напряжения в анодной цепи, кроме постоянной составляющей тока, появляется переменная составляющая.

Переменная составляющая пульсирующего тока проходит по цепи: анод лампы, контур LC , конденсатор C_0 , катод лампы. Она образует на контуре переменное напряжение. Благодаря этому в контуре возникнут усиленные незатухающие колебания. Часть мощности этих колебаний затрачивается на необратимые потери на активном сопротивлении R контура и нагревание деталей,

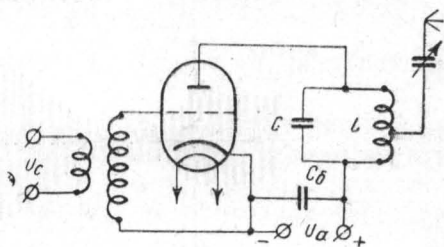


Рис. 33. Усилитель мощности

по цепи: анод лампы, контур LC , конденсатор C_0 , катод лампы. Она образует на контуре переменное напряжение. Благодаря этому в контуре возникнут усиленные незатухающие колебания. Часть мощности этих колебаний затрачивается на необратимые потери на активном сопротивлении R контура и нагревание деталей,

а полезная мощность поступает в антенну и излучается в пространство.

Управление колебаниями высокой частоты

Электромагнитные колебания, созданные передатчиком, характеризуются следующими параметрами: амплитудой, частотой и начальной фазой

$$i = I_{m0} \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где I_{m0} , $\omega = 2\pi f$ и φ_0 соответственно амплитуда, угловая частота и начальная фаза колебаний.

Чтобы использовать эти колебания для передачи речи, музыки или телеграфных знаков, необходимо управлять ими таким образом, чтобы «записать» на колебания передаваемое сообщение.

Процесс управления током высокой частоты с помощью первичных сигналов называется модуляцией.

В зависимости от того, какой параметр высокочастотных колебаний изменяют под действием звукового сигнала, различают амплитудную, частотную и фазовую модуляции. Наибольшее распространение получили амплитудная и частотная модуляция.

В нижней части рис. 34 показан ток звуковой частоты (модулирующий сигнал), а выше модулированные высокочастотные

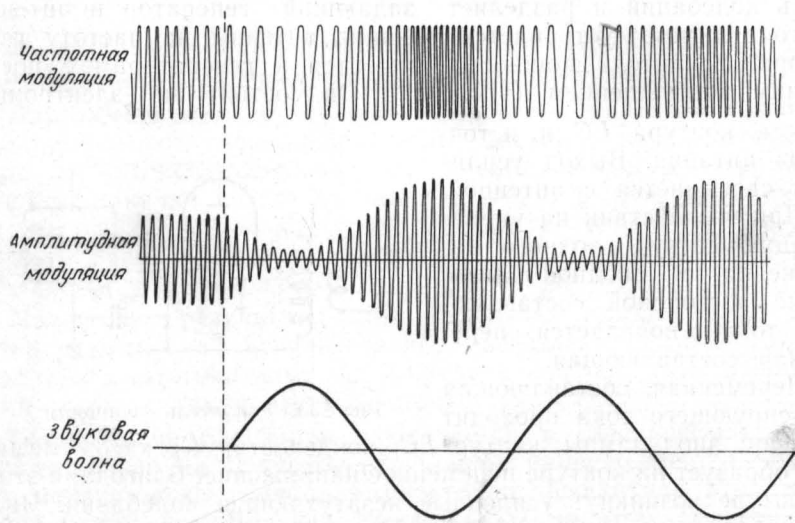


Рис. 34. Амплитудная и частотная модуляции

колебания: в середине — по амплитуде, а сверху — по частоте. Для осуществления модуляции в передатчиках имеется специальный каскад, называемый модулятором.

Рассмотрим вначале принцип амплитудной модуляции.

Амплитудной модуляцией называется процесс изменения амплитуд высокочастотных колебаний в соответствии с колебаниями звуковой частоты.

Чтобы получить амплитудно-модулированные колебания, необходимо изменять напряжение на сетке или аноде лампы модулируемого каскада. Не разбирая различные способы получения амплитудно-модулированных колебаний, рассмотрим схему (рис. 35) выходного каскада передатчика с модуляцией на управляющую сетку (сеточная модуляция).

В этой схеме на управляющую сетку одновременно действуют три напряжения:

1. Напряжение U_c от батареи смещения. Оно подается для того, чтобы установить исходную рабочую точку на характеристике лампы.
2. Напряжение звуковой частоты $u_{\Omega} = U_{\Omega} \sin \Omega t$, поступающее от вторичной обмотки трансформатора, в первичную обмотку которого включены микрофон M и батарея B_M .
3. Напряжение высокой частоты $u_{\omega} = U_{\omega} \sin \omega t$, поступающее от задающего генератора.

Для токов высокой частоты вторичная обмотка трансформатора представляет большое сопротивление, поэтому ее шунтируют конденсатором C_1 . Конденсатор C_2 установлен для того, чтобы токи звуковой и высокой частоты не проходили через батарею смещения.

При разговоре перед микрофоном во вторичной обмотке трансформатора появится переменное напряжение звуковой частоты. Это напряжение в течение одного полупериода складывается с напряжением батареи смещения, а в течение другого вычитается, вследствие чего местоположение рабочей точки на характеристике лампы изменяется. Так как в этой цепи действует и высокочастотное напряжение u_{ω} , поданное от задающе-

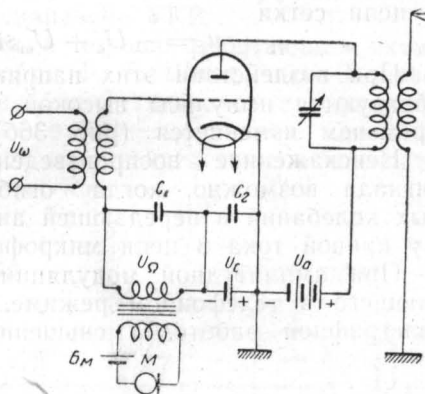


Рис. 35. Схема сеточной модуляции

го генератора, то амплитуда анодного тока также будет изменяться, т. е. осуществляется модуляция высокочастотных колебаний.

Процессы, происходящие в схеме, можно представить по графикам рис. 36. В верхней части рис. 36а изображена статическая характеристика лампы в анодно-сеточных осях, а ниже по оси времени показано суммарное напряжение, действующее в цепи сетки

$$u_c = -U_c + U_\omega \sin \omega t + U_\Omega \sin \Omega t.$$

При воздействии этих напряжений в анодной цепи лампы образуются импульсы высокой частоты, амплитуда которых со временем изменяется (рис. 36б).

Неискаженное воспроизведение приемником принимаемого сигнала возможно, когда огибающая амплитуд модулированных колебаний в передающей антенне точно воспроизводит форму кривой тока в цепи микрофона.

При амплитудной модуляции мощность передатчика, работающего в телефонном режиме, в 3—4 раза меньше, чем при телеграфной работе. Уменьшение мощности при амплитудной

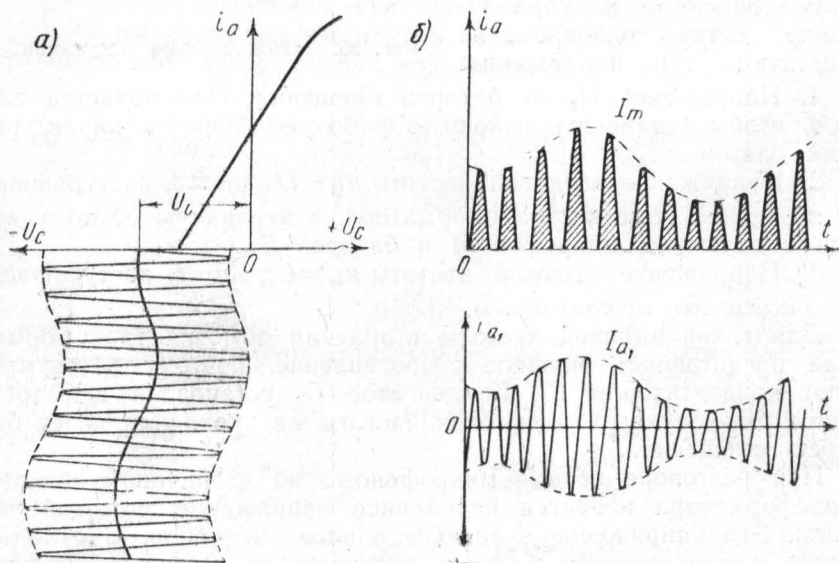


Рис. 36. График, иллюстрирующий процессы при сеточной модуляции
модуляции влечет за собой сокращение дальности радиотелефонной связи по сравнению с телеграфной работой. Это являет-

ся существенным недостатком амплитудной модуляции. Другим недостатком является трудность борьбы с помехами при радиоприеме. Поэтому в настоящее время часто применяют более совершенную схему модуляции — частотную.

Частотная модуляция заключается в том, что под действием звуковых колебаний изменяется не амплитуда, а частота высокочастотных колебаний. Модуляция по частоте применяется на радиостанциях, работающих в диапазоне УКВ.

На рис. 37 показана простая и хорошо работающая схема, предложенная советским инженером Г. Т. Шитиковым. В левой части этой схемы изображен задающий генератор с параллельным питанием контура LC , а в правой — модулятор. Связь генератора с модулятором — емкостная, посредством конденсатора C_1 .

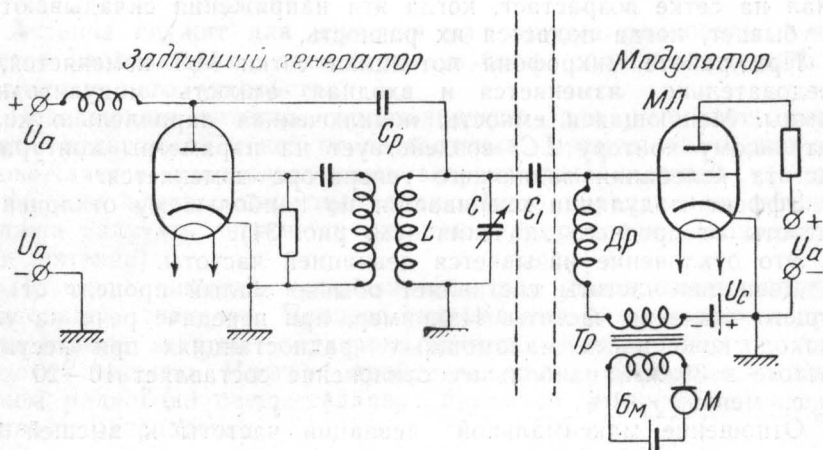


Рис. 37. Схема частотной модуляции

Выше было показано, что частота колебаний задающего генератора определяется параметрами контура LC . Чтобы частота колебаний генератора изменялась в соответствии со звуковой частотой, необходимо менять параметры контура LC в такт со звуковой частотой (изменять величину индуктивности L или же емкости C). В данном случае величину индуктивности катушки менять неудобно.

В этих целях параллельно контуру LC подсоединяют через конденсатор C_1 небольшую емкость ΔC , образованную электродами сетка-катод модуляторной лампы МЛ. Емкость ΔC определяется не расстоянием между этими электродами, а расстоянием между сеткой и пространственным зарядом (электронным

облачком) вокруг катода. Это расстояние изменяется при изменении напряжения между сеткой и катодом.

Если повышать отрицательный потенциал сетки, то расстояние между сеткой и пространственным зарядом возрастет, что равносильно уменьшению емкости между сеткой и катодом. При уменьшении отрицательного потенциала сетки расстояние между сеткой и пространственным зарядом сократится, что эквивалентно увеличению емкости участка сетка-катод.

Если произнести перед микрофоном звук, то во вторичной обмотке трансформатора возникнет переменная э.д.с. звуковой частоты. Индуцированное напряжение взаимодействует с постоянным напряжением U_c батареи смещения. В течение одного полупериода индуцированное и постоянное напряжения суммируются, а в течение другого вычитаются. Отрицательный потенциал на сетке возрастает, когда эти напряжения складываются, и убывает, когда подается их разность.

При работе микрофона потенциал сетки МЛ изменяется, а следовательно, изменяется и входная емкость модуляторной лампы. Меняющаяся емкость, подключенная параллельно колебательному контуру LC , воздействует на параметры контура и частота колебаний задающего генератора изменяется.

Эффект модуляции оценивается по наибольшему отклонению частоты от среднего значения (см. рис. 34).

Это отклонение называется девиацией частоты.

Девиация частоты составляет обычно малый процент от несущего значения частоты. Например, при передаче речи на ультракоротковолновых маломощных радиостанциях при несущей частоте в 30 мГц наибольшее отклонение составляет 10—20 кГц, т. е. меньше 0,1%.

Отношение максимальной девиации частоты к высшей частоте модулирующего напряжения называется индексом модуляции

$$M = \frac{\Delta\omega_m}{\Omega},$$

где $\Omega = 2\pi F_{\text{зв.м}}$ — угловая частота модулирующего сигнала.

Различают узкополосную и широкополосную частотную модуляцию.

При $M > 1$ спектр частот превышает удвоенную девиацию частоты и модуляция называется широкополосной. Широкополосная частотная модуляция применяется в радиовещании. Наибольшее отклонение частоты от первоначального значения достигает ± 75 кГц. При $M < 1$ спектр частот занимает полосу, близкую к $2F_{\text{зв.м}}$ (как при амплитудной модуляции) и модуляция назы-

вается узкополосной. Узкополосная частотная модуляция применяется в радиостанциях пожарной охраны.

Модуляция по частоте свободна от недостатков, присущих амплитудной модуляции. Применение частотной модуляции позволяет установить выходной каскад передатчика в режим предельной мощности, благодаря чему при одной и той же номинальной мощности выходного каскада (в сравнении с выходным каскадом передатчика с амплитудной модуляцией) дальность действия радиостанции повышается. Достоинство ее заключается и в том, что уменьшается влияние атмосферных и промышленных помех, чем улучшается качество и повышается надежность связи.

§ 5. АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА

Антенна служит для изучения или приема радиоволн и является необходимым элементом любого радиопередающего и радиоприемного устройства.

Передающая антенна предназначена для излучения мощности, подводимой к ней от передатчика. Процесс излучения сопровождается преобразованием энергии тока высокой частоты в энергию электромагнитных волн. Часто передающая антенна должна излучать энергию в желаемом направлении (направленная антенна).

Приемная антенна предназначена для улавливания энергии приходящих сигналов. Процесс улавливания заключается в преобразовании энергии электромагнитных волн в энергию тока высокой частоты. Иногда требуется, чтобы преимущественный прием радиоволн осуществлялся приемной антенной с определенным направлением.

Основные параметры антенны сохраняются неизменными при использовании ее как для передачи, так и для приема. Иначе говоря, всякая антенна обладает свойством обратимости. Принцип обратимости имеет большое практическое значение, так как позволяет использовать общую антенну для передачи и приема.

Для передачи высокочастотной энергии от передатчика к антенне или от антенны к приемнику применяют так называемые фидерные линии. Для правильной работы антенного устройства фидерные линии не должны обладать антенным эффектом, т. е. излучать или принимать радиоволны. При передаче высокочастотной энергии по фидерной линии стремятся к тому, чтобы потери энергии в ней были минимальными.

Фидерная линия подключается одним концом к антенне, а другим — к выходу передатчика или входу приемника. Конструк-

ция фидера может быть различна: открытая или экранированная двухпроводная линия, коаксиальная линия, волновод.

В антенных устройствах пожарных радиостанций чаще применяют коаксиальные (высокочастотные) кабели (рис. 38). Преимущество коаксиального кабеля заключается в почти полном отсутствии излучения и невосприимчивости к внешним электромагнитным полям.

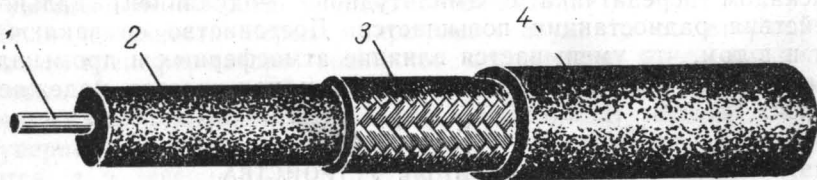


Рис. 38. Коаксиальный кабель

1—внутренний провод; 2—изоляция из гибкой пластмассы; 3—внешний провод (оплетка из медных проводов); 4—защитная пластмассовая ободочка

Двухпроводная линия имеет распределенные по длине индуктивность L , емкость между проводами C , активное сопротивление R и активную проводимость G , наличие которой обусловливается несовершенством изоляции между проводами линии. Таким образом, двухпроводная линия является электрической цепью с распределенными параметрами.

Этим самым линии отличаются от цепей с сосредоточенными параметрами. Например, одиночный колебательный контур состоит из индуктивности, сосредоточенной только в катушке самоиндукции и емкости, сосредоточенной только в конденсаторе.

Если процессы, происходящие в цепях с сосредоточенными параметрами, рассматриваются только во времени, то в линиях передачи (в фидерах) приходится изучать сущность явлений не только во времени, но и в пространстве.

Рассмотрим процесс распространения электромагнитного поля в линии, к которой подключен генератор переменной э.д.с. (рис. 39). Распространяющееся вдоль линии электромагнитное поле будем изображать в виде волны, движущейся от генератора к концу линии. Причем волну изобразим для одного провода. В другом проводе происходит такой же процесс, но с обратной фазой.

Допустим, что в момент включения напряжение генератора имеет амплитудное значение. Поскольку в этот момент волна еще не успела распространиться вдоль провода, то никакого напряжения и тока в линии еще нет (рис. 39а). Через четверть

периода ($t = \frac{1}{4}T$) волна распространится на расстояние, равное четверти длины волны, но за это время напряжение на генераторе, т. е. в начале линии, уменьшится до нуля (рис. 39б).

Еще через четверть периода, т. е. за время $t = \frac{1}{2}T$,

напряжение генератора достигнет амплитудного значения, но с обратным знаком, а волна пройдет расстояние, равное $\frac{1}{2}\lambda$ (рис. 39в). Далее

за время $t = \frac{3}{4}T$ и $t = T$ волна пройдет по проводу расстояние соответственно $\frac{3}{4}\lambda$

и λ (рис. 39г, д). Здесь каждая синусоида изображает распределение напряжения в проводе для некоторого момента времени, причем по горизонтальной оси отложено не время, а расстояние. Изменение напряжения во времени для какой-либо точки линии изобразится тоже синусоидой, но тогда вдоль горизонтальной оси придется указать время.

Таким образом, напряжение и ток с постоянной скоростью распространяются от одного сечения линии к другому с отставанием по фазе, которое тем больше, чем дальше находится данное сечение от предыдущего. Движущаяся волна напряжения создает электрическое поле, а движущаяся волна тока — магнитное поле.

На рис. 40 показаны поперечные и продольные сечения линии с магнитным и электрическим полями. Эти поля представляют собой особый вид материи. Оба поля перемещаются в пространстве между проводами фидера от генератора вдоль линии со скоростью, близкой к скорости света. Электрическое и магнитное поля взаимно перпендикулярны.

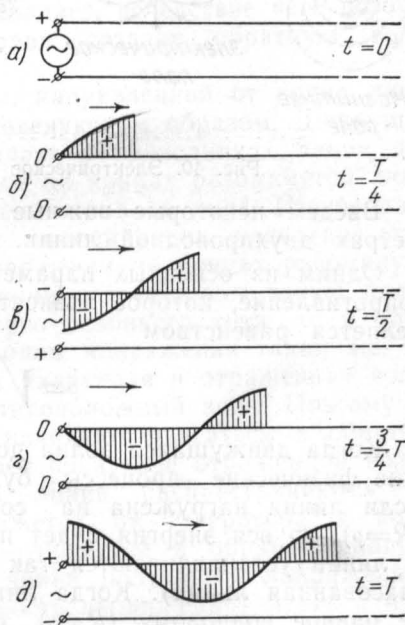


Рис. 39. Бегущая волна в линии

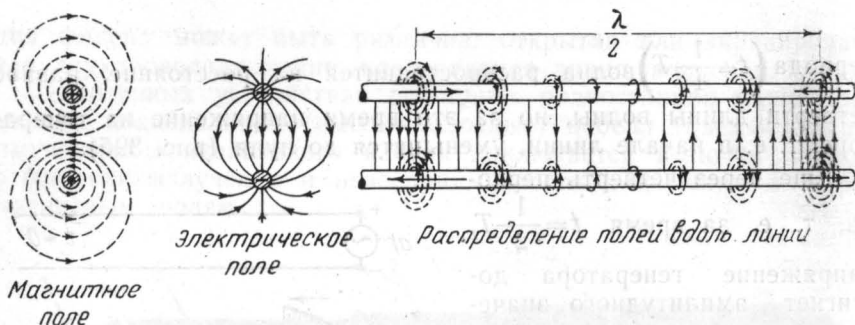


Рис. 40. Электрическое и магнитное поля в линии

Введем некоторые важные понятия об электрических параметрах двухпроводной линии.

Одним из основных параметров линии является ее волновое сопротивление, которое зависит от конструкции линии и определяется равенством

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Когда движущаяся волна достигает конца линии, то дальнейшие физические процессы будут зависеть от нагрузки линии. Если линия нагружена на сопротивление, равное волновому ($R=\rho$), то вся энергия будет поглощаться этим сопротивлением. В линии устанавливаются так называемые бегущие волны (согласованная линия). Когда линия нагружена на сопротивление, не равное волновому ($R \neq \rho$), то часть энергии будет возвращаться от конца линии к генератору. В линии будет иметь место отражение волны (несогласованная линия). Наличие отраженных волн приводит к тому, что не вся энергия выделяется в нагрузку, а поэтому необходимо использовать согласованную нагрузку. Линия оказывает влияние на режим работы генератора. Генератор может отдать наибольшую мощность только в том случае, если его выходное сопротивление будет согласовано с входным сопротивлением линии.

Если линия согласована с генератором и работает в режиме бегущей волны, то потери в ней незначительны и ими зачастую пренебрегают. Иная картина наблюдается в линиях конечной длины с другим нагрузочным сопротивлением. В таких линиях происходит более сложный процесс.

Возможны следующие виды нагрузки линии:

1) линия разомкнута на конце, т. е. когда нагрузочное сопротивление $R=\infty$;

2) линия замкнута на конце, т. е. когда нагрузочное сопротивление $R=0$;

3) линия нагружена на конце на сопротивление $R \neq \rho$.

Рассмотрим для примера случай с разомкнутой линией (нагрузочное сопротивление $R=\infty$).

Когда движущая волна тока достигает конца разомкнутой линии (см. рис. 39), ток резко падает, вследствие чего возбуждается э.д.с. самоиндукции, которая создает обратную волну тока.

Появление отраженной волны, направленной от конца линии к генератору, можно объяснить следующим образом. Движущаяся от генератора волна возбуждает в проводниках линии движение зарядов. Движение зарядов на концах разомкнутой линии прекращается, что означает падение тока до нуля. Резкое падение величины тока создает э.д.с. самоиндукции, появление которой приводит к повышению напряжения на концах разомкнутой линии. Так как э.д.с. самоиндукции всегда имеет такую полярность, что препятствует изменению основного тока, то в конце линии полярность отраженной волны напряжения такая же, как и у падающей волны, тогда как падающая и отраженная волны тока имеют в конце линии противоположный знак. Поэтому заряды, достигнув конца линии, начинают двигаться в обратном направлении, что и обуславливает появление отраженной волны. Таким образом, в разомкнутой линии распространяются две волны: одна — падающая — движется от генератора к концу линии, а другая — отраженная — движется в обратном направлении. На конце разомкнутой линии получается напряжение с максимальной амплитудой (пучность напряжения) и ток с нулевой амплитудой (узел тока).

Пренебрегая потерями в линии, можно считать, что энергия отраженной волны равна энергии падающей волны. В результате сложения двух волн, имеющих одинаковые амплитуды и движущихся навстречу друг другу, в линии возникают так называемые стоячие волны. В линии устанавливается режим, резко отличающийся от режима бегущих волн. В этом случае на конце линии всегда образуется узел тока и пучность напряжения.

На расстоянии $\frac{1}{4}\lambda$ в сторону генератора от конца линии устанавливается узел напряжения и пучность тока, а на расстоянии $\frac{1}{2}\lambda$ — пучность напряжения и узел тока и т. д. Иначе говоря, в

линии образуются узлы тока и пучности напряжения в определенных точках. Где ток равен нулю, напряжение максимально,

а там, где напряжение равно нулю, ток — максимален. Эти точки отстоят друг от друга на расстоянии $\frac{1}{4}\lambda$.

При стоячей волне амплитуда напряжения в пучности $U_{\text{пуч}}$ равна удвоенной амплитуде напряжения бегущей волны $2U_{\text{м}}$, а амплитуда тока в пучности $I_{\text{пуч}}$ равна удвоенной амплитуде тока бегущей волны $2I_{\text{м}}$.

Отношение этих величин и есть волновое сопротивление ρ

$$\frac{U_{\text{пуч}}}{I_{\text{пуч}}} = \frac{2U_{\text{м}}}{2I_{\text{м}}} = \rho.$$

Нетрудно проследить за процессами, происходящими в разомкнутой линии при различных соотношениях между ее длиной и длиной волны питающего генератора.

Поскольку входное сопротивление линии всегда равно отношению напряжения к току, то можно доказать, что в зависимости от длины линии ток и напряжение в начале линии могут иметь различные значения. Входное сопротивление линии в этом случае может изменяться в широких пределах.

Для нас представляет особый интерес случай, когда длина линии равна $\frac{1}{4}\lambda$. В линии длиной $l = \frac{1}{4}\lambda$ на зажимах генератора за счет сложения падающей и отраженной волн образуется пучность тока и узел напряжения. Тогда $Z_{\text{вх}} = \frac{U}{I} = 0$. Для генератора получается режим короткого замыкания. Четвертьволновая разомкнутая линия эквивалентна последовательному резонансному контуру с наименьшим и чисто активным сопротивлением. Это свойство четвертьволновой линии используется в полуволновых вибраторах при излучении ими электромагнитной энергии. Заметим, что если длина линии $l = \frac{1}{2}\lambda$, то в начале линии будет пучность напряжения и узел тока. В этом случае $Z_{\text{вх}} = \infty$.

Таким образом, линию можно рассматривать как колебательную систему, способную резонировать на разных волнах.

Допустим, что линия на конце замкнута. Тогда нагрузочное сопротивление $R=0$. Падающая волна полностью отражается, и в линии устанавливаются стоячие волны, как и при разомкнутой линии. На конце короткозамкнутой линии образуется узел напряжения и пучность тока.

При длине линии $l = \frac{1}{4}\lambda$ входное сопротивление $Z_{\text{вх}} = \infty$ и линия эквивалентна параллельному резонансному контуру, а при $l = \frac{1}{2}\lambda$ входное сопротивление $Z_{\text{вх}} = 0$, что эквивалентно последовательному колебательному контуру.

Если линия замкнута на комплексную нагрузку (с активной и реактивной составляющими) или на активное сопротивление, не равное волновому, то в линии существуют бегущие и стоячие волны. В этом случае часть энергии подающей волны поглощается в нагрузке (что соответствует бегущей волне), а другая часть отражается к генератору (что соответствует стоячей волне).

Из рассмотренных случаев видно, что в линиях передачи (фидерные линии) в зависимости от нагрузочного сопротивления могут существовать бегущие, стоячие или смешанные волны.

Наличие стоячих волн в фидерных линиях создает ряд вредных последствий. Линия со стоячей волной* должна быть строго определенной длины, равной целому числу (четному или нечетному) четвертей волны. Потери энергии в них выше, а к. п. д. ниже, чем у линий с бегущей волной. Поэтому линии со стоячей волной на практике не применяются.

Фидерные линии, работающие в режиме бегущей волны, имеют ряд существенных преимуществ. Потери энергии в них меньше и поэтому к. п. д. выше. Напряжение и ток в линии с бегущей волной меньше, чем при стоячих волнах. В этом режиме генератор нагружен на постоянное и чисто активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии, не зависящему от ее длины. Фидерная линия, соединяющая, например, передатчик с антенной, передает в режиме бегущих волн почти всю энергию, за исключением небольшой ее доли, теряющейся в самой линии. Следовательно, установление режима бегущих волн имеет большое практическое значение.

Чтобы установить режим бегущих волн, необходимо согласовать линию с нагрузкой (антенной) и генератором. Согласование генератора (например, передатчика) с линией (фидером) достигается за счет того, что входное сопротивление нагруженной линии (собственно фидера и антенны) делается чисто активным, численно равным внутреннему сопротивлению генератора. Согласование линии (фидера) с нагрузкой (антенной) достигается за счет того, что входное сопротивление антенны делается чисто активным, численно равным волновому сопротивлению линии.

Волновое сопротивление линий в зависимости от их конструкции составляет 50—600 ом. На радиостанциях пожарной охраны применяются в основном коаксиальные кабели с волновым сопротивлением от 50 до 80 ом.

Антенны представляют собой систему проводников, предназначенных для излучения или улавливания электромагнитных волн.

Всякую антенну можно представить как открытый колебательный контур, настроенный на заданную длину волны. Если в обычном (замкнутом) колебательном контуре поля сконцентрированы отдельно (электрическое — в конденсаторе, а магнитное — в катушке индуктивности), то в открытом они сосредоточены в одном объеме пространства.

Переход от замкнутого контура (рис. 41) к открытому можно представить следующим образом. Раздвинув обкладки конденсатора колебательного контура (см. рис. 41б и в) и развернув соединительные проводники в прямую линию (рис. 41г), можно перейти к открытому контуру, т. е. антенне. Этот прямолинейный проводник обладает распределенными по длине собственной индуктивностью и собственной емкостью и поэтому его можно представить как своеобразный колебательный контур, в котором происходят свободные электрические колебания. Такая антенна отличается геометрической симметрией и поэтому ее называют симметричной антенной или симметричным вибратором, или просто диполем.

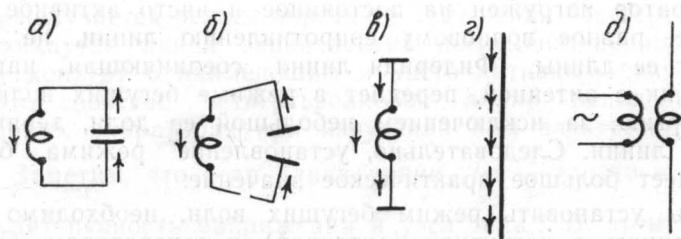


Рис. 41. Переход от замкнутого колебательного контура к антенне

Симметричный вибратор является основной частью многих антенн, работающих в диапазоне коротких и ультракоротких волн.

Рассмотрим процесс свободных электрических колебаний в симметричном вибраторе.

На рис. 42а к средней части вибратора подключен источник постоянного тока. После того, как оба провода зарядятся разноименными зарядами (аналогично обкладкам конденсатора), отключим источник питания и соединим обе половины вместе (рис. 42б). В начальный момент содинения проводников, когда еще тока нет, напряжение имеет наибольшее значение. Вся энергия заряженных проводников вибратора сосредоточена в

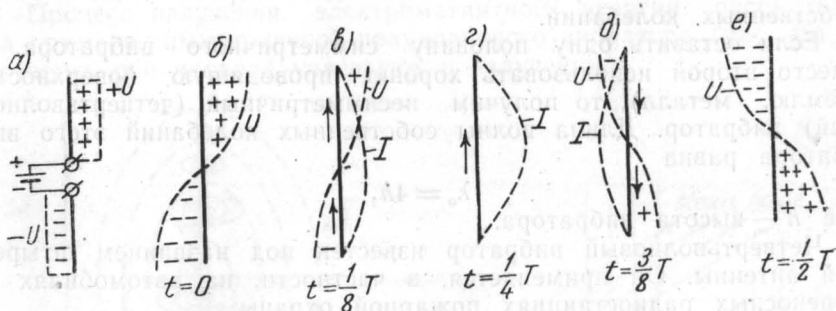


Рис. 42. Распределение тока и напряжения в различные моменты времени в антенне типа полуволновый вибратор

электрическом поле. При этом разность потенциалов между точками, равно удаленными от середины вибратора, тем больше, чем дальше эти точки от середины. Разность потенциалов в середине замкнутых проводников вибратора равна нулю. За время от начала замыкания напряжение уменьшится, вследствие чего возникнет ток (рис. 42в). Через четверть периода от начала замыкания ток достигнет наибольшей величины, а напряжение будет равным нулю (рис. 42г). В этот момент энергия сосредоточена в магнитном поле. После этого ток должен уменьшиться и, следовательно, магнитное поле начнет исчезать. Силовые линии исчезающего магнитного поля наводят в проводе э.д.с., стремящуюся поддержать уменьшающийся ток. Поэтому ток внезапно не прекратится, а начнет постепенно перезаряжать вибратор обратной полярностью (рис. 42д). Когда пройдет полпериода от начала замыкания, ток уменьшится до нуля, а напряжение возрастет до максимума (рис. 42е). В этот момент энергия сосредоточена в электрическом поле. После этого процесс повторится вновь, но в обратном направлении.

В рассматриваемом случае вибратор не получает энергии извне, поэтому запасенная при заряде энергия постепенно израсходуется и колебания затухнут. Однако в течение некоторого времени в вибраторе существуют свободные электрические

колебания. При этом в нем устанавливаются стоячие волны тока и напряжения. На всей длине вибратора укладывается половина стоячей волны тока и половина стоячей волны напряжения.

Длина волны λ_0 собственных колебаний симметричного вибратора вдвое больше его погонной длины

$$\lambda_0 = 2l.$$

Поэтому симметричный вибратор называют также полуволновым диполем, подчеркивая, что он вдвое короче длины волны собственных колебаний.

Если оставить одну половину симметричного вибратора, а вместо второй использовать хорошо проводящую поверхность (землю, металл), то получим несимметричный (четвертьволновый) вибратор. Длина волны собственных колебаний этого вибратора равна

$$\lambda_0 = 4h,$$

где h — высота вибратора.

Четвертьволновый вибратор известен под названием штыревой антенны. Он применяется, в частности, на автомобилях и переносных радиостанциях пожарной охраны.

Способы соединения полуволнового и четвертьволнового вибраторов с генератором показаны на рис. 43. При питании от генератора распределение тока и напряжения вдоль вибраторов показано на рис. 44.

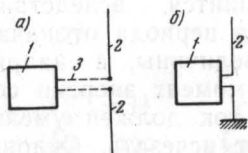


Рис. 43. Способы подключения вибраторов к приемо-передатчику

a — полуволнового; $б$ — четвертьволнового;
1 — приемо-передатчик; 2 — четвертьволновые вибраторы; 3 — коаксиальный кабель

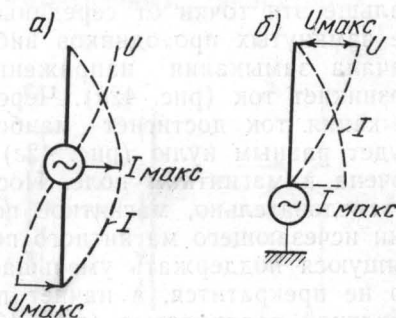


Рис. 44. Распределение тока и напряжения в вибраторах

a — в полуволновом; $б$ — в четвертьволновом

Передатчик может излучать всю энергию только в том случае, если собственная частота вибратора равна частоте колебаний передатчика. Настройка антенны в резонанс с передатчиком достигается путем подбора определенной длины вибраторов или же

путем искусственного их «удлинения» или «укорочения». Последовательное включение с вибратором индуктивности эквивалентно удлинению его собственной длины волны. Конденсатор, включенный последовательно с вибратором, укорачивает его собственную длину волны.

Излучение и прием радиоволн

Процесс излучения электромагнитной энергии рассмотрим на примере симметричного полуволнового вибратора (рис. 45), у которого оба провода участвуют в излучении.

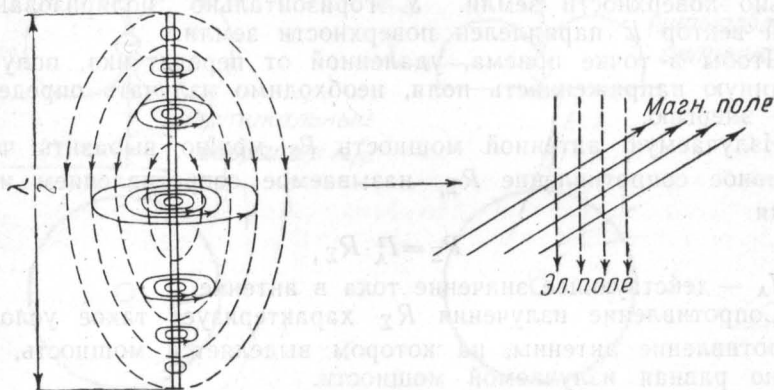


Рис. 45. Электромагнитное поле около вибратора и на значительном удалении от него

При питании от генератора высокой частоты вокруг вибратора возникают переменные электрические и магнитные поля.

Переменное электрическое поле создает в новых, более удаленных точках магнитное поле, изменение которого приводит к возникновению электрического поля в еще более удаленных точках и т. д.

В свою очередь, магнитное поле вибратора создает в пространстве электрическое поле, а последнее в еще более удаленных точках наводит магнитное поле и т. д.

Таким образом, изменяющиеся поля охватывают все большие области пространства, распространяясь со скоростью света ($c = 3 \cdot 10^8$ м/сек). Электромагнитные поля, распространяющиеся в определенных направлениях, называют электромагнитными волнами, или радиоволнами.

Пространство, в котором электромагнитное поле уже не связано с антенной (вибратором), называется полем излучения.

По мере удаления от антенны поле заполняет все большее пространство, вследствие чего его напряженность уменьшается.

Электрическое поле E и магнитное поле H в любой точке пространства направлены взаимно-перпендикулярно и перпендикулярно направлению движения волны.

Различают вертикально и горизонтально поляризованные волны. Вертикально поляризованные волны образуются антеннами, расположенными перпендикулярно к поверхности земли. У таких антенн вектор напряженности электрического поля E перпендикулярен поверхности земли. Горизонтально поляризованные волны образуются антеннами, расположенными параллельно поверхности земли. У горизонтально поляризованных волн вектор E параллелен поверхности земли.

Чтобы в точке приема, удаленной от передатчика, получить заданную напряженность поля, необходимо излучать определенную энергию.

Излучаемую антенной мощность P_{Σ} можно выразить через активное сопротивление R_{Σ} , называемое сопротивлением излучения

$$P_{\Sigma} = I_A^2 \cdot R_{\Sigma},$$

где I_A — действующее значение тока в антенне.

Сопротивление излучения R_{Σ} характеризует такое условное сопротивление антенны, на котором выделяется мощность, численно равная излучаемой мощности.

Сопротивление излучения симметрично полуволнового вибратора равно 73 ом, а четвертьволнового заземленного вибратора около 36 ом.

Отношение излучаемой мощности P_{Σ} к полной мощности P_A , сосредоточенной в антенне, называют коэффициентом полезного действия антенны

$$\eta_A = \frac{P_{\Sigma}}{P_A} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + P_n} = \frac{R_{\Sigma}}{R_A},$$

где $P_n = I_A^2 \cdot R_n$ — мощность, теряемая в проводах антенны, в фидере и в окружающих предметах;

R_n — полное сопротивление потерь.

Величина к. п. д. полуволнового вибратора достигает 0,9 и выше.

Всякая антенна обладает направленностью излучения. Для оценки излучения в различных направлениях от антенны пользуются так называемыми характеристиками излучения или диаграммами направленности в разных плоскостях.

Диаграммой направленности антенны называется диаграмма, на которой графически представлена величина излучаемой мощности в разных направлениях. В практике бывает важно знать излучение в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной.

На рис. 46 изображены диаграммы направленности полуволнового и четвертьволнового вибраторов, расположенных перпендикулярно относительно поверхности земли.

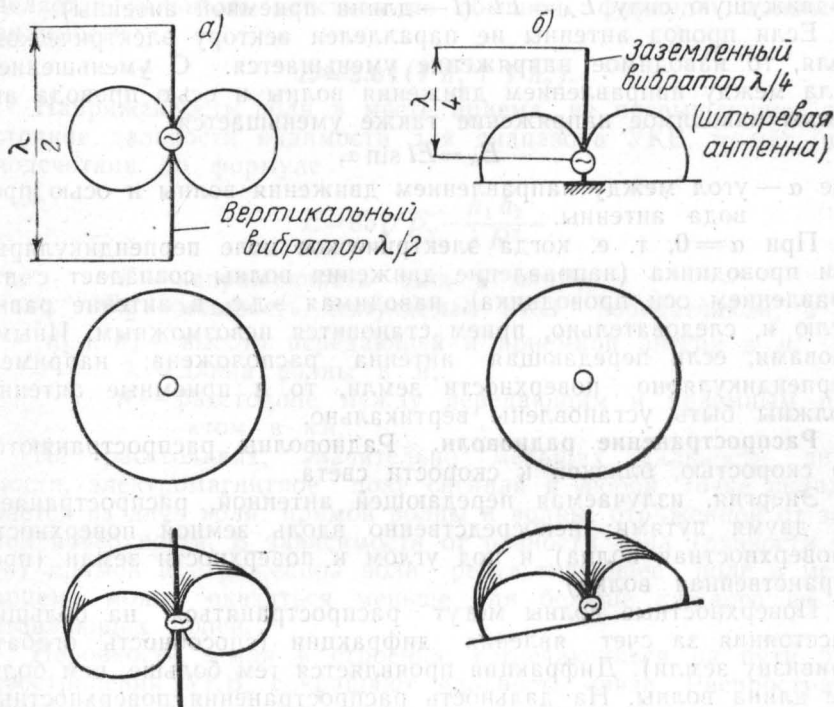


Рис. 46. Диаграммы направленности излучения в вертикально расположенных вибраторах

а — полуволнового; б — четвертьволнового (заземленного)

Здесь изображены диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Внизу дана пространственная диаграмма излучения. Из этих диаграмм видно, что вертикально расположенные вибраторы излучают энергию в горизонтальной плоскости одинаково, а вдоль провода антенны (в вертикальной плоскости) излучение отсутствует. Эти диаграммы, однако, не

учитывают отражающего влияния земной поверхности и других предметов, близко расположенных к антенне.

Благодаря свойству обратимости антенн диаграммы направленности излучения остаются в силе и при использовании антенны для приема.

Приемная антенна может работать эффективно, если она расположена параллельно вектору электрического поля волны. Приходящая волна напряженностью E наводит в антенне электродвижущую силу $E_A = El$ (l — длина приемной антенны).

Если провод антенны не параллелен вектору электрического поля, то наводимое напряжение уменьшается. С уменьшением угла между направлением движения волны и осью провода антенны наводимое напряжение также уменьшается

$$E_A = El \sin \alpha,$$

где α — угол между направлением движения волны и осью провода антенны.

При $\alpha = 0$, т. е. когда электрическое поле перпендикулярно оси проводника (направление движения волны совпадает с направлением оси проводника), наводимая э.д.с. в антенне равна нулю и, следовательно, прием становится невозможным. Иными словами, если передающая антенна расположена, например, перпендикулярно поверхности земли, то и приемные антенны должны быть установлены вертикально.

Распространение радиоволн. Радиоволны распространяются со скоростью, близкой к скорости света.

Энергия, излучаемая передающей антенной, распространяется двумя путями: непосредственно вдоль земной поверхности (поверхностная волна) и под углом к поверхности земли (пространственная волна).

Поверхностные волны могут распространяться на большие расстояния за счет явления дифракции (способность огибать кривизну земли). Дифракция проявляется тем больше, чем больше длина волны. На дальность распространения поверхностных волн влияют состав почвы и рельеф местности. Земля, являясь полупроводящей средой, значительно поглощает энергию поверхностных волн и поэтому по мере удаления от передающей радиостанции напряженность электромагнитного поля постепенно убывает. При распространении радиоволн над поверхностью воды потери энергии уменьшаются. Объясняется это тем, что вода обладает лучшей проводимостью (меньше сопротивление), чем земля.

Пространственные волны (главным образом короткие), излучаемые под углом возвышения к земной поверхности более 5° , достигнув ионизированных слоев атмосферы, способны отра-

жаться, благодаря чему создаются условия для осуществления радиосвязи на очень большие расстояния.

Волны короче 10 м не отражаются ионосферой, а проходят через нее в космос. Дифракция волн этого диапазона очень слабая. Поэтому волны короче 10 м применяются в основном для связи в пределах дальности видимости. Дальность действия радиостанций, работающих в диапазоне УКВ, можно увеличить за счет высоты поднятия передающей и приемной антенн. Определяется дальность действия по обычной формуле дальности видимости

$$D=3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}).$$

Напряженность поля в месте приема, не превышающем расстояние дальности видимости для диапазона УКВ, может быть подсчитана по формуле

$$E=85\sqrt{P_{\Sigma}}\frac{h_1 h_2}{\lambda R^2}.$$

где E — напряженность поля в мкв/м;
 P_{Σ} — мощность, излучаемая УКВ передатчиком, в вт;
 h_1 и h_2 — высота передающей и приемной антенн в м;
 λ — длина волны в м;
 R — расстояние между передающим и приемным пунктом в км.

На расстояниях, значительно меньших дальности видимости, электромагнитное поле сигнала в любой точке складывается из двух волн: прямой волны и волны, отраженной от земной поверхности. В зависимости от разности хода (разности пути) прямой и отраженной волн результирующее поле в месте приема может оказаться меньше или больше каждого из составляющих полей.

Неровности земли и строения, встречающиеся на пути распространения УКВ, сокращают дальность связи. Распространение УКВ в городах сопряжено со сложными процессами интерференции волн, претерпевающих многократное отражение от построек и сооружений, в результате чего поле в месте приема становится неустойчивым.

В целях получения устойчивой связи необходимо УКВ антенны поднимать возможно выше уровня крыш основных строений.

Применение УКВ имеет ряд преимуществ:

возможна одновременная работа большого количества радиостанций без взаимных помех;

меньше сказываются атмосферные и промышленные помехи, при этом чем короче волна, тем меньше влияние помех;

состояние ионосферы не влияет на связь;
возможно применение направленных антенн при сравнительно малых им геометрических размерах.

§ 6. РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Приемная антенна, радиоприемник и конечный аппарат в своем сочетании образуют радиоприемное устройство. Собственно радиоприемник предназначен для выделения из антенны полезного сигнала, его усиления, преобразования и воспроизведения оконечным устройством (телефон, громкоговоритель) принятого сигнала.

Качество радиоприемника характеризуется следующими показателями: чувствительностью, избирательностью, диапазоном принимаемых частот (волн), выходной мощностью и др.

Чувствительность есть способность приемника принимать слабые сигналы. Чувствительность измеряется минимальной величиной э.д.с. в микровольтах (*мкв*), подведенной на вход приемника, при которой на его выходе выделяется нормальная мощность. Чем меньше входное напряжение, необходимое для нормального приема, тем выше чувствительность приемника. У современных приемников чувствительность бывает от нескольких микровольт до нескольких милливольт и зависит от качества и количества ступеней усиления.

Избирательность (селективность) есть способность приемника выделять полезный сигнал из совокупности радиочастот, поступающих от антенны. В современных условиях радиостанции работают на весьма близких друг от друга волнах, поэтому приемник должен обладать способностью отстраиваться от мешающей станции, работающей в соседнем канале. Частотная избирательность достигается резонансными системами в каскадах приемника.

Диапазон принимаемых частот приемника определяется его целевым назначением. В приемниках используют диапазоны от длинных волн (тысячи метров) до ультракоротких волн, измеряемых сантиметрами и миллиметрами. В приемниках радиостанций, применяемых в пожарной охране, используют узкие диапазоны частот или фиксированные две-три частоты.

Выходная мощность приемника характеризуется той максимальной мощностью, которая может быть получена на его выходе при заданной величине нелинейных искажений.

Кроме того, к приемникам предъявляют требования устойчивости и надежности в работе, экономичности в потреблении

энергии, удобства и простоты управления, доступности монтажа на случай ремонта и т. д.

Радиоприемники делятся в основном на два типа: приемники прямого усиления и приемники супергетеродинного типа.

Радиоприемник, в котором частота колебаний, поступивших от антенны, остается постоянной вплоть до детектора, называется приемником прямого усиления. На рис. 47 показана блок-схема приемника прямого усиления.

Колебания из антенны поступают во входное устройство приемника, представляющее собой колебательный контур, связанный с антенной. Входной контур настраивается на частоту принимаемого сигнала, т. е. выделяет из многих радиосигналов, поступающих в антенну, сигнал нужной радиостанции.

После входного устройства колебания поступают к усилителю напряжения высокой частоты, состоящему обычно из электронной лампы и колебательного контура, настраиваемого в резонанс с частотой приходящего из антенны сигнала. Усилитель высокой частоты дает значительное усиление и повышение

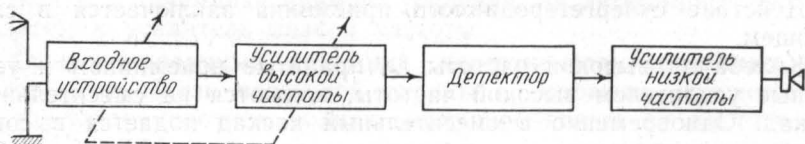


Рис. 47. Блок-схема приемника прямого усиления

избирательности. Затем колебания высокой частоты попадают в детекторный каскад, где выделяются колебания низкой (звуковой) частоты. После детектора эти колебания поступают в усилитель низкой частоты, а потом попадают на громкоговоритель. В приемниках прямого усиления обычно не более двух ступеней усиления по высокой и низкой частотам.

Существенным недостатком приемника прямого усиления является его низкая избирательность и чувствительность. Увеличивая число ступеней усиления высокой частоты, можно повысить избирательность и чувствительность, однако при этом настройка приемника с одной волны на другую должна сопровождаться перестройкой всех контуров, каждый из которых снабжается конденсатором переменной емкости. Увеличение числа конденсаторов переменной емкости повышает стоимость и габариты приемника. Приемники прямого усиления, кроме того, склонны к самовозбуждению. Поэтому в настоящее время в основном применяются приемники супергетеродинного типа, по-

звolyающие получить большее усиление и большую избирательность при сравнительно небольших габаритах.

Блок-схема приемника супергетеродинного типа (рис. 48) отличается от схемы приемника прямого усиления тем, что в ней содержатся преобразователь (гетеродин и смеситель) и усилитель промежуточной частоты. В этом случае усиление до детектора происходит по меньшей мере на двух различных частотах: на частоте принимаемой станции и на так называемой промежуточной частоте.

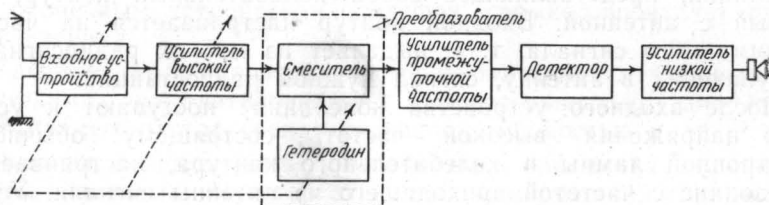


Рис. 48. Блок-схема приемника супергетеродинного типа

Действие супергетеродинного приемника заключается в следующем.

Колебания высокой частоты f_c , принятые приемником и усиленные усилителем высокой частоты, подаются на смесительный каскад. Одновременно в смесительный каскад подается высокочастотное напряжение от гетеродина, с другой частотой f_r . В результате воздействия напряжений двух различных частот f_c и f_r на лампу смесителя возникают биения с частотой, равной разности частот подведенных колебаний, т. е. $f_{пр} = f_r - f_c$. Частота колебаний, выделяемая смесителем, называется промежуточной частотой $f_{пр}$. Промежуточная частота для данного типа приемника постоянна. При переходе с одной принимаемой частоты на другую перестраиваются не только высокочастотные контуры входного устройства и усилителя высокой частоты, но и колебательный контур гетеродина.

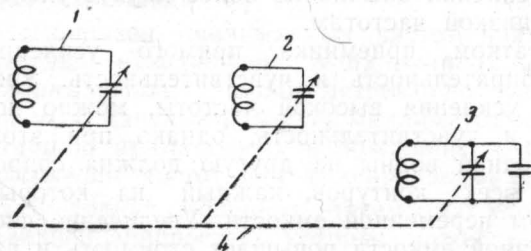


Рис. 49. Схема контуров для сопряженной настройки

1—контур входного устройства; 2—контур усиления высокой частоты; 3—контур местного гетеродина; 4—ось конденсаторов переменной емкости для сопряженной настройки

Конденсаторы этих контуров имеют общую ось всех роторов для одновременной настройки (рис. 49), благодаря чему дости-

гаются неизменность разностной частоты $f_{\text{пр}}$. В схеме контура гетеродина взята катушка с меньшей индуктивностью, вследствие чего частота гетеродина выше частоты входного устройства и усилителя высокой частоты на величину $f_{\text{пр}}$.

Выделенные смесителем колебания промежуточной частоты подаются на резонансный усилитель (усилитель промежуточной частоты), настроенный на фиксированную частоту. Применение постоянной для данного приемника частоты дает возможность использовать в усилителе промежуточной частоты контуры с фиксированной настройкой без конденсаторов переменной емкости. В качестве анодной нагрузки в усилителях промежуточной частоты используется не одиночный контур, а так называемый полосовой фильтр, состоящий из двух контуров, имеющих сильную индуктивную или емкостную связь. Оба контура фильтра настраиваются в резонанс на промежуточную частоту. Полоса пропускания приемника определяется параметрами этих контуров.

После усилителя промежуточной частоты колебания подаются, как и в приемнике прямого усиления, на детекторный каскад, а затем в усилитель низкой частоты.

Супергетеродинный приемник частотно-модулированных сигналов. Радиосвязь пожарной охраны в основном осуществляется на ультракоротких волнах, модулированных по частоте, по-

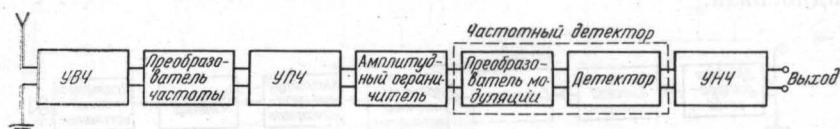


Рис. 50. Блок-схема приемника частотно-модулированных сигналов

этому приемники радиостанций рассчитаны на прием частотно-модулированных сигналов. В отличие от рассмотренной выше блок-схемы приемника амплитудно-модулированных сигналов, в приемнике частотно-модулированных сигналов содержится амплитудный ограничитель и частотный детектор. Эти каскады устанавливаются (рис. 50) вместо детектора, т. е. между выходом усилителя промежуточной частоты и входом усилителя низкой частоты. Остальные каскады приемника частотно-модулированных сигналов такие же, как и в обычном супергетеродинном приемнике.

Амплитудный ограничитель обеспечивает постоянство амплитуды выходного напряжения при подаче на его вход напряжения с различной амплитудой. Как уже отмечалось, частотно-

модулированные колебания имеют постоянную амплитуду, однако под влиянием различных помех их амплитуда может изменяться.

Для устранения паразитной амплитудной модуляции, вызванной помехами, в приемниках частотно-модулированных сигналов применяют амплитудные ограничители.

Детектирование частотно-модулированных сигналов может производиться путем их преобразования в амплитудно-модулированные колебания той же частоты с последующим детектированием, как и в случае амплитудно-модулированных колебаний. При этом в качестве преобразователя вида модуляции может быть использован колебательный контур, несколько расстроенный относительно промежуточной частоты приемника. В качестве более совершенного частотного детектора применяются так называемые дискриминаторы, построенные по специальным схемам.

Приемники с автоматической подстройкой частоты. Новейшие радиостанции пожарной охраны содержат приемники с автоматической подстройкой частоты (АПЧ). Система АПЧ позволяет устранить расстройку приемника, вызванную нестабильностью работы местного гетеродина и другими причинами. Приемник с АПЧ дает возможность осуществлять беспереходную и бесподстроечную связь, благодаря чему резко повышается надежность радиосвязи.



Рис. 51. Блок-схема супергетеродинного приемника с автоматической подстройкой частоты

Блок-схема супергетеродинного приемника с автоматической подстройкой частоты изображена на рис. 51.

Автоматическая подстройка частоты осуществляется следующим образом. Если разность частот гетеродина и сигнала не равна промежуточной частоте, на которую настроен резонансный контур дискриминатора, то на выходе дискриминатора появляется постоянное напряжение, величина которого пропорциональна расстройке, а знак соответствует направлению ухода частоты. Это напряжение подается на «реактивную» лампу, воз-

действующую на частоту гетеродина. Частота гетеродина возрастает или уменьшается в зависимости от того, в какую сторону она ушла. В результате разность частот гетеродина и принимаемого сигнала приближается к промежуточной частоте. Следует отметить, что в условиях большого уровня помех система АПЧ может ухудшить качество приема и поэтому ее выключают специальным тумблером.

Рассмотрим действие отдельных каскадов приемников.

Входное устройство, или входные цепи, приемника предназначено для передачи энергии электромагнитной волны, наведенной в антенне, на вход первой лампы приемника. Входные устройства содержат колебательный контур (рис. 52) или систему колебательных контуров. Входное устройство должно создавать на входе первого каскада приемника неискаженное и возможно большее напряжение полезного сигнала и отфильтровывать напряжения частот, поступающих из антенны от других радиостанций или от помех.

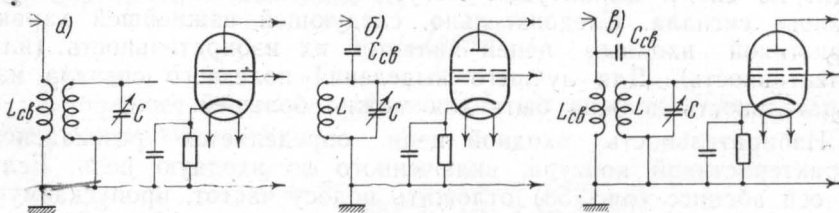


Рис. 52. Входные цепи приемников

а—индуктивная связь с антенной; *б*—емкостная связь с антенной; *в*—индуктивно-емкостная связь с антенной

При перестройке приемника с одной волны на другую входная цепь должна перестраиваться. В этих целях контур снабжается конденсатором переменной емкости.

Наиболее распространенным входным устройством является схема индуктивной связи антенны с контуром LC (рис. 52а).

В этой схеме контур LC настраивается в резонанс с частотой полезного сигнала. На рис. 52б изображена схема емкостной связи антенны с контуром входного устройства через конденсатор $C_{св}$. Величина емкости конденсатора $C_{св}$ принимается весьма малой (5—50 пф) для того, чтобы цепь антенны меньше влияла на контур входного устройства. Схема индуктивно-емкостной связи (рис. 52в) позволяет добиться того, что с изменением ра-

бочей частоты принимаемого сигнала коэффициент передачи напряжения почти не изменяется.

Основной характеристикой входной цепи является коэффициент передачи напряжения $K_{\text{вх.ц.}}$, выражающий отношение напряжения, полученного на выходе контура U , к электродвижущей силе, наведенной в антенне E_A

$$K_{\text{вх.ц.}} = \frac{U}{E_A}.$$

В целях повышения чувствительности приемника желательно, чтобы коэффициент передачи напряжения был возможно больше. Поскольку большинство приемников работают в широком диапазоне частот, то входные цепи должны позволять перестройку на любую частоту заданного диапазона, а следовательно, коэффициент передачи напряжения при перестройке должен изменяться лишь в допустимых пределах.

Наряду с полезным сигналом в антенне возникают э.д.с. других частот от многих радиостанций и помех, причем эти э.д.с. по своим амплитудам могут превосходить амплитуду полезного сигнала. Следовательно, следующей важнейшей характеристикой входных цепей является их избирательность (или селективность). Для лучшего выделения полезного сигнала избирательность должна быть как можно большей.

Избирательность входной цепи определяется резонансной характеристикой контура, включенного во входную цепь. Если по оси абсцисс (рис. 53) отложить полосу частот, пропускаемую

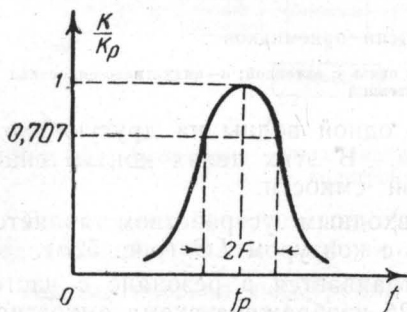


Рис. 53. Резонансная кривая входной цепи радиоприемника

контуром входной цепи, а по оси ординат отложить отношение коэффициента K (при перестройке) к коэффициенту K_p (при резонансе), то кривая зависимости отношения $\frac{K}{K_p}$ от частоты будет характеризовать избирательность входной цепи приемника. Чем острее эта кривая, тем выше избирательность. Избирательность, в свою очередь, определяется добротностью контура, зависящей от его параметров. Чем меньше активное сопротивление контура R и больше индуктивное $\omega_p L$, тем выше добротность Q

$$Q = \frac{\omega_n L}{R}.$$

Для неискаженной передачи необходимо, чтобы контур был рассчитан на пропускание не только несущей частоты, но и удвоенной полосы модулирующих звуковых частот $2F$. Поэтому входная цепь приемника рассчитывается так, чтобы для крайних частот полосы пропускания соблюдалось условие

$$\frac{K}{K_p} \geq 0,707.$$

Настройку приемника в заданном диапазоне можно осуществлять путем изменения индуктивности катушки или емкости конденсатора контура. Обычно ее производят с помощью конденсаторов переменной емкости. При этом необходимо, чтобы контур входной цепи настраивался на любую частоту заданного диапазона, т. е. перекрывал заданный диапазон частот.

Величина, показывающая отношение максимальной частоты заданного диапазона к минимальной, называется коэффициентом перекрытия диапазона K_d

$$K_d = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}.$$

Наибольшее значение собственной частоты контура входной цепи приемника равно:

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_{\min} + C_{сх})}},$$

а наименьшее

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_{\max} + C_{сх})}},$$

где $C_{сх}$ — начальная емкость монтажных цепей (провода, лампы и др.).

Следовательно, коэффициент перекрытия диапазона, выраженный через емкость контура, равен

$$K_d = \sqrt{\frac{C_{\max} + C_{сх}}{C_{\min} + C_{сх}}}.$$

Усилители высокой частоты предназначены для повышения напряжения сигнала, выделенного входным контуром приемника. Кроме того, усилители высокой частоты повышают избирательность приемника. Эти усилители могут иметь один или несколько каскадов усиления. Каскад высокочастотного усилителя обычно содержит усилительную лампу с колебательным конту-

ром в анодной цепи лампы, настраиваемым на частоту полезного сигнала (рис. 54).

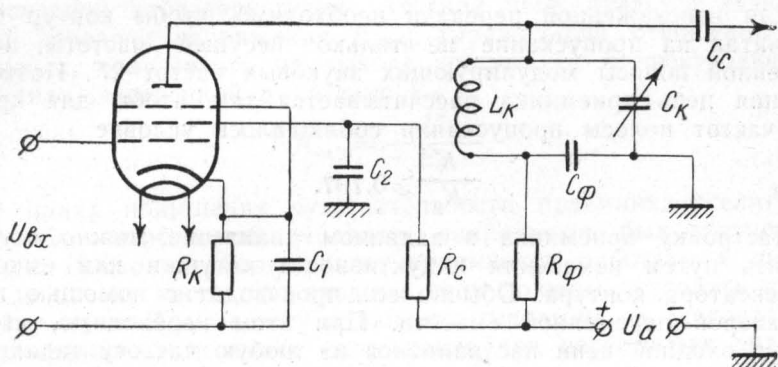


Рис. 54. Усилитель высокой частоты с контуром в анодной цепи

Напряжение высокой частоты от входного устройства поступает на электроды сетка-катод лампы усилителя. Напряжение U_{BX} воздействует на управляющую сетку высокочастотного пентода, вследствие чего анодный ток лампы изменяется. При настройке контура $L_K C_K$ в резонанс с частотой входящего сигнала переменная составляющая анодного тока создает на контуре значительно усиленное переменное напряжение, которое через конденсатор C_C передается на вход следующего каскада приемника. Эквивалентное сопротивление контура $L_K C_K$ при резонансе велико и носит чисто активный характер.

Если на сетку лампы одновременно действуют напряжения других частот, то сопротивление контура для них мало и в контуре возникают незначительные колебания.

Коэффициент усиления каскада можно определить по формуле

$$k = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a}.$$

Если в этой формуле R_a заменить эквивалентным сопротивлением параллельного контура R_{oe} , то получим

$$k = \mu \frac{R_{oe}}{R_i + R_{oe}}.$$

Если учесть, что внутреннее сопротивление пентода R_i обычно выше 0,5 мом, а резонансное сопротивление контура R_{oe} составляет десятки тысяч ом, то в последней формуле можно пре-

небрежь вторым членом знаменателя. Тогда отношение

$$\frac{\nu}{R_i}$$

есть крутизна характеристики лампы S .

Следовательно, $k = S \cdot R_{oe}$.

Таким образом, для получения большого коэффициента усиления необходимо применять лампы с большой крутизной характеристики, а контур с высоким резонансным сопротивлением.

Преобразователь частоты. После усилителя высокой частоты напряжение полезного сигнала подается в преобразователь частоты, который состоит из смесителя и гетеродина. Преобразователь изменяет (преобразует) несущую частоту принятого сигнала в другую более низкую частоту, называемую промежуточной частотой f_{np} . Преобразование частоты основано на использовании явления биений двух колебаний различных частот.

Применяются различные схемы преобразователей частоты. Простейшая схема, поясняющая принцип преобразования частоты, изображена на рис. 55.

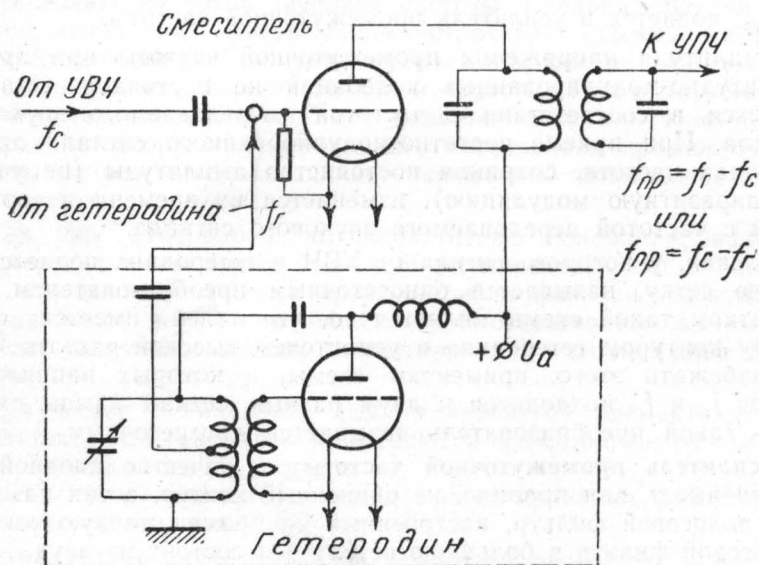


Рис. 55. Схема односеточного преобразователя частоты

На управляющую сетку смесителя подается напряжение высокой частоты f_c от усилителя высокой частоты УВЧ. Одновременно

менно на сетку поступает высокочастотное напряжение f_g от гетеродина, представляющего собой маломощный ламповый генератор с самовозбуждением.

При сложении двух колебаний разных частот возникают новые колебания с другой частотой. Происходит это по следующей причине. Если фаза одного и другого колебаний совпадают, то амплитуда результирующего колебания равна сумме амплитуд отдельных колебаний, а в том случае, когда колебания находятся в противофазе, амплитуда результирующего колебания равна разности амплитуд отдельных колебаний.

Совместное воздействие на сетку смесителя двух источников напряжений с разными частотами приводит к образованию биений. Максимальные значения меняющейся амплитуды повторяются с частотой, равной разности этих частот

$$f_{np} = f_g - f_c.$$

В результате после смесителя выделяются колебания разностной (промежуточной) частоты.

Это напряжение с анодного контура смесителя, настроенного на f_{np} , подается в усилитель промежуточной частоты.

Амплитуда напряжения промежуточной частоты при приеме амплитудно-модулированных колебаний не постоянна. Она изменяется в соответствии с частотой передаваемого звукового сигнала. При приеме частотно-модулированного сигнала промежуточная частота, сохраняя постоянство амплитуды (не учитывая паразитную модуляцию), изменяется во времени в соответствии с частотой передаваемого звукового сигнала.

Каскад, у которого сигнал от УВЧ и гетеродина подается на общую сетку, называется односеточным преобразователем. Недостатком такой схемы является то, что в ней имеется связь между контуром гетеродина и усилителем высокой частоты. Чтобы избежать этого, применяют схемы, в которых напряжения частот f_c и f_g подводятся к двум разным сеткам лампы смесителя. Такой преобразователь называется двухсеточным.

Усилитель промежуточной частоты в качестве анодной нагрузки имеет, как правило, не одиночный контур, а так называемый полосовой фильтр, настроенный на промежуточную частоту. Полосовой фильтр в большинстве случаев состоит из двух — трех контуров с сильной индуктивной связью.

Усиление и избирательность современного приемника обеспечивается, в основном, каскадами усилителя промежуточной частоты. В каскаде промежуточной частоты с двухконтурным

полосовым фильтром первый контур фильтра включается непосредственно в анодную цепь, а второй подключается ко входу следующего каскада. Контуров полосового фильтра имеют большую относительную ширину полосы пропускания частот, чем контур обычного каскада УВЧ.

Промежуточная частота в супергетеродинных приемниках остается постоянной, поэтому фиксированная настройка промежуточных контуров значительно упрощает конструкцию приемника и снижает его стоимость.

Детектирование. Поступающий на вход приемника сигнал представляет собой высокочастотные модулированные колебания. Как уже говорилось, этот сигнал в супергетеродинном приемнике сначала усиливается каскадами УВЧ, затем преобразуется смесителем в более низкую промежуточную частоту и, наконец, напряжение промежуточной частоты усиливается каскадами УПЧ.

Усиливаемое напряжение промежуточной частоты по своей природе все же остается высокочастотным сигналом. Оконечное устройство приемника (громкоговоритель, телефон) может работать только от токов звуковой частоты. Следовательно, в приемнике необходимо иметь такое устройство (каскад), которое бы преобразовывало модулированное напряжение промежуточной частоты в напряжение звуковой частоты. Таким устройством в супергетеродинном приемнике является детектор. При подаче на вход детектора модулированного напряжения промежуточной частоты на его выходе возникает переменное напряжение звуковой частоты.

Как уже отмечалось, высокочастотные колебания, излучаемые передатчиком, могут быть промодулированы или по амплитуде или же по частоте (применяется и фазовая модуляция, которая нами не рассматривается). Соответственно видам модуляции различают и виды детектирования: амплитудное и частотное.

В качестве нелинейного (выпрямляющего) элемента в схемах детекторных каскадов применяются электронные лампы или полупроводниковые приборы.

Рассмотрим вначале принцип детектирования амплитудно-модулированных колебаний.

Амплитудное детектирование. Известно несколько видов амплитудного детектирования посредством электронных ламп: диодное, анодное и сеточное.

Схемы диодного и анодного детектирования изображены на рис. 56.

Сущность детектирования заключается в следующем. Если подать промодулированные колебания на нелинейный элемент (например, ламповый или полупроводниковый диод), то ток в цепи приобретает форму импульсов с амплитудой, пропорциональной интенсивности звукового сигнала.

При диодном детектировании (см. рис. 56а) используется односторонняя проводимость двухэлектродной лампы. От усилителя промежуточной частоты (а в приемнике прямого усиления от УВЧ) колебания подаются на анод и катод через нагрузку R , C . Ток через диод проходит только при положительном знаке на аноде диода, при отрицательном — ток через диод отсутствует. Когда ток проходит через диод, конденсатор C заряжается, а при отсутствии тока — разряжается через сопротивление R . Разрядный ток конденсатора протекает через сопротивление R и создает на нем падение напряжения такой же полярности, что и ток диода. С нагрузочного сопротивления R снимается напряжение звуковой частоты и подается на усилитель низкой частоты.

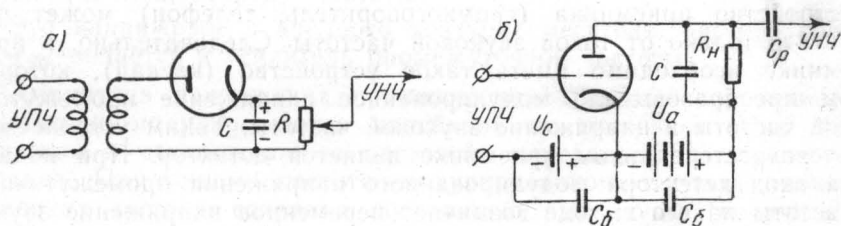


Рис. 56. Схемы диодного и анодного детектирования
а — диодный детектор; б — анодный детектор

Сопротивление нагрузки R должно во много раз превышать внутреннее сопротивление диода (обычно $R > 2 \cdot 10^5$ ом), а емкость конденсатора $C = 50 - 200$ нф.

Если на вход диодного детектора подается модулированное напряжение высокой частоты

$$u_{\text{вх}} = U_0 (1 + m \sin \Omega t) \sin \omega t,$$

а с выхода снимается напряжение звуковой частоты

$$u_{\text{вых}} = U_{\Omega} \cdot \sin \Omega t,$$

то коэффициент передачи напряжения

$$k = \frac{U_{\Omega}}{m U_0}.$$

Чем больше k , тем больше величина полезного напряжения на выходе детектора.

При диодном детектировании усиления колебаний не происходит, коэффициент передачи напряжения меньше 1.

Анодное детектирование (см. рис. 56б) основывается на использовании нелинейной зависимости анодного тока от сеточного напряжения усилительной лампы.

От УВЧ на сетку лампы подается модулированное напряжение высокой частоты U_{ω} и напряжение смещения U_c , величина которого подбирается таким образом, чтобы рабочая точка лампы лежала на нижнем сгибе анодно-сеточной характеристики (рис. 57).

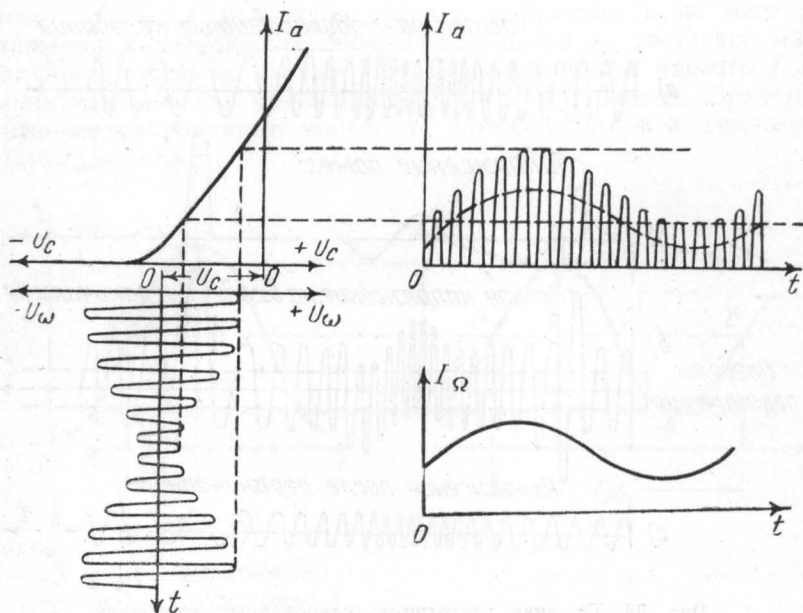


Рис. 57. График токов и напряжений при анодном детектировании

В этом случае положительные полуволны напряжения создают импульсы анодного тока, а отрицательные отсекаются. Конденсатор C пропускает высокочастотную составляющую анодного тока, а сопротивление R_n создает падение напряжения анодного тока. С сопротивления R_n напряжение низкой частоты через разделительный конденсатор C_p подается на усилитель низкой частоты.

Коэффициент передачи напряжения анодного детектора значительно выше, чем у диодного.

Частотное детектирование. Частотно-модулированные колебания характеризуются постоянством амплитуды и меняющейся во времени частотой колебаний (рис. 58а). Однако под влиянием помех (рис. 58б) амплитуда частотно-модулированных колебаний может изменяться (рис. 58в). Для устранения паразитной модуляции перед детекторным каскадом устанавливается ограничитель амплитуд, назначение которого сводится к тому, чтобы уменьшить амплитудную модуляцию и тем самым снизить уровень помех на выходе приемника. Ограничитель обеспечивает постоянство амплитуды выходного напряжения (рис. 58 г).

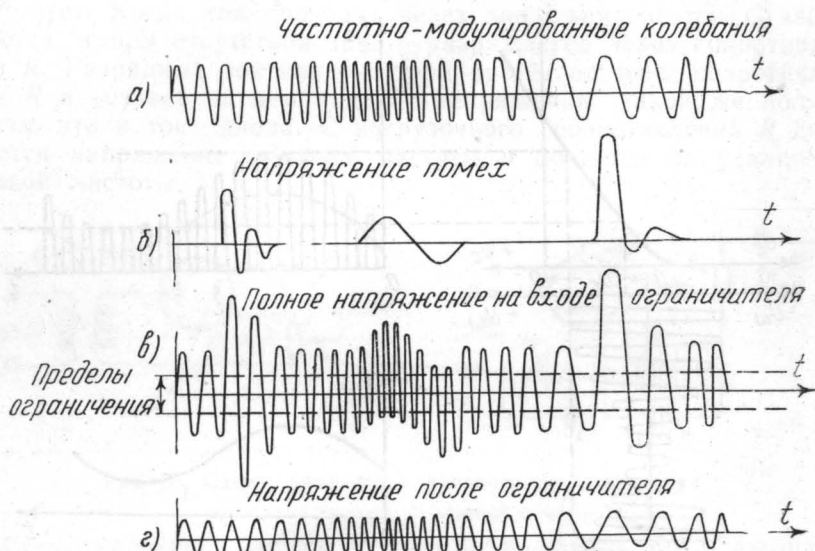


Рис. 58. Графики частотно-модулированных колебаний

В качестве ограничителя амплитуд может быть применен диод, однако чаще используется каскад усилителя промежуточной частоты, поставленный в особый режим (анод и экранирующую сетку питают пониженным напряжением). Каскад УПЧ с пониженным анодным напряжением имеет небольшой участок линейной характеристики лампы и поэтому при больших амплитудах переменного напряжения, поданного на управляющую сетку, в анодной цепи практически сохраняется постоянство амплитуды.

После ограничителя частотно-модулированные колебания подаются на частотный детектор.

Детектирование модулированных по частоте сигналов может производиться двумя способами.

В первом случае частотно-модулированные колебания преобразуют в амплитудно-модулированные, а затем их детектируют обычным порядком, например, диодным детектором. В качестве преобразователя вида модуляции используют колебательный контур, несколько расстроенный относительно промежуточной частоты приемника. На резонансной кривой колебательного контура (рис. 59) рабочая точка B , соответствующая промежуточной частоте $f_{пр}$, выбирается таким образом, чтобы она помещалась на склоне кривой. Как видно из графика, с возрастанием частоты $f_{пр} + \Delta f$ амплитуда сигнала возрастает и по мере приближения к резонансной частоте контура f_p достигает максимального значения (точка C). С уменьшением частоты $f_{пр} - \Delta f$ амплитуда сигнала уменьшается (точка A). Таким образом частотно-модулированные колебания преобразуются в амплитудно-модулированные.

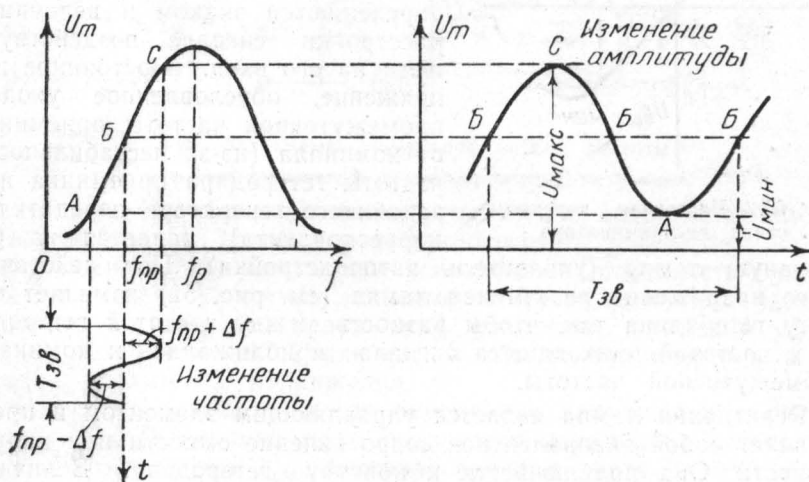


Рис. 59. График преобразования вида модуляции

Во втором случае для детектирования частотно-модулированных колебаний применяют специальные схемы частотных детекторов, называемых иначе дискриминаторами. Обычно схема дискриминатора содержит резонансный контур, настроенный на промежуточную частоту, два выпрямительных диода и фильтр (конденсаторы сопротивления). Действие дискриминатора сводится к следующему. С выхода ограничителя напряжение, мо-

дулированное по частоте, подается на вход дискриминатора. Если частота входного напряжения точно совпадает с резонансной частотой контура, то выходное напряжение, снимаемое с дискриминатора, равно нулю. Если частота входного напряжения уменьшается ($f_{\text{пр}} - \Delta f$), то на выходе дискриминатора появляется напряжение одного знака. При возрастании частоты входного напряжения ($f_{\text{пр}} + \Delta f$) на выходе появляется напряжение другого знака. Величина выходного напряжения пропорциональна отклонению частоты сигнала от резонансной частоты контура. Зависимость выходного напряжения от частоты сигнала показана на рис. 60.

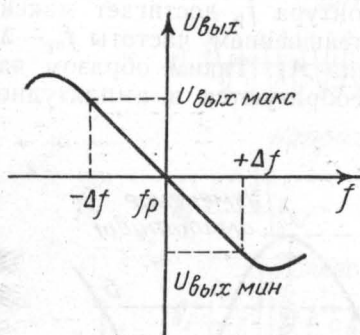


Рис. 60. Частотная характеристика дискриминатора

активную лампу (управитель автоподстройки). Под действием этого напряжения реактивная лампа (см. рис. 51) изменяет частоту гетеродина так, чтобы разность между частотой гетеродина и частотой приходящего сигнала приближалась к номиналу промежуточной частоты.

Реактивная лампа является управляющим элементом и представляет собой эквивалентное сопротивление емкости или индуктивности. Она подключается к контуру гетеродина. Величина реактивности зависит от крутизны характеристики лампы. При изменении напряжения, поступающего от дискриминатора на сетку реактивной лампы, изменяется ее реактивное сопротивление.

В приемниках без системы автоматической подстройки частоты с выхода дискриминатора снимают только звуковое напряжение.

Усилители низкой частоты (УНЧ) предназначены для усиления электрических колебаний звуковых частот. В зависимости

Дискриминатор может иметь два отдельных выхода. С одного снимается напряжение низкой частоты, которое затем подается на усилитель низкой частоты, а с другого снимается постоянное напряжение, знак и величина которого определяются знаком и величиной расстройки сигнала, действующего на его вход. Постоянное напряжение, обусловленное уходом промежуточной частоты приемника от номинала (из-за нестабильности частоты гетеродина приемника или задающего генератора передатчика корреспондента), подается на ре-

от назначения диапазон усиливаемых частот может быть широким или узким. При усилении разговорной речи полоса равномерно усиливаемых частот ограничивается 300—2500 гц, а при усилении художественных (высококачественных) передач 30—15 000 гц.

Усилители низкой частоты, применяемые в аппаратуре связи пожарной охраны (на автомобилях связи, диспетчерских пунктах, радиоприемных устройствах и т. д.), рассчитаны на равномерное (неискаженное) пропускание частот от 200 до 2500 гц.

В большинстве случаев усилитель низкой частоты содержит несколько каскадов: первые каскады обычно усиливают напряжение, а последний — мощность.

Схемы усилителей низкой частоты обычно классифицируют по характеру анодной нагрузки (рис. 61).

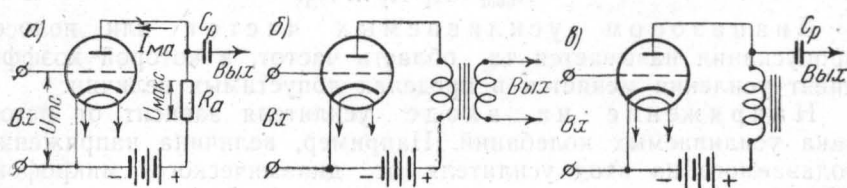


Рис. 61. Схемы усилителей низкой частоты
а—на сопротивлениях; б—на трансформаторе; в—на дросселе

На рис. 61а показана схема усилителя с сопротивлением R_a в анодной цепи. Такой усилитель называют усилителем на сопротивлениях, или реостатным усилителем. Особенностью схемы является малая частотная зависимость R_a от изменения частоты входного сигнала, благодаря чему искажения, вносимые усилителем, незначительны. Такие схемы обычно применяются в каскадах усилителей напряжения.

На сетку лампы подается переменное напряжение с амплитудой U_{mc} . В анодной цепи появляется переменная составляющая анодного тока I_{ma} , которая, проходя через сопротивление R_a , вызывает падение напряжения $U_{ma} = I_{ma} \cdot R_a$.

Переменное напряжение U_{ma} , возникающее на сопротивлении R_a , подается через конденсатор C_p к следующему каскаду. Конденсатор C_p служит для того, чтобы защитить сетку следующего каскада от постоянного анодного напряжения.

На рис. 61б показана схема усилителя на трансформаторе. В анодную цепь лампы включена первичная обмотка трансформатора. Усиленное напряжение снимается с вторичной обмотки. Наиболее часто эта схема применяется в усилителях мощности.

На рис. 61в в качестве анодной нагрузки применен дроссель. Эта схема не нашла широкого применения.

Усилители низкой частоты характеризуются следующими показателями: коэффициентом усиления; диапазоном усиливаемых частот; напряжением на входе; мощностью на выходе усилителя; коэффициентом полезного действия.

Коэффициентом усиления каскада называется отношение выходного напряжения к входному

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}.$$

Для многокаскадных усилителей общий коэффициент усиления равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов

$$K_{\text{общ}} = K_1 \cdot K_2 \dots K_n.$$

Диапазоном усиливаемых частот или полосой пропускания называется та область частот, в которой коэффициент усиления меняется в пределах допустимых величин.

Напряжение на входе усилителя зависит от источника усиливаемых колебаний. Например, величина напряжения, подаваемого на вход усилителя от динамического микрофона 0,5—2 мв; от детектора радиоприемника 1—3 в, от электромагнитного звукоснимателя 0,07—0,1 в, от пьезоэлектрического звукоснимателя 0,6—0,8 в.

Мощность на выходе в зависимости от типа и назначения усилителя может быть от десятых долей ватта до сотен ватт. Максимальная мощность, которую можно получить на выходе усилителя (при условии, что искажения не превышают заданной величины), называется номинальной мощностью.

Коэффициент полезного действия многокаскадного усилителя определяется главным образом величиной к. п. д. оконечного каскада, так как он всегда потребляет значительно большую мощность, чем лампы усилителя напряжений, и зависит от режима, в котором работает оконечная лампа.

Различают два значения коэффициента полезного действия: электрический к. п. д.

$$\eta_{\text{э}} = \frac{P_{\sim}}{P_0}$$

и промышленный, или полный к. п. д.

$$\eta_{\text{п}} = \frac{P_{\sim}}{P},$$

где P_{\sim} — полезная мощность, развиваемая усилителем;
 P_0 — мощность, потребляемая усилителями от источника
анодного питания;
 P — общая мощность, потребляемая усилителем от всех
источников питания (цепи накала, анода, сеток).

Глава II

РАДИОСТАНЦИИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

§ 7. ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСВЯЗИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Общие сведения

В обеспечении управления пожарными подразделениями, наряду с другими средствами, радиосвязь занимает видное место. Достоинства радиосвязи, по сравнению с другими видами связи, заключаются в следующем: быстрота установления и маневренность связи с корреспондентами, месторасположение которых может изменяться (например, с подвижными объектами); практическая независимость связи от времени года и суток и метеорологических условий; возможность передачи сообщений одновременно неограниченному числу корреспондентов.

Вместе с тем радиосвязь имеет и недостатки: возможно прослушивание передач посторонними лицами; в городах большие помехи радиоприему и наличие зон, где радиоприем затруднителен или невозможен.

Связь по радио может быть односторонней и двухсторонней. При односторонней радиосвязи в одном из пунктов производится только передача, а в другом (или нескольких) только прием. При двухсторонней — передача и прием производятся на каждом из пунктов.

Связь по радио между двумя пунктами (корреспондентами) может быть симплексной или дуплексной.

✓ Под симплексной радиосвязью понимается такая двухсторонняя связь, при которой на каждом из пунктов передача и прием производятся поочередно: Если один из корреспондентов, передавая информацию, включает передатчик, то другой дол-

жен включить приемник для прослушивания. Во время передачи приемник данной радиостанции выключается.

✓ При симплексной радиосвязи передача и прием ведутся на одной волне, используется одна и та же антенна, которая поочередно автоматически подключается либо на выход передатчика, либо на вход приемника. Переключение с приема на передачу производится чаще всего нажатием клапана микрофонной трубки. Симплексная радиосвязь допускает работу в радиосети. Недостатком симплексной связи является невозможность переспросить корреспондента, ведущего передачу.

✓ При дуплексной радиосвязи на каждом из пунктов передача и прием производятся одновременно (подобно телефонной связи по проводам). Прием и передача при дуплексной связи ведутся на двух волнах. Чтобы передатчик не создавал помех своему приемнику, выбирается соответствующий разнос волн приема и передачи. Преимуществом дуплексной связи является ее большая пропускная способность и возможность сопряжения радиостанции с проводными линиями связи. Недостатком дуплексной связи является необходимость использования двух волн.

Связь по радио между двумя пунктами может производиться в телеграфном или телефонном режимах. При телеграфной работе передаются условные сигналы, соответствующие определенным знакам (например, азбука Морзе), а при телефонной — звуки (речь, музыка).

Схема радиосвязи в гарнизоне пожарной охраны

Радиосвязь пожарной охраны имеет только служебное назначение и организуется в соответствии с действующими положениями и приказами. Руководство службой связи возлагается на начальника связи гарнизона, который разрабатывает схемы радиосвязи, отвечает за техническое состояние и работоспособность радиоаппаратуры, оформляет радиоданные, руководит работой мастерских и подчиненных ему специалистов связи.

Радиосвязь позволяет ускорить вызов дополнительных сил и средств к месту пожара, передать необходимую информацию об обстановке заинтересованным организациям и лицам, обеспечить управление подразделениями и их взаимодействие при работе на пожаре, а также иметь резервные каналы связи при нарушении проводных средств.

Для организации связи между ЦППС и местом пожара и пожарными подразделениями применяются в основном УКВ радиостанции с радиусом действия до 30—40 км.

При организации радиосвязи в гарнизоне исходят из необ-

ходимости централизованного управления пожарными подразделениями. Учитывая специфические особенности города, рельеф местности, технико-эксплуатационные данные применяемой аппаратуры и другие факторы, схемы радиосвязи в гарнизонах могут быть различны.

Принимая во внимание требования, вытекающие из оперативной работы пожарной охраны, схемы связи организуют таким образом, чтобы можно было в любое время установить двухстороннюю связь между:

местом пожара и центральным пунктом пожарной связи (ЦППС), а при невозможности — с ближайшей пожарной частью;

центральным пунктом пожарной связи и пожарными отрядами, частями и отдельными постами;

руководителем пожаротушения, начальником штаба и тыла и подразделениями, работающими на пожаре. В этих целях используются маломощные переносные УКВ радиостанции с радиусом действия 2—3 км.

В некоторых гарнизонах пожарной охраны радиосвязь организуется между диспетчерскими пунктами соседних городов.

Учитывая принцип централизованного управления подразделениями и особенности гарнизона, приемо-передающие радиостанции устанавливают в следующих местах:

- а) на центральном пункте пожарной связи;
- б) в пунктах связи пожарных отрядов, частей и некоторых отдельных постов;
- в) на основных пожарных автомобилях и катерах;
- г) на автомобилях связи, связи и освещения, штабных, оперативных и некоторых специальных автомобилях.

После установки стационарных и передвижных радиостанций выявляют данные проходимости волн как в городе, так и за его пределами. Условия прохождения волн между стационарными станциями определяются путем прослушивания разборчивости передаваемых сообщений. В районах охранения пожарных частей проходимость волн определяется также практически. Для этого на радиофицированном автомобиле выезжают на различные объекты и наиболее удаленные места района охранения, постоянно поддерживая двухстороннюю связь с пожарной частью и с ЦППС.

Получив необходимые данные проходимости волн, выбирают наиболее приемлемую схему радиосвязи гарнизона, исходя при этом из необходимости иметь устойчивую и высококачественную связь в пределах города и прилегающих к нему районов.

Определяя допустимое количество радиостанций в сети, исходят из возможности организации связи не более как с двумя одновременно возникшими пожарами.

В зависимости от количества установленных радиостанций и условий прохождения волн схема связи гарнизона организуется по принципу радиосетей и радионаправлений.

Радиосеть образуется в том случае, когда на одной волне работают три и более радиостанций. Работа в радиосети характеризуется тем, что если включить передатчик одной из станций, то приемниками других радиостанций сети можно прослушать передаваемое сообщение. Иначе говоря, радиосеть позволяет послать циркулярное сообщение с одной станции всем остальным, а также осуществить непосредственную связь между радиостанциями. В каждой радиосети используют, как правило, однотипные радиостанции.

Радионаправление образуется в том случае, когда на одной волне работают только две радиостанции. Совокупность радиосетей и радионаправлений образует схему радиосвязи гарнизона.

На рис. 62 изображена ориентировочная схема радиосвязи

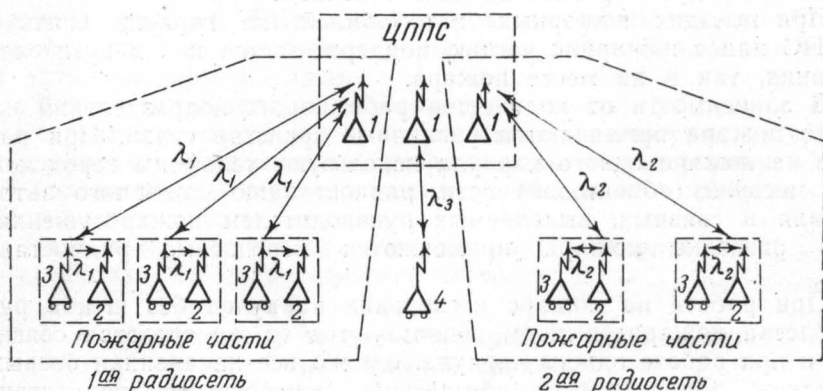


Рис. 62. Схема радиосвязи гарнизона

1—радиостанции ЦППС; 2—стационарные станции пунктов связи пожарных частей; 3—радиостанции пожарных автомобилей; 4—радиостанция автомобиля связи.

гарнизона с двумя радиосетями и одним радионаправлением.

В первой радиосети работают радиостанции автомобилей, обеспечивающие связь с ЦППС, и стационарные станции пожарных частей. При выезде пожарного автомобиля связь под-

держивается с центральным пунктом, а стационарная станция пожарной части в это время контролирует прохождение связи. При нарушении проводных средств между ЦППС и пожарной частью связь поддерживается при помощи стационарных радиостанций. Все станции этой сети работают на волне λ_1 .

Во второй радиосети работают радиостанции автомобилей, не обеспечивающие надежную связь с ЦППС, и стационарные станции пожарных частей. При выезде пожарного автомобиля связь поддерживается со стационарной станцией пожарной части, а радиостанция ЦППС прослушивает передаваемую информацию. Стационарная станция пожарной части используется также для дублирования проводной связи с ЦППС. Все станции в этой сети работают на волне λ_2 .

Радионаправление образуется при работе радиостанции автомобиля связи с одной из станций ЦППС, поддерживающих двухстороннюю связь на волне λ_3 .

Из приведенной схемы видно, что количество действующих радиостанций ЦППС должно быть равно количеству радиосетей и радионаправлений. Учитывая опыт эксплуатации, на ЦППС предусматривают по одной резервной станции на каждую действующую, а в пожарных частях на две-три действующих радиостанции предусматривается одна запасная.

При выездах пожарных автомобилей из гаража связь с ЦППС или с пожарной частью поддерживается как в пути следования, так и на месте пожара.

В зависимости от количества работающих подразделений на месте пожара применяются различные средства связи. При работе на пожаре одного караула используют телефоны городской или местной (объектовой) сети, радиостанцию пожарного автомобиля и связанных, выделяемых руководителем пожаротушения. При разведке пожара применяются переносные радиостанции.

При работе на пожаре нескольких караулов без штаба руководства пожаротушением используются те же средства связи, что и при работе одного караула, однако все начальники боевых участков должны быть обеспечены переносными радиостанциями.

Когда на пожаре организуется штаб руководства пожаротушением, то оперативную связь осуществляет специальное отделение, которое выезжает на автомобиле связи или автомобиле связи и освещения. Эти автомобили оборудуются средствами телефонной связи, радиосвязи и звукоусилительными установками. Кроме того, на автомобиле связи и освещения находитсЯ генератор тока с прожекторами для освещения места пожара.

Примерная схема связи на пожаре при организации штаба руководящего пожаротушением показана на рис. 63.

Радиосвязь в пожарной охране осуществляется открытым текстом. Работа на радиостанциях регламентируется правилами радиобмена согласно действующим приказам и наставлениям. Контроль за соблюдением правил радиобмена осуществляется ЦППС.

Проверка исправности всех радиостанций гарнизона производится ежедневно при заступлении новой смены на дежурство.

Все радиостанции пожарной охраны подлежат регистрации и каждой из них присваиваются на определенное время позывные. Каждой станции отводятся рабочие частоты (волны). Выделение частот, позывных и регистрация радиостанций осуществляются согласно действующим приказам в установленном порядке.

Всем радиостанциям запрещается:

- передавать сведения, не подлежащие оглашению;
- применять произвольные шифры, коды и сокращения;
- пользоваться неприсвоенными позывными и работать без позывных сигналов;
- связываться с неразрешенными корреспондентами;
- работать на неприсвоенных частотах.

Особенности применения средств радиосвязи в пожарной охране

Несмотря на то, что связь в пожарной охране должна устанавливаться на сравнительно небольших расстояниях (до 30 — 50 км), ее осуществление в пределах современного города представляет известные трудности. Дело в том, что промышленные предприятия и электрические установки города создают значительные помехи радиоприему. Многоэтажные здания представляют как бы своеобразные «экраны», снижающие устойчивость связи с подвижными объектами. Все возрастающее применение

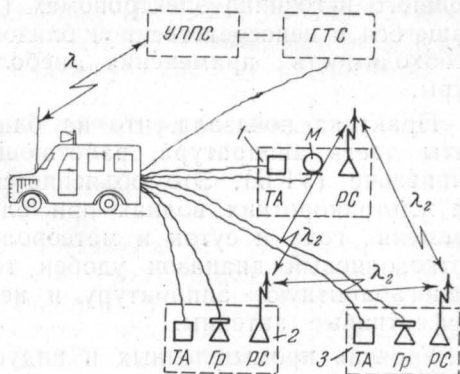


Рис. 63. Схема связи на пожаре

ТА — телефонный аппарат; ГР — громкоговоритель;
РС — переносная радиостанция; М — микрофон; 1 — штаб;
2 — первый боевой участок; 3 — второй боевой участок

радиосвязи различными ведомствами значительно сужает границы свободных диапазонов для введения новых каналов связи. При организации радиосвязи приходится учитывать наличие мощного источника электропомех (двигатель автомобиля), находящегося в непосредственной близости от радиостанции, а также необходимость применения небольшой по габаритам аппаратуры.

Практика показала, что на ближних связях лучшие результаты дает аппаратура, работающая в ультракоротковолновом диапазоне (УКВ). Это объясняется тем, что устойчивая связь на ультракоротких волнах при ближних связях не зависит от времени года и суток и метеорологических условий. Ультракоротковолновый диапазон удобен тем, что позволяет применять малогабаритную аппаратуру и небольшие по длине высокоэффективные антенны.

Уровень промышленных и промышленных помех в диапазоне УКВ ниже, чем в средне- и длинноволновом диапазонах, поэтому радиосвязь в этом диапазоне отличается высоким качеством.

Используя диапазон УКВ, лучшие результаты достигаются, если применяют радиостанции не с амплитудной, а с частотной модуляцией (ЧМ). Применение частотной модуляции даже при высоком уровне помех обеспечивает большую дальность радиотелефонной связи и лучшее ее качество. Объясняется это тем, что амплитуда частотно-модулированных колебаний постоянна и, следовательно, средняя мощность при модуляции равна максимальной мощности генератора. Постоянство амплитуды частотно-модулированного сигнала позволяет применять в приемниках амплитудные ограничители, которые подавляют импульсы помех.

Использование ультракоротковолнового диапазона с частотной модуляцией существенно улучшает качество и надежность связи. Поэтому в пожарной охране применяются радиостанции ультракоротковолнового диапазона с частотной модуляцией.

Еще недавно в пожарной охране применялись радиостанции типа А-7, А-7-А и А-7-Б.

Радиостанция типа А-7 была разработана в 1942 г. советскими инженерами. Последующей модернизацией стали выпускаться станции А-7-А (1943 г.) и А-7-Б (1944 г.) Это были первые ультракоротковолновые радиостанции с частотной модуляцией, которые использовались на фронтах Великой Отечественной войны и широко применялись пожарной охраной нашей страны.

Радиостанция А-7-Б имеет диапазон 24-28 *мгц*, работает в симплексном режиме с выходной мощностью передатчика 1,5 *вт*.

В настоящее время на вооружении пожарной охраны имеется несколько типов новых радиостанций (ЦРС-2 и АРС-2, РУ-25-56, 28Р1, 28Р2, 28Р3, 43Р3, 27Р1 и ПАРКС—0,08), которые позволяют организовать гибкую и надежную систему радиосвязи.

§ 8. РАДИОСТАНЦИИ ТИПА ЦРС-2 и АРС-2

Общие сведения

В пожарной охране широко применяются ультракоротковолновые радиостанции с частотной модуляцией, работающие в диапазоне волн 6,52—8,33 *м* (частоты 36—46 *мгц*). В комплект аппаратуры этих станций входят: центральная радиостанция ЦРС-2, устанавливаемая на ЦППС, и подчиненные радиостанции АРС-2, устанавливаемые на пожарных автомобилях, пунктах связи команд и пожарных катерах.

Эти станции осуществляют беспоисковое и бесподстроечное вхождение в связь на одном из каналов в условиях города на расстояние до 30 *км*. Они работают симплексом, а передача ведется в телефонном режиме. В радиостанциях ЦРС-2 и АРС-2 применена система тонального вызова корреспондента. Для этого на центральной и на подчиненных радиостанциях имеются устройства, позволяющие промодулировать рабочую частоту передатчиков вызывным сигналом частотой 500 *гц*. При поступлении такого сигнала на станции включается специальное табло и прослушивается вызов тональной частоты.

Рабочие частоты (каналы связи) устанавливаются заводом-изготовителем в соответствии с заказом.

Радиостанции ЦРС-2 и АРС-2 могут работать в следующих режимах: «дежурный прием», «прием», «посылка вызова», «передача».

При работе радиостанций девиация частоты передатчиков: номинальная ± 7 *кгц*, максимальная ± 18 *кгц*. Вход—выход радиостанций рассчитан на нагрузку 75 *ом*. Чувствительность приемников у этих радиостанций при соотношении сигнал: шум = 5:1, не менее 2 *мкв*.

Радиостанция ЦРС-2

Конструктивно радиостанция выполнена в виде шкафа (рис. 64) с пятью блоками. В блоках размещены: усилитель

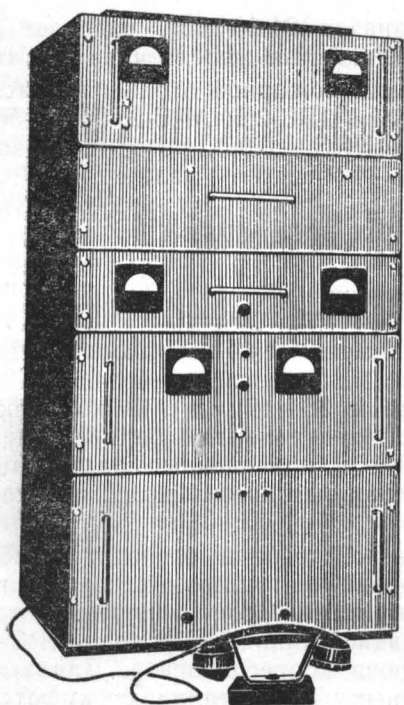


Рис. 64. Общий вид радиостанции ЦРС-2

мощности, вызывное устройство, приемо-передатчик и выпрямительное устройство для питания станции.

Передатчик радиостанции имеет выходную мощность 60 вт. Питание радиостанции осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 в. Потребляемая от сети мощность не более 600 вт.

Приемник радиостанции собран по супергетеродинной схеме на лампах 4Ж1Л.

Передатчик имеет восемь каскадов, собранных на лампах типа 4Ж1Л, 4П1Л, ГУ-32 и ГУ-50.

Питание радиостанции осуществляется от двух кенотронных выпрямителей, собранных на лампах 6Ц5С и 5Ц3С и селенового выпрямителя с выходным напряжением 60 в. Питание ламп усилителя мощности осуществляется от выпрямителя, собранного на газотронах типа ВГ-129.

Скелетная схема радиостанции ЦРС-2 показана на рис. 65.

Радиостанция типа АРС-2

Автомобильная радиостанция АРС-2 состоит из отдельных элементов (рис. 66), соединенных между собой шланговыми кабелями. Передатчик этой радиостанции имеет выходную мощность 8 вт. Питание радиостанции осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением 12,6 в. Потребляемый от аккумулятора ток — при приеме 3,6 а, при передаче 8 а.

Приемо-передатчик расположен в металлическом кожухе, разделенном на две части. В одной части размещается собственно приемо-передатчик с блоками высокой частоты, усилителя промежуточной частоты и маломощным преобразователем напряжения, а в другой — блок усилителя мощности.

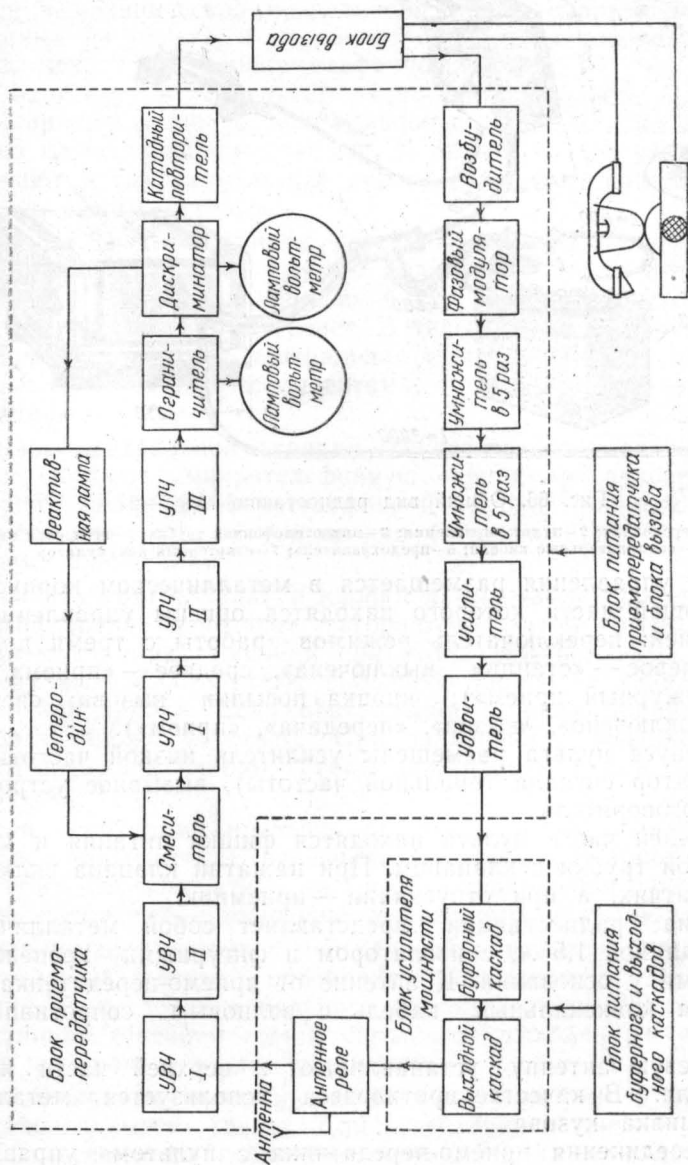


Рис. 65. Блок-схема радиостанции ЦРС-2

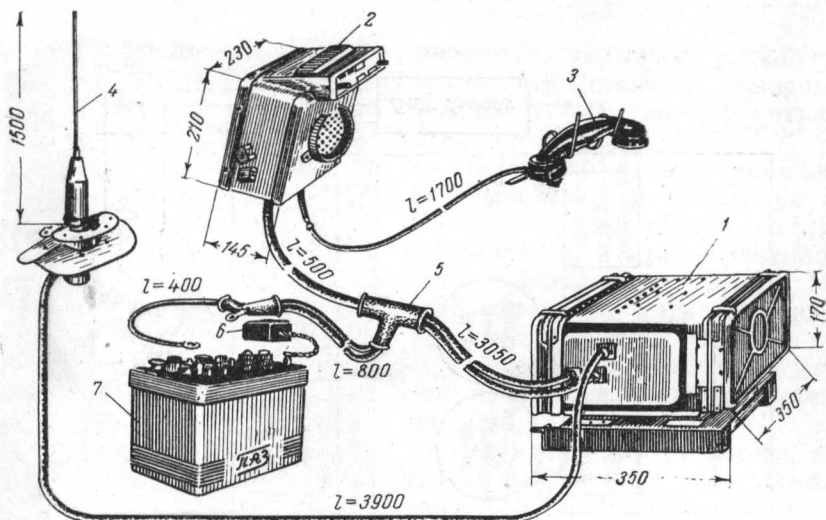


Рис. 66. Общий вид радиостанций APC—2

1—приемо-передатчик; 2—пульт управления; 3—микрофонная трубка; 4—штыревая антенна; 5—соединительные кабели; 6—предохранитель; 7—стартерный аккумулятор

Пульт управления размещается в металлическом корпусе, на выступающей части которого находятся органы управления радиостанцией: переключатель режимов работы с тремя положениями (левое — «станция выключена», среднее — «прием», правое — «дежурный прием»); кнопка посылки вызова; световые табло («включено», «вызов», «передача», «прием»).

В корпусе пульта размещены усилитель низкой частоты (он же генератор сигнала тональной частоты), вызывное устройство и громкоговоритель.

В нижней части пульта находятся фишки питания и микрофонной трубки с клапаном. При нажатии клапана включается передатчик, а при отпускании — приемник.

Антенна радиостанции представляет собой металлический штырь длиной 1,5 м, с изолятором и фигурными крепежными пластинами у основания. К антенне от приемо-передатчика подключается коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 ом.

Штыревую антенну устанавливают в верхней части кузова автомобиля. В качестве противовеса используется металлическая обшивка кузова.

Для соединения приемо-передатчика с пультом управления и стартерным аккумулятором в комплект станции входит специальный соединительный шланговый кабель.

Перед началом работы на радиостанции необходимо убедиться в механической исправности органов управления, расположенных на пульте, в надежном соединении токоведущих проводов, исправности микротелефонной трубки.

В зависимости от условий радиостанция должна быть готова или к приему вызова от центральной станции, или же ксылке вызова на центральную станцию. В первом случае радиостанцию включают в так называемый режим дежурного приема, во втором — в режим передачи.

Для включения станции переключатель на пульте управления устанавливается в среднее положение. Табло с надписями «включено», «прием» и «вызов» будут гореть. По истечении 5—10 сек. табло «вызов» погаснет. В телефоне трубки появится характерный шум. Если центральная станция занята и ведет разговор с другими корреспондентами, то входить в связь не разрешается.

Вызов центральной станции осуществляется следующим образом: снимают микротелефонную трубку и одновременно с нажатием клапана микротелефонной трубки нажимают на вызывную кнопку пульта управления (переключатель находится в среднем положении).

При нажатии клапана и кнопки лампа табло «прием» гаснет, а лампа табло «передача» загорается. Затем вызывают центральную станцию, сообщая при этом свои позывные. Окончив послылку вызова, отпускают вызывную кнопку и клапан микротелефонной трубки. Если центральная станция приняла вызов, то прослушивают ее ответ. При дальнейшем ведении связи в момент передачи клапан трубки нажимается, а при приеме отпускается.

Если необходимо прервать разговор, не выключая станцию, то приемо-передатчик переводят в режим дежурного приема. Для этого переключатель на пульте управления переводят в правое положение — положение «дежурного приема».

При послылке вызова с центральной или автомобильной станции высокочастотные колебания модулируются сигналом в 500 гц. Поступление тонального сигнала отмечается на приемной станции горением лампы «вызов» и ослабленным вызывным тоном, воспроизводимым динамиком.

По окончании послылки вызова громкоговоритель отключается и табло «вызов» гаснет. Для вступления в связь с вызывающей радиостанцией необходимо переключатель на пульте управления из положения «дежурный прием» перевести в положение «прием». Ответ производится при нажатом клапане трубки, а

прослушивание — при отпущенном. В момент радиообмена вызывную кнопку на пульте управления нажимать не нужно.

После окончания связи переключатель переводят в положение «выключено» (крайнее левое положение), при этом схема приемо-передатчика обесточивается и табло с надписью «включено» гаснет.

Скелетная схема радиостанции

Приемо-передатчик собран по трансиверной схеме, т. е. с использованием одних и тех же узлов как для передачи, так и для приема.

Скелетная схема радиостанции APC-2 (рис. 67) состоит из следующих частей: приемника, передатчика, пульта управления и блоков питания. Радиостанция собрана на 13 лампах типа 12Ж1Л и одной лампе типа ГУ-32. В схему станции входят транзисторы типа П4Б и диоды типа Д7Ж и Д2Е.

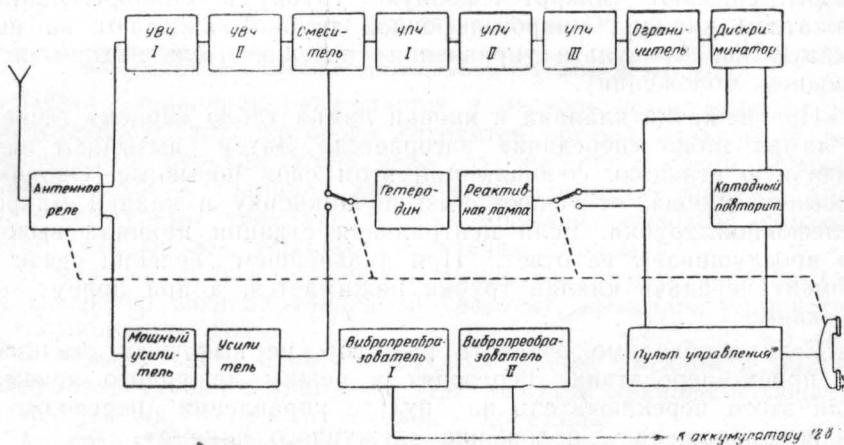


Рис. 67. Блок-схема радиостанции APC—2

Приемник радиостанции собран по супергетеродинной схеме, первые два каскада которого усиливают колебания, поступающие из антенны.

Гетеродин приемника собран по двухконтурной схеме с электронной связью и работает в режиме удвоения частоты. Внутренний контур гетеродина настроен на частоту 18—23 мГц, а анодный — на вторую гармонику. Для получения одинаковой частоты приемника и передатчика к внутреннему контуру гетеродина

в режиме приема подключается дополнительная емкость. Удвоенные колебания в анодном контуре гетеродина являются рабочей частотой радиостанции.

С анодного контура гетеродина высокочастотное напряжение поступает в смеситель приемника.

При взаимодействии высокочастотных напряжений, приходящих от усилителя высокой частоты и с анодного контура гетеродина, выделяется после смесителя напряжение промежуточной частоты (1312,5 кГц), которое поступает в трехкаскадный усилитель промежуточной частоты.

Высокая избирательность усилителя промежуточной частоты достигается за счет двухконтурных полосовых фильтров, включенных в анодные цепи всех трех каскадов.

Напряжение промежуточной частоты с последнего полосового фильтра подается на сетку амплитудного ограничителя. Незменность выходного напряжения ограничителя достигается за счет определенной величины сеточного напряжения, которое подобрано таким образом, что при напряжении промежуточной частоты, превышающем 2—2,5 в, напряжение на выходе ограничителя остается постоянным, т. е. не зависит от величины приходящего сигнала.

С ограничителя напряжение промежуточной частоты поступает на частотный детектор (дискриминатор). С нагрузки дискриминатора напряжение звуковой частоты снимается и подается на катодный повторитель, а постоянное напряжение, обусловленное отклонением промежуточной частоты относительно нуля дискриминатора, используется для автоматической подстройки частоты и подается на сетку реактивной лампы.

Катодный повторитель представляет собой каскад с глубокой отрицательной обратной связью по напряжению. Он обладает большим входным и малым выходным сопротивлениями и предназначен для согласования низкочастотного выхода приемника с нагрузкой. Напряжение звуковой частоты, снимаемое с нагрузки в цепи катода катодного повторителя, подается на усилитель низкой частоты пульта управления, а после усиления поступает на говоритель.

Передатчик радиостанции АРС-2 состоит из возбuditеля колебаний (гетеродина) с реактивным модулятором, буферного каскада и усилителя мощности.

В качестве возбuditеля передатчика используется гетеродин приемника, действие которого рассмотрено выше. К контуру гетеродина подключена реактивная лампа, на сетку которой в режиме передачи подается модулирующее напряжение через пульт управления.

Буферный каскад предназначен для уменьшения влияния выходного каскада передатчика на частоту возбудителя (гетеродина) и для усиления высокочастотного сигнала. Напряжение на анод лампы буферного каскада подается только в режиме передачи. Усиленные колебания с анода буферного каскада подаются на сетку лампы усилителя мощности.

Усилитель мощности собран по однотоктной схеме усиления на лампе ГУ-32. Аноды ламп усилителя мощности нагружены на выходной контур передатчика. Снимаемые с контура высокочастотные колебания поступают в антенну через контакты электромагнитного реле.

Пульт управления радиостанции АРС-2 содержит усилитель низкой частоты, который в режиме приема используется в качестве усилителя звуковых сигналов, а в режиме передачи является генератором вызывного сигнала частотой 500 гц.

Вызывное устройство собрано на электронной лампе, в сеточную цепь которой включен селективный фильтр, а в анодную — электромагнитное реле.

Пульту придается динамический громкоговоритель и микрофонная трубка, а на передней панели установлены органы управления радиостанции.

Блок питания радиостанции АРС-2 содержит маломощные и мощные преобразователи напряжения. Для питания блока энергия подается от стартерного аккумулятора автомобиля напряжением 12,6 в.

Питание анодов и экранных сеток ламп приемника, пульта управления и частично передатчика осуществляется от маломощного преобразователя напряжения. Питание анодно-экранных и сеточных цепей усилителя мощности поступает от мощного преобразователя напряжений.

Блоки питания радиостанции АРС-2 выпускаются с преобразователями на транзисторах или на вибраторах (вибропреобразователи).

§ 9. РАДИОСТАНЦИИ ТИПА РУ-25-56

Назначение и тактико-технические данные

Радиостанции типа РУ-25-56 предназначены для служебной связи пожарных автомобилей и катеров с центральным диспетчерским пунктом. Они выпускаются в двух вариантах: РУ-25-56/С — стационарный вариант (рис. 68) и РУ-25-56/А — автомобильный вариант (рис. 69).

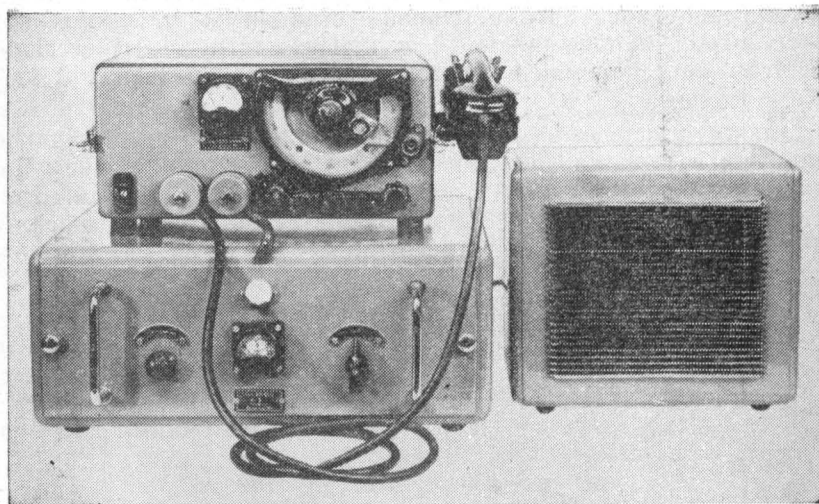


Рис. 68. Общий вид радиостанции РУ-25-56/С (стационарный вариант)

Электрическая схема прямо-передатчика стационарного и автомобильного вариантов одинакова. При разработке схемы и изготовлении станции были использованы некоторые узлы и детали полевой радиостанции А-7-Б.

Приемо-передатчик станции типа СПП-25-56 работает симплексом в диапазоне частот 24—28 мГц. Модуляция частотная, узкополосная. Выходная мощность передатчика 25 Вт. Чувствительность приемника не хуже 1 мкВ. Уход частоты от перегрева 6—7 кГц.

Электропитание стационарной станции осуществляется от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 В или от резервного источника постоянного тока напряжением 12 В емкостью не менее 100 А·ч.

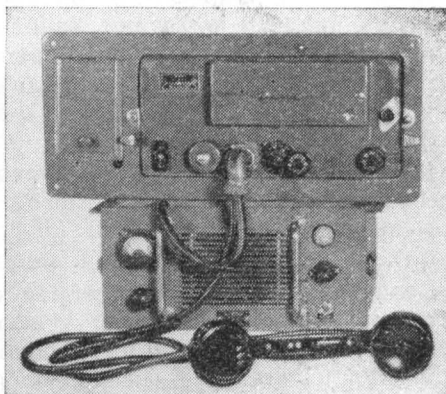


Рис. 69. Общий вид радиостанции РУ-25-56/А (автомобильный вариант)

Электропитание автомобильной станции — от стартерного аккумулятора напряжением 12 в при емкости не менее 80 а-ч. При этом потребляемая мощность в режиме передачи 140 вт, в режиме приема 70 вт.

Дальность действия между стационарной и автомобильной станциями в условиях крупного города с большим уровнем промышленных помех 20 км, а в сельской местности до 30 км. Дальность действия между стационарными станциями при высоко поднятых антеннах в условиях крупного города 30 км, а в сельской местности до 40 км.

Напряжения и токи питания приемо-передатчика:

а) приемник: накал — 12 в, ток 0,9 а (постоянный или переменный),

анод — 150 в, ток 25 ма;

б) передатчик: накал — 12 в, ток 0,8 а (постоянный или переменный),

анод — 450 в, ток 88—102 ма,

экранный сетка — 150 в, ток 20 ма.

Приемо-передатчик СПП-25-56

Приемник и передатчик радиостанции (см. принципиальную схему на рис. 70) работают на одной волне, которая устанавливается общей ручкой одновременно для приемника и передатчика. Переход с приема на передачу и обратно осуществляется контактами электромагнитного реле, управляемого тангентой микротелефонной трубки.

Передатчик состоит из возбудителя (генератора) высокочастотных колебаний и частотного модулятора. В передатчике применен пентод типа ГУ-50 (L_1), выполняющий роль возбудителя колебаний и усилителя мощности.

Возбудитель колебаний собран на триодной части пентода, и в генерировании колебаний участвуют катод, управляющая и экранирующая сетки лампы. Колебательный контур возбудителя образован катушкой L_2 и конденсаторами. В качестве анода возбудителя используется экранирующая сетка лампы, которая по высокой частоте соединена с корпусом через конденсатор.

Анодной нагрузкой лампы является настраиваемый антенный контур L_1C_3 . Питание анода лампы параллельное. Напряжение 450 в на анод подается через контакты 2—1 реле P_1 и дроссель Dr_1 , а напряжение 150 в на экранную и пентодную сетки через контакты 5—4 того же реле и через сопротивление R_1 и R_2 .

Подстройка контура L_1C_3 в резонанс достигается посредством

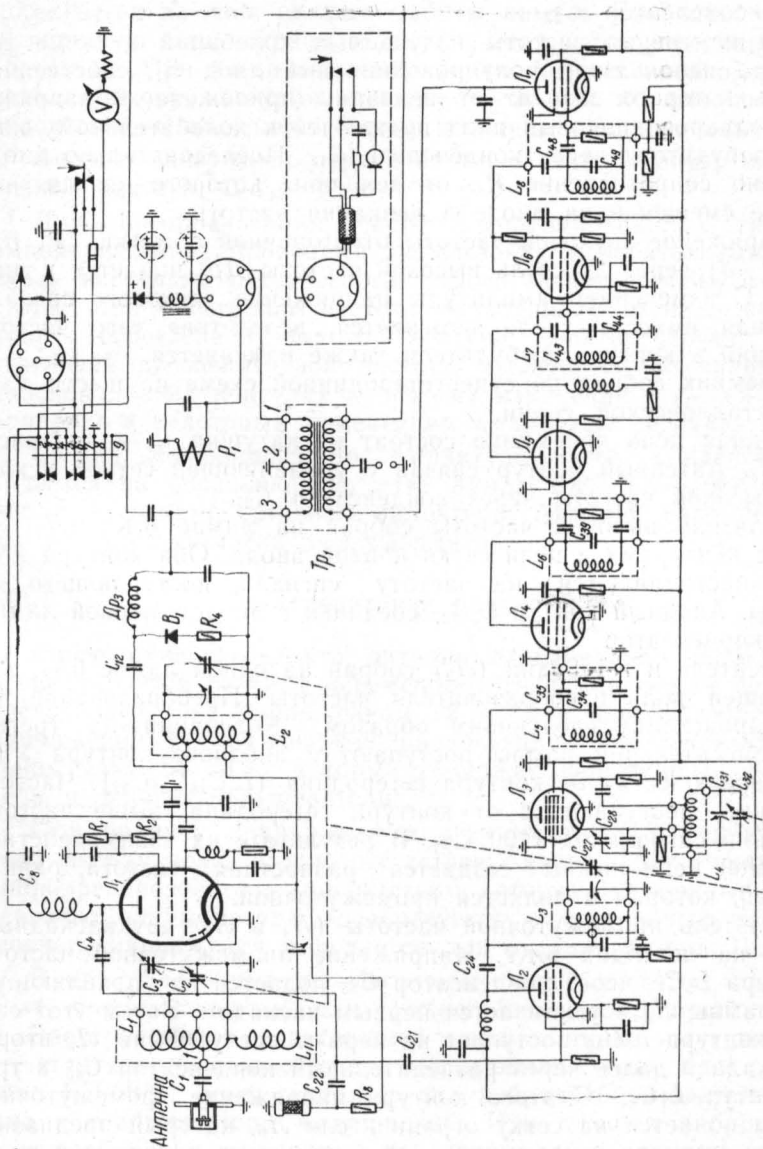


Рис. 70. Принципиальная схема прямо-передатчика СПП-25-56

конденсатора C_2 , а в качестве индикатора настройки применена неоновая лампа типа ФН-2, подключенная к антенному контуру через конденсатор C_{22} .

Для изменения частоты излучаемых колебаний в схеме модулятора использован полупроводниковый диод B_1 , собственная емкость которого зависит от величины приложенного напряжения. Полупроводниковый диод подключен к колебательному контуру возбуждателя через конденсатор C_{12} . Последовательно диоду включено сопротивление R_4 , от величины которого зависит начальное смещение на диоде и девиация частоты.

Напряжение звуковой частоты от вторичной обмотки TP_1 (отводы 2—3) через дроссель высокой частоты Dr_3 подается к диоду B_1 . С изменением амплитуды напряжения звукового сигнала начальная емкость диода изменяется, вследствие чего частота колебаний в контуре возбуждателя также изменяется.

Приемник собран по супергетеродинной схеме на шести лампах металлической серии.

Входная цепь приемника состоит из катушки L_1 и конденсатора C_3 . Антенный контур связан с управляющей сеткой усилителя высокой частоты через конденсатор C_{21} .

Усилитель высокой частоты собран на лампе 6ЖЗ (J_2) по схеме с контурами в цепи сетки и цепи анода. Оба контура этой лампы настраиваются на частоту сигнала, поступающего из антенны. Анодный контур L_3C_{27} соединен с анодом первой лампы через конденсатор C_{24} .

Смеситель и гетеродин (J_3) собран на одной лампе 6А7, выполняющей роль преобразователя частоты. Преобразование частоты происходит следующим образом. Колебания на третью сетку смесительной лампы поступают с анодного контура УВЧ и на первую сетку от контура гетеродина ($L_4C_{28}C_{31}C_{32}$). Частота колебаний, поступающих от контура гетеродина, выше частоты колебаний сигнала на 1100 кГц. В результате их взаимодействия в анодной цепи лампы создается разностная частота, равная 1100 кГц, которая и является промежуточной.

Усилитель промежуточной частоты (J_4 и J_5) двухкаскадный, собран на пентодах 6Ж7. Напряжение промежуточной частоты с контура L_5C_{34} через конденсатор C_{35} подается на управляющую сетку лампы J_4 и усиливается первым каскадом. Затем этот сигнал с контура L_6C_{39} поступает на первую сетку лампы J_5 второго каскада и далее через разделительный конденсатор C_{43} в третий контур L_7C_{44} . С этого контура напряжение промежуточной частоты подается на сетку ограничителя L_6 , который предназначен для поддержания постоянной амплитуды частотно-модулированного сигнала, подаваемого на вход детектора. Во время

приема может поступить помеха с амплитудой, значительно превышающей амплитуду полезного сигнала. Ограничение помехи достигается за счет режима работы лампы. Для этого на анод и экранную сетку ограничителя подается небольшое напряжение (5—10 в). При увеличении амплитуды сигнала на входе ограничителя быстро наступает насыщение лампы по анодному току, вследствие чего ограничивается величина анодного тока.

Анодной нагрузкой ограничителя является контур промежуточной частоты L_8C_{49} .

Для преобразования частотно-модулированного сигнала в амплитудно-модулированный использован колебательный контур L_8C_{49} , несколько расстроенный относительно промежуточной частоты. При расстройке частота приходящего сигнала не совпадает с собственной частотой контура (рабочая точка, соответствующая промежуточной частоте, выбирается на склоне резонансной кривой контура) и поэтому изменения несущей частоты приводят к некоторым изменениям амплитуды сигнала.

Сигнал, меняющийся по амплитуде, через конденсатор C_{48} подается на управляющую сетку лампы 6Ж7 (L_7), которая работает в режиме сеточного детектора. Анодной нагрузкой лампы является обмотка трансформатора Tr_1 .

Электропитание радиостанции

Ранее отмечалось, что питание стационарной радиостанции осуществляется от сети переменного тока или же от источника постоянного тока напряжением 12 в. Для преобразования этих напряжений к стационарной радиостанции придается блок питания типа БП-61/С, который содержит кенотронный выпрямитель и вибропреобразователи.

При наличии напряжения в электросети работает кенотронный выпрямитель, а при отсутствии напряжения включаются вибропреобразователи, посредством которых постоянный ток резервного аккумулятора преобразуется в постоянный ток повышенного напряжения и подается для питания радиостанции.

В этом блоке имеется усилитель низкой частоты, мощностью 1 вт, предназначенный для громкоговорящего приема.

Электропитание передвижной радиостанции осуществляется от стартерного аккумулятора автомобиля через блок питания типа БП-60/А. Блок содержит два вибропреобразователя, фильтры и стабилизаторы напряжений. При помощи вибропреобразователей блока постоянный ток аккумулятора вначале преобразуется в переменный, затем повышается по напряжению до необ-

ходимых номиналов, а потом выпрямляется в постоянный ток, который и подается для питания радиостанции. В блоке смонтирован также усилитель низкой частоты и установлен громкоговоритель.

Антенны радиостанции

Стационарная антенна (рис. 71) представляет несимметричный вертикальный вибратор с противовесом у основания. Для ее устройства необходимы: мачта (излучатель) из дюралиевых труб, высокочастотный кабель (фидер) и фидерная коробка. Длина излучателя $l = (0,58 - 0,64)\lambda$.

Входное сопротивление антенны в зависимости от длины излучателя меняется от 70 ом ($l = 0,58\lambda$) до 50 ом ($l = 0,64\lambda$). В горизонтальной плоскости антенна излучает по всем направлениям одинаково.

В нижней части мачты устанавливают опорный изолятор и зажим для подсоединения фидера, а в середине — скобу для крепления оттяжек. Оттяжки, удерживающие мачту в вертикальном положении, рассечены изоляторами на отрезки длиной $0,2\lambda$.

В качестве противовеса может быть использована металлическая кровля, листы которой пропавляются между собой на площади не менее 16 м^2 .

От антенны к радио-передатчику прокладывается высокочастотный кабель марки РК-3 (волновое сопротивление $72 \div 77 \text{ ом}$).

Автомобильная антенна устанавливается на крыше кабины водителя, справа по ходу автомобиля. Она состоит из металлического штыря (дюралиевые трубы различного диаметра) длиной $2,1 \text{ м}$, подъемного механизма и фидера.

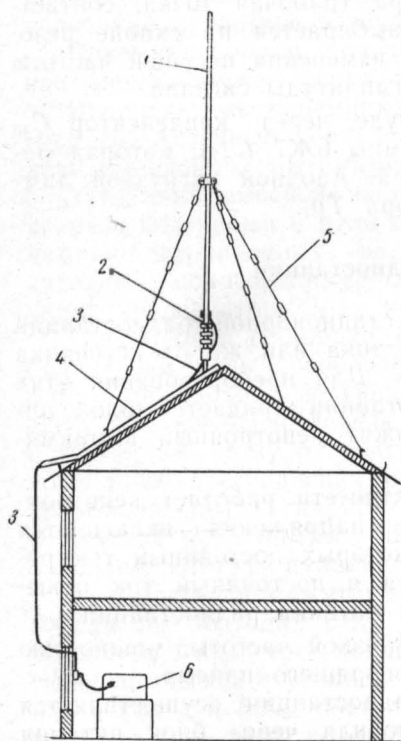


Рис. 71. Общий вид стационарной антенны

1—антенна; 2—опорный изолятор; 3—фидер;
4—желоб; 5—оттяжки; 6—радиостанция

Подъем и опускание штыря производятся за ручку подъемного механизма, введенную в кабину. В качестве противовеса используется металлическая обшивка кузова автомобиля. Штырь соединяется с приемо-передатчиком кабелем марки РК-6. От приемо-передатчика кабель прокладывается по внутренней обшивке кузова.

Для передачи максимальной мощности в антенну нужно, кроме настройки, произвести подбор наивыгоднейшей связи между выходным контуром приемо-передатчика и антенной. Это достигается путем изменения длины высокочастотного кабеля, соединяющего приемо-передатчик с антенной.

§ 10. РАДИОСТАНЦИИ ТИПА 28Р1, 28Р2, 28Р3, 43Р3

Назначение и основные тактико-технические данные

Радиостанции типа 28Р1, 28Р2, 28Р3, 43Р3 предназначены для организации служебной связи в различных отраслях народного хозяйства. Они применяются и в пожарной охране для связи пожарных автомобилей с центральным диспетчерским пунктом.

Эти радиостанции работают в диапазоне частот 148—174 *мгц* (длина волны 1,72—2,02 *м*) и позволяют установить симплексную, бесподстроечную и беспойсковую связь на одном из каналов.

Радиостанции имеют три канала связи, отстоящих друг от друга на 75 *кгц*. Установка рабочих частот (каналов) производится заводом-изготовителем в соответствии с заказом.

Все радиостанции имеют вызывное устройство, позволяющее вызвать другую однотипную станцию, при этом на станции корреспондента автоматически включается сигнальная лампочка и прослушивается сигнал тональной частоты (1450 *гц*).

Приемники этих радиостанций рассчитаны на прием частотно-модулированных сигналов, с номинальной девиацией частоты 7—10 *кгц*. Чувствительность приемников при соотношении сигнал : шум = 5 : 1, не хуже 1,5 *мкв*.

Передатчики с частотной модуляцией и выходной мощностью 6—7 *вт*. Приемники и передатчики работают на одной частоте.

Для громкоговорящего приема радиостанции имеют усилитель низкой частоты с выходной мощностью 0,5 *вт*.

Дальность связи между радиостанциями колеблется в больших пределах и зависит в первую очередь от особенностей распространения ультракоротких волн. Эти волны поглощаются местными предметами (здания, сооружения, крыши и т. д.) и отражаются от них. Рельеф местности и различные предметы, на-

ходящиеся в непосредственной близости от радиостанций, оказывают сильное влияние на распространение УКВ.

Ориентировочная дальность надежной связи между радиостанцией, установленной на пожарном автомобиле, и центральным диспетчерским пунктом — 20 км (по данным ЦНИИПО МООН РСФСР, связь между автомобилем и стационарной станцией при высоко поднятой антенне может достигать 30—40 км).

Радиостанции этого типа могут работать также с переносной станцией 27Р1. Электропитание радиостанций 28Р1, 28Р2 и 28Р3 осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12в (стартерный аккумулятор). Потребляемый ток в режимах приема и дежурного приема не более 1,1 а, а в режиме передачи не более 6 а.

Примечание. Стартерный аккумулятор автомобиля соединен с его массой по-разному. У одних автомобилей соединен с массой положительный полюс аккумулятора, у других — отрицательный.

Все новые автомобили выпускаются с заземленным минусом. Радиостанции указанных типов также рассчитаны на питание при заземленном минусе.

В связи с этим при установке радиостанции система электропитания автомобиля (для старых марок) должна быть с заземленным минусом.

Для изменения полярности электрооборудования необходимо:

а) аккумулятор повернуть на 180° и минусовую клемму соединить с массой автомобиля, а плюсовую с проводом питания;

б) концы амперметра поменять местами;

в) клемму «Батарея» реле-регулятора несколько раз кратковременно подсоединить к его клемме «Шунт». При этом происходит перемagnetизирование остаточных магнитных полей реле-регулятора и генератора.

После указанных операций система электрооборудования должна нормально работать. При установке радиостанции на автомобиле корпус станции соединяется с массой машины.

Радиостанция 43РЗ рассчитана на электропитание от сети переменного тока с частотой 50 гц и напряжением 127 и 220 в через стабилизатор типа ТСН-170. Корпус радиостанции заземляется.

Радиостанция типа 43РЗ может работать с блоком умощнения.

Несмотря на различие в наименованиях блок-схемы радиостанций одинаковы. Органы управления, расположенные на передней панели, у всех радиостанций аналогичны.

Конструктивное оформление и основные части

Радиостанции состоят из следующих частей:

1. Приемно-передатчика.
2. Манипулятора.
3. Антенны с коаксиальным кабелем.

4. Блока питания. Он прилагается к станциям 28РЗ и 43РЗ. К радиостанции 28Р2 прилагается стабилизатор накала, а в комплект станции 43РЗ, кроме того, входит стабилизатор типа ТСН-170.

Приемо-передатчик каждой радиостанции смонтирован в металлическом кожухе и состоит из блока высокой частоты, промежуточной частоты, блока низкой частоты, блока передатчика и блока питания (в радиостанциях 28РЗ и 43РЗ блоки питания вынесены и смонтированы в отдельном корпусе).

Блоки являются конструктивно законченными узлами и настраиваются каждый в отдельности.

На передней панели приемо-передатчика находятся приборы и ручки управления (рис. 72).

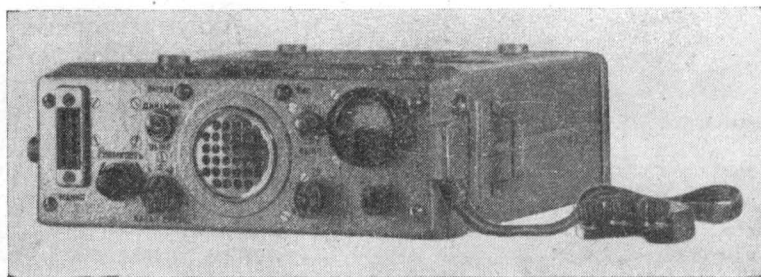


Рис. 72. Передняя панель радиостанции 28Р1

На панели расположены: колодка для подключения манипулятора; ручка „громкость“; тумблер включения динамика; ручка переключателя каналов с положениями „1“, „2“ и „3“; индикаторная лампа вызова; динамик; лампа включения станции; тумблер включения станции; ручка переключателя прибора с шестью положениями: „А“, „1, 2“, „70“, „140“, „300“, „12“; прибор для контроля режимов работы станции; предохранитель; гнезда внешнего динамика; контрольные гнезда; кабель питания; гнездо антенны

В качестве измерительного прибора применен вольтметр, который подсоединяется при помощи переключателя с шестью положениями к разным цепям приемо-передатчика. В первом положении переключателя показания прибора пропорциональны излучаемой мощности, во втором — прибор показывает напряжение накальных цепей, в третьем, четвертом и пятом — напряжения, подаваемые на радиостанцию соответственно $+70$, $+140$, $+300$ в, в шестом измеряется напряжение питающих батарей.

При всех замерах, кроме первого, стрелка прибора должна находиться в пределах затемненного сектора шкалы.

Манипулятор радиостанции содержит: микрофонный капсюль, кнопку «прием-передача» и переключатель «дежурный

прием-прием». В корпус манипулятора введен кабель, оканчивающийся колодкой для подключения к станции.

В качестве антенного устройства к автомобильным радиостанциям придается четвертьволновой штырь, а для стационарной — антенна типа «корзинка» и коаксиальный кабель.

Сетевой блок питания стационарной станции 43РЗ содержит силовой трансформатор, выпрямительные мосты с полупроводниковыми диодами, фильтры и электромагнитное реле для подключения в режиме передачи выпрямителей на 300 и 140 в к выходу блока. От этого блока питаются энергией все цепи приемопередатчика. Сам блок питается от сети напряжением 127 и 220 в через стабилизатор ТСН-170. На передней панели блока расположены предохранители, индикаторная лампа и выключатель питания.

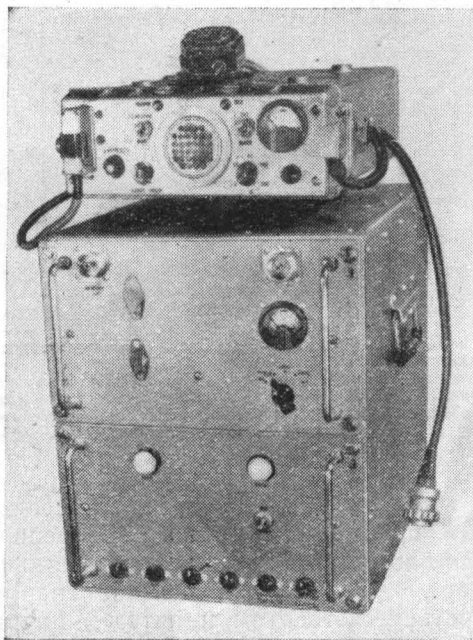


Рис. 73. Общий вид радиостанции 43РЗ с блоком питания

Аккумуляторный блок питания собран по схеме блокинг-генератора с общим эмиттером. Он содержит трансформаторы, транзисторы и диоды, фильтры и электромагнитные реле для управления цепями блока. Этот блок питается от источника постоянного тока напряжением 12 в (стартерный аккумулятор на пожарном автомобиле).

От блока питаются все цепи передвижной радиостанции. Включение блока производится тумблером, установленным на панели блока.

Общий вид стационарной радиостанции 43РЗ с сетевым блоком питания указан на рис. 73.

Автомобильный вариант 28РЗ с аккумуляторным блоком питания указан на рис. 74.

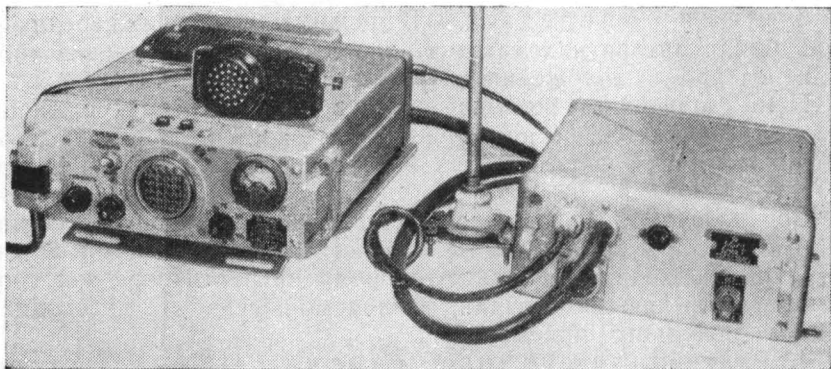


Рис. 74. Общий вид радиостанции 28P3 с блоком питания и антенной

Работа на радиостанциях

Перед началом работы необходимо:

1. Переключатель каналов поставить в положение, заданное условиями работы.

2. Ручку регулятора громкости поставить в положение максимальной громкости (крайнее правое положение).

3. На автомобильных радиостанциях переключатель прибора поставить в положение +12. При этом стрелка прибора находится в среднем положении, что свидетельствует о правильности подводки питания. На радиостанции 43P3 измерительный прибор при выключенном блоке питания показаний не дает. При включении тумблера блока питания загорается лампа «вкл». Переключателем прибора проверяют наличие питающих напряжений.

В зависимости от условий радиостанция может быть включена в один из следующих четырех режимов работы.

1. Режим приема. Переключатель на манипуляторе устанавливается в положение «Пр». Если канал связи свободен, то в динамике прослушивается характерный шум.

2. Режим послышки вызова. При вызове другой станции переключатель на манипуляторе устанавливается в положение «Д. Пр.» и нажимается кнопка «Прд». В этом случае несущий сигнал передатчика модулируется по частоте напряжением тональной частоты (1450 гц). Окончив послышку вызова, отпускают кнопку «Прд», а переключатель «дежурный прием-прием» переводят в положение «Пр». После получения ответа от корреспондента о принятии вызова радиостанцию переводят в положение передачи.

3. Режим передачи. В режиме передачи переключатель манипулятора находится в положении «Пр», а кнопка «прием-передача» в положении «Прд».

При дальнейшем ведении связи в момент передачи кнопка «Прд» нажимается, а при приеме отпускается. Передачу сообщений следует начинать через 2—3 сек. после нажатия кнопки «Прд».

Во избежание перегревов и нарушения работы станции нельзя держать станцию в положении «передача» свыше 3 мин.

Если необходимо на какое-то время прервать передачу сообщений, не выключая станции, то приемо-передатчик переводят в режим дежурного приема.

4. Режим дежурного приема. Переключатель манипулятора устанавливается в положение «Д.Пр».

При поступлении сигнала-вызова на передней панели станции загорается лампа вызова, а в динамике слышен тон частоты 1450 гц.

Для ответа переключатель манипулятора переводят в положение «Пр» и нажимают кнопку «Прд».

После окончания связи тумблер включения станции переводят в положение «выключено». Схема приемо-передатчика обесточивается и лампа «включено» гаснет.

Скелетная схема приемо-передатчика

Как уже отмечалось, приемник и передатчик работают на одной частоте. Переход с приема на передачу и обратно производится кнопкой «Прд» манипулятора. Эта кнопка управляет работой электромагнитного реле, которое переключает накал ламп с приемника на передатчик или обратно.

Скелетная схема приемо-передатчика изображена на рис. 75. Приемник радиостанции состоит из двух каскадов усилителя высокой частоты, первого гетеродина, первого смесителя, усилителя первой промежуточной частоты, второго гетеродина, второго смесителя, из трёх каскадов усилителя второй промежуточной частоты, амплитудного ограничителя, дискриминатора, фильтра для приема частоты вызова и двухкаскадного усилителя низкой частоты.

Передатчик радиостанции состоит из параметрического задающего генератора, удвоителя частоты, буферного каскада, усилителя мощности и частотного модулятора на диоде.

Для стабилизации излучаемой частоты предусмотрено устройство автоматической подстройки частоты (АПЧ), состоящее из первого и второго смесителей, усилителя—ограничителя, ди-

скриминатора и реактивной лампы (эквивалент индуктивности), подключенной к контуру задающего генератора.

Первый и второй гетеродины собраны на кварцах и используются при приеме и при передаче.

В зависимости от режима скелетная схема работает следующим образом.

1. Режим дежурного приема (кнопка манипулятора «Прд» не нажата, а переключатель в положении «Д.Пр»). Напряжение антенны подается через входной контур приемника на управляющую сетку лампы первого каскада УВЧ, а затем на сетку второго каскада УВЧ. Усиленный сигнал поступает на смеситель. На смеситель подается и напряжение первого гетеродина, частота которого ниже частоты принимаемого сигнала на 10 мГц. В анодном контуре смесителя выделяется промежуточная частота, равная 10 мГц, которая подается на усилитель первой промежуточной частоты. На управляющую сетку второго смесителя подается снимаемое напряжение усилителя, а на пентодную сетку подается напряжение от второго гетеродина.

В анодной цепи смесителя выделяется вторая промежуточная частота, равная 950 кГц, которая затем усиливается трехкаскадным усилителем второй промежуточной частоты. После усиления сигнал поступает на амплитудный ограничитель и далее на частотный детектор (дискриминатор).

В дискриминаторе из частотно-модулированного сигнала выделяется низкая частота, которая при дежурном приеме проходит через LC-фильтр. При поступлении тонального вызова частоты 1450 гц последний с выхода дискриминатора усиливается каскадами УНЧ. В результате срабатывает реле, включая лампу вызова и динамик.

2. Режим приема (переключатель манипулятора в положении «Пр»). При этом вход усилителя низкой частоты подключается непосредственно к выходу дискриминатора.

3. Режим посылки вызова (переключатель манипулятора в положении «Д.Пр.», кнопка «Прд» нажата). LC-фильтр переводится в режим генерации, и частота 1450 гц подается на вход модулятора. Модуляция осуществляется путем изменения емкости диода, подключенного через переходную емкость к внутреннему контуру задающего генератора. Анодная цепь генератора настроена на вторую гармонику колебаний внутреннего контура. Напряжение удвоенной частоты подается на управляющую сетку лампы удвоителя, анодный контур которой настроен на четвертую гармонику частоты задающего генератора. С выхода удвоителя напряжение высокой частоты подается на

управляющую сетку лампы буферного каскада. Буферный каскад предназначен для уменьшения влияния выходного каскада на предыдущую ступень передатчика и усиления высокочастотного сигнала. Усиление мощности осуществляется в выходном каскаде передатчика, выход которого связан с антенной.

4. Режим передачи (переключатель манипулятора в положении «Пр», а кнопка передачи в положении «Прд»). При этом подключается микрофон, и напряжение звуковой частоты, развиваемое вторичной обмоткой микрофонного трансформатора, подается на вход модулятора. В остальном работа на передачу аналогична работе станции в режиме послышки вызова.

Антенны радиостанции

Стационарная антенна выполняется в виде металлической мачты, устанавливаемой на крыше здания. В вертикальном положении мачта удерживается одноярусными или двухъярусными четырьмя оттяжками из стальной проволоки. В верхней части мачты на опорном изоляторе устанавливается антенна типа «корзинка» с противовесами или четвертьволновой штырь (вибратор), перпендикулярно которому укрепляются три металлических проводника (противовесы) длиной, равной длине штыря.

Фидер антенны выполняется из высокочастотного кабеля марки РК-3 (волновое сопротивление 75 ом). Центральная жила кабеля припаявается к штырю, а металлическая оболочка — к проводникам противовеса.

При установке стационарных антенн стремятся к тому, чтобы длина фидера не оказалась слишком большой, так как в диапазоне 148—174 мГц потери в нем могут достигать значительных величин.

Автомобильная антенна устанавливается на крыше кабины автомобиля и крепится на специальном угольнике. В качестве антенны используется четвертьволновой штырь с противовесами, приданными к радиостанции. Штырь устанавливается вертикально и надежно изолируется от угольника. Противовесом служит металлическая обшивка кузова автомобиля.

Штырь антенны соединяется с приемо-передатчиком кабелем марки РК-75-4-15. Центральная жила кабеля припаявается к штырю, а оплетка к металлической обшивке кузова.

Для подключения к приемо-передатчику на конце кабеля устраивается штепсельный разъем.

§ 11. РАДИОСТАНЦИЯ ТИПА 27Р1

Назначение и тактико-технические данные

Переносная приемо-передающая радиостанция типа 27Р1 работает в диапазоне частот 148—174 мГц и предназначена для двухсторонней связи с однотипной радиостанцией или с радиостанциями типа 28Р1, 28Р2, 28Р3 и 43Р3. В пожарной охране станция типа 27Р1 применяется для разведки и управления подразделениями при организации связи на месте пожара. Компактная радиостанция типа 27Р1 весом 3,5 кг (вместе с источниками питания) удобно закрепляется ремнями на левом боку оператора.

Дальность действия радиостанции зависит в основном от особенностей распространения УКВ. Ориентировочная дальность связи в условиях промышленного города между двумя операторами 2—3 км, а в сельской местности до 6 км. Если оператор с радиостанцией находится в помещении (в подвале, цехе и т. д.), то дальность связи резко сокращается.

Радиостанция работает симплексом, модуляция — частотная. Она обеспечивает бесподстроечную и беспойсковую связь на одном из двух каналов, отстоящих друг от друга на 150 кГц.

Переход на другие рабочие каналы может производиться в условиях мастерских путем смены конденсаторов в контурах высокой частоты и замены кварца первого гетеродина.

Радиостанция может работать в следующих режимах: «передача», «посылка вызова», «дежурный прием», «прием».

Передачик радиостанции мощностью 0,4 Вт имеет устройство, позволяющее послать тональный вызов частотой 1450 Гц, а приемник, находясь в режиме «дежурного приема», обеспечивает прием тонального вызова той же частоты.

Станция рассчитана на работу в среде с окружающей температурой от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Питание радиостанции — от двух аккумуляторов типа СЦД-12 или СЦС-12. Потребляемый ток при приеме — 1 а, при передаче — 2,7 а.

Если соотношение времени прием : передача = 12 : 1, то энергии заряженных аккумуляторов достаточно для 9 часов работы станции.

Конструктивное оформление

Радиостанция 27Р1 (рис. 76) состоит из следующих частей: приемо-передатчика с источником питания, штыревой антенны, микротелефонной гарнитуры и сумки для переноски. Приемо-

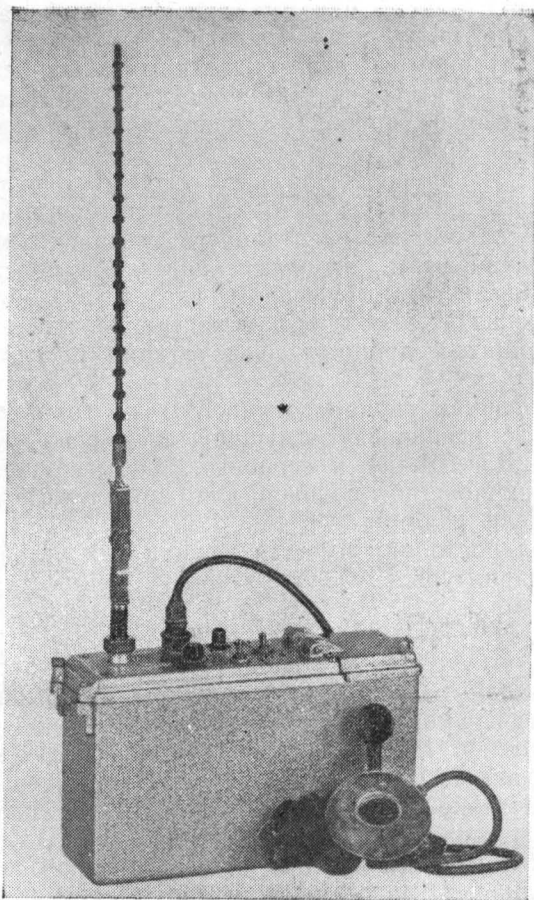


Рис. 76. Общий вид радиостанции 27P1

передатчик смонтирован в металлическом кожухе, в верхней части которого расположены органы управления станцией, а сбоку имеется отсек для аккумуляторов.

На передней панели приемо-передатчика расположены: кнопка «передача нажать», тумблер «прием — дежурный прием», переключатель каналов, тумблер питания «включение — выключение», штуцер штыревой антенны, колодка для фишки микрофонной гарнитуры и клемма противовеса.

Передняя панель крепится к кожуху четырьмя болтами. Меж-

ду кожухом и передней панелью вклеена резиновая прокладка для защиты блоков от пыли и влаги.

В аккумуляторном отсеке, оклеенном пенопластом для защиты от низких температур, имеется керамическая колодка, в которой прикреплены провода с наконечниками для подключения к аккумуляторам.

Радиостанция снабжена антенной системы Куликова. Антенна представляет $\frac{3}{4}$ -волновый вибратор, выполненный в виде гибкого штыва. Она состоит из стального троса с нанизанными на него дюралюминиевыми звеньями, антенной подставки, замка для натяжения антенны, буферного устройства, обеспечивающего постепенное натяжение троса, и регулировочного винта с гайкой, позволяющих в процессе эксплуатации регулировать натяжение троса.

Микротелефонная гарнитура состоит из головного телефона типа ТА-56М с резиновой заглушкой, щекфона (микрофонный капсульт типа ДЭМШ—1) и оголовья. От гарнитуры отходит кабель и заканчивается фишкой для подключения к штуцеру передней панели станции.

В сумке радиостанции имеется карман для антенны и микротелефонной гарнитуры.

Работа на радиостанции

Перед началом работы следует открыть крышку сумки и осмотреть органы управления, микротелефонную гарнитуру и штывевую антенну. Мелкие неисправности, следы коррозии необходимо устранить. В исходном, не рабочем, состоянии тумблер питания «включение-выключение» должен находиться в положении «выключено».

Затем нужно открыть крышку аккумуляторного отсека и проверить правильность подсоединения батареи к приемо-передатчику (токоотъемные провода должны быть подсоединены к станции согласно шильдикам крышки батарейного отсека).

Если фишка микротелефонной гарнитуры вынута из колодки, то ее необходимо подключить.

После этого вынимают из кармана сумки антенну и взводят ее, соблюдая необходимую осторожность. Введенную антенну устанавливают в штуцер антенного изолятора. Сумку укрепляют на левом боку и надевают на голову микротелефонную гарнитуру. Тумблер питания «включение — выключение» устанавливают в положение «включено», а тумблер «прием — дежурный прием» в положение «прием». В таком положении подается питание на приемник, а телефон подключается к выходу усилите-

ля низкой частоты. Появление шумов в телефоне свидетельствует о включении приемника. Поскольку приемник и передатчик при выбранном канале связи работают на одной частоте, то путем прослушивания в течение 2—3 сек. необходимо убедиться, что этот канал свободен и не занят другими корреспондентами.

Если канал свободен, то переключатель «прием — дежурный прием» переводят в положение «дежурный прием» и для вызова корреспондента нажимают кнопку «передача нажать». При посылке вызова кнопку держат в нажатом состоянии не менее 15 сек. После окончания вызова переключатель «прием — дежурный прием» переводится в положение «прием», нажимают на кнопку «передача нажать» и приступают к радиообмену с вызванным корреспондентом. Разборчивость передаваемого зависит, в основном, от положения щекофона на щеке. Полагая, что ответ корреспондента должен последовать, необходимо отпустить кнопку «передача нажать». Включение передатчика корреспондентом сопровождается исчезновением или резким снижением шумов в телефоне.

После окончания связи, если ожидается повторный сеанс через определенное время, радиостанцию переводят в положение дежурного приема, для этого переключатель ставится в положение «дежурный прием»

В целях экономии энергии аккумуляторов в режиме дежурного приема, питание автоматически подключается на 2—5 сек., с перерывом в 5—10 сек.

Антенна радиостанции обладает некоторой направленностью излучения. Поэтому для увеличения дальности действия станции штырь антенны следует несколько наклонить в противоположную направлению корреспондента сторону, а к клемме противовеса подключить кусок провода длиной 0,5 м и опустить его вниз.

После окончания связи тумблер питания «включение — выключение» ставят в положение «выключено», снимают микрофонную гарнитуру и антенну укладывают в карман сумки.

Скелетная схема приемо-передатчика

Приемо-передатчик радиостанции 27P1 выполнен по трансвертной схеме и состоит из следующих частей:

1. Блок высокой частоты, смонтированный на посеребренной керамической плате. На одной стороне платы расположены детали передатчика, на другой — приемника. Блок помещен в экран с запаянной крышкой.

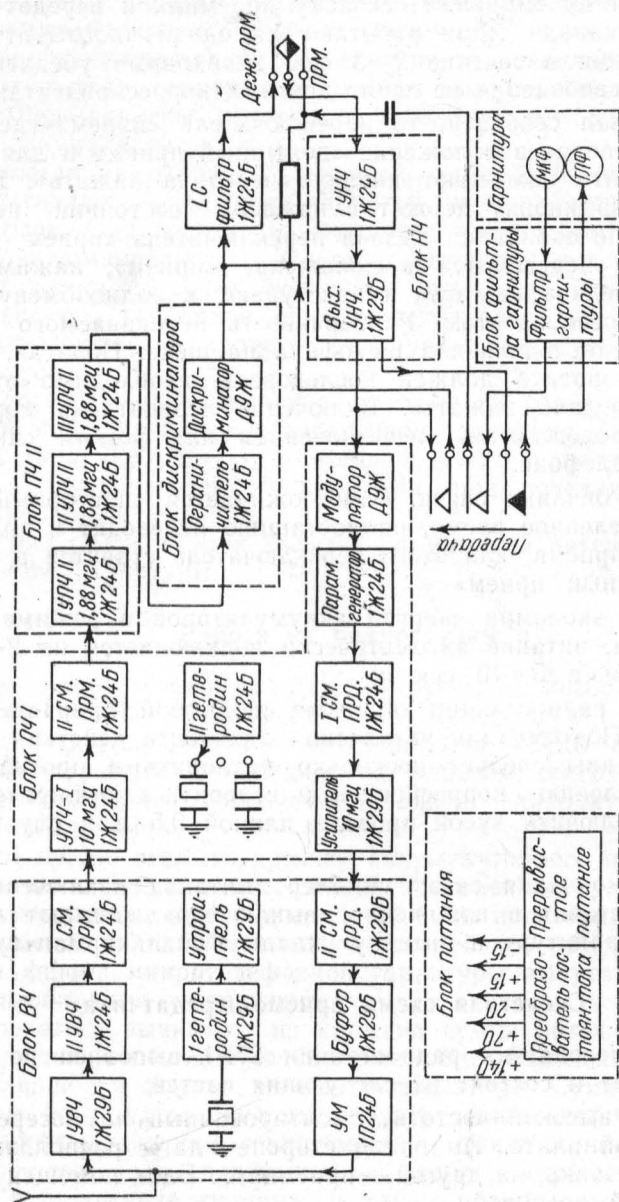


Рис. 77. Блок-схема приемо-передатчика станции 27P1

2. Блок первой промежуточной частоты, смонтированный на фольгированном гетинаксе (помещен в экранированный кожух).

3. Блок второй промежуточной частоты, смонтированный также на фольгированном гетинаксе и помещенный в экранированный кожух. Цепи питания электронных ламп выполнены печатным монтажом.

4. Блок ограничителя-дискриминатора, состоящий из катушек индуктивности, дросселя, конденсаторов и других деталей. Блок выполнен на фольгированной гетинаксовой плате и помещен в экран.

5. Блок усилителя низкой частоты, выполненный на фольгированной гетинаксовой плате, на одной стороне которой смонтирован усилитель напряжения, а на другой — усилитель мощности. Блок помещен в герметичный экран.

6. Блок *LC*-фильтра, выполненный аналогично предыдущим блокам.

7. Блок питания, состоящий из блокинг-генератора для питания анодных и экранных цепей радиостанции, собранный на транзисторах, и блок прерывистого питания, выполненный в виде несимметричного мультивибратора на триодах П13А.

8. Блок-фильтр гарнитуры, состоящий из высокочастотных дросселей и автотрансформатора.

Все блоки крепятся к общему алюминиевому шасси при помощи винтов и вместе с передней панелью приемо-передатчика помещаются в металлический кожух.

На блок-схеме (рис. 77) изображены отдельные каскады приемо-передатчика радиостанции 27Р1.

К передатчику относятся: I гетеродин, утритель, II гетеродин, параметрический генератор, I смеситель, усилитель 10 мГц, II смеситель, буфер и выходной каскад.

К супергетеродинному приемнику, состоящему из 15 стержневых ламп типа 1Ж24Б и 1Ж29Б, относятся: I и II усилители высокой частоты, I смеситель, I гетеродин, утритель, усилитель первой промежуточной частоты, II гетеродин, II смеситель, I, II и III усилители второй промежуточной частоты, ограничитель с дискриминатором, *LC*-фильтр и двухкаскадный усилитель низкой частоты.

I и II гетеродины работают как в режиме приема, так и в режиме передачи.

Усилитель низкой частоты при передаче используется в качестве микротелефонного усилителя, а в режиме дежурного приема совместно с *LC*-фильтром служит как тональный генератор.

§ 12. РАДИОСТАНЦИЯ ТИПА ПАРКС-0,08

Назначение и тактико-технические данные

Приемо-передающая радиостанция типа ПАРКС-0,08 работает в диапазонах волн от 25 до 120 м и от 500 до 1200 м и предназначена для двухсторонней связи как с однотипной, так и с другими наземными и самолетными радиостанциями. Она применяется для специальной служебной связи пожарных частей и штабных автомобилей с центральным диспетчерским пунктом.

Передачик радиостанции рассчитан на работу незатухающими колебаниями (телеграфный режим) и амплитудно-модулированными (телефонный режим).

В коротковолновом диапазоне мощность передатчика от 30 до 80 вт при телеграфной и от 10 до 40 вт при телефонной работе. В средневолновом — от 30 до 60 вт при телеграфной и от 10 до 30 вт при телефонной работе.

Радиостанция работает микрофоном и ключом. Она является симплексной с плавным диапазоном передатчика и приемника. Станция может устанавливаться в стационарных условиях с питанием от электросетей и на специальном автомобиле с питанием от силового агрегата.

Основные элементы радиостанции и их соединение показано на рис. 78.

Передачик радиостанции ПАРКС-0,08 (см. принципиальную схему на рис. 79) содержит задающий генератор, собранный на лампе 6ПЗС 1, модуляторный каскад с лампой 6Н7С 2 и усилитель мощности на лампе ГК-71 3.

Задающий генератор имеет коротковолновый 4 и 5 и средневолновый 6 и 5 колебательные контуры. Изменение параметров этих контуров производится переключателем поддиапазонов 7 и 8, меняющих число витков контурных катушек 4 и 6.

Если задающий генератор поставлен в нормальный режим питания, то в одном из контуров возникают незатухающие колебания, наличие которых определяется по свечению индикаторных ламп 9 или 10.

Возникшие колебания через разделительный конденсатор 11 подаются на управляющую сетку усилителя мощности 3.

В зависимости от рода работы (телефон, телеграф) управление колебаниями передатчика производится микрофоном или телеграфным ключом.

При телефонной работе (переключатель 12 устанавливается в положение «телефон») напряжение звуковой частоты от микрофона подается на сетку модуляторной лампы 2. С изменением напряжения на сетке величина анодного тока модулятор-

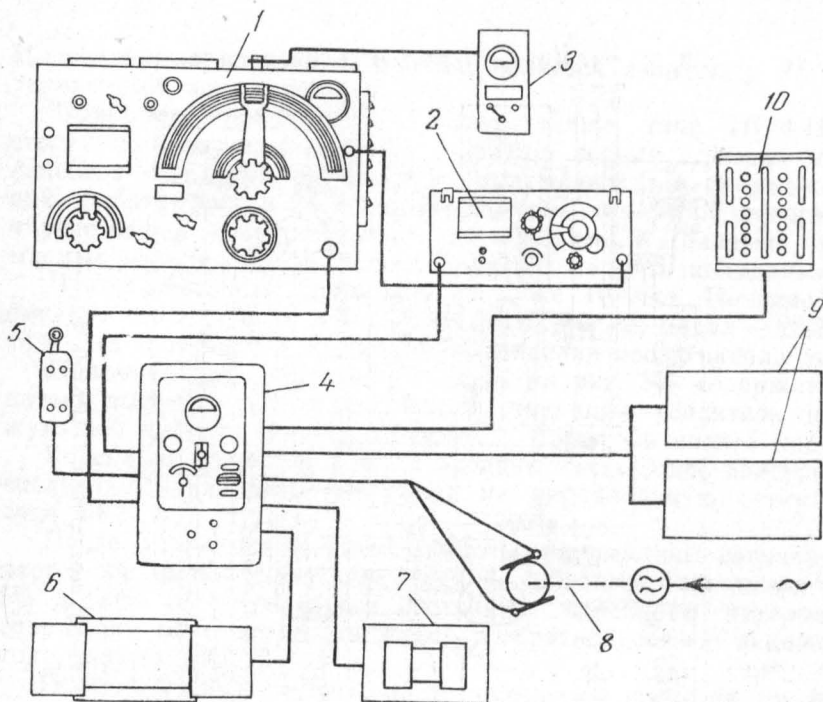


Рис. 78. Основные элементы радиостанции ПАРКС-0,08

1—передатчик; 2—приемник ПР—4П; 3—антенный щиток; 4—зарядно-распределительная коробка; 5—манипуляционный пульт; 6—умформер РУК—300В; 7—умформер РУ—ПАМ; 8—силовой агрегат (бензиновый или электрический двигатель и генератор постоянного тока); 9—аккумуляторы; 10—блок сопротивлений

ной лампы изменяется, а следовательно, меняется и напряжение на низкочастотном дросселе 13. Через конденсатор напряжение звуковой частоты подается на пентодную сетку лампы ГК-71 3, вследствие чего в анодной цепи усилителя мощности ток изменяется по амплитуде.

При телеграфной работе (переключатель 12 устанавливается в положение «телеграф») управление незатухающими колебаниями производится ключом, установленным на манипуляционном пульте. Телеграфная манипуляция осуществляется на экранную сетку усилителя мощности.

После усилителя мощности колебания через разделительный конденсатор 15 поступают в антенный контур, параметры которого можно изменять соответствующими ручками управления передатчика. С изменением параметров этих контуров производится настройка антенны в резонанс с частотой передатчика.

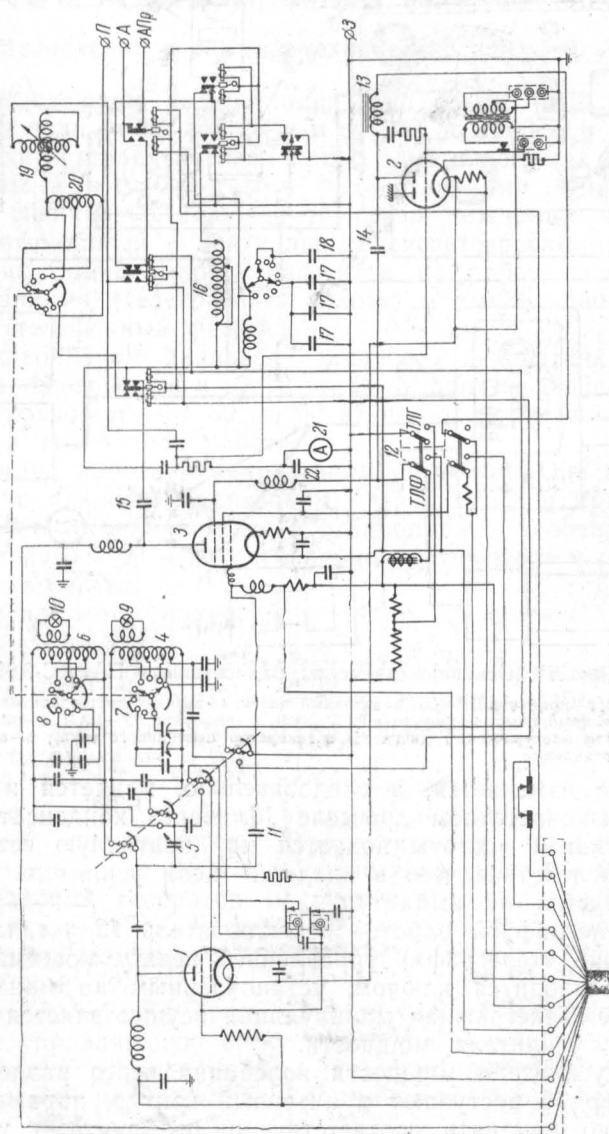


Рис. 79. Принципиальная схема передатчика ПАРКС-0,08

Индикаторами настройки антенны является амперметр 21, шунтированный конденсатором 22.

Приемник, приданный к радиостанции типа ПР-4-П, построен по супергетеродинной схеме на восьми лампах металлической серии. Он обеспечивает прием сигналов от радиостанций, работающих в режимах телефонии, тональной телеграфии и телеграфии незатухающими колебаниями. Диапазон принимаемых волн от 25 до 2000 м и разбит на пять поддиапазонов.

Чувствительность приемника не хуже 10 мкв. Питание приемника: анод — 220 в, потребляемый ток 50 ма; накал — 25,2 или 12,6 в (в зависимости от способа соединений цепей накала ламп).

Приемник (см. упрощенную схему на рис. 80) содержит усилитель высокой частоты, смеситель, гетеродин, усилитель промежуточной частоты, второй детектор и усилитель низкой частоты.

Колебания из антенны через входную часть (пять контуров по числу поддиапазонов) поступают на управляющую сетку пентода 6К7 1.

После усилителя высокой частоты напряжение сигнала подается на третью сетку смесителя 2, собранного на лампе 6А7. На первую сетку смесителя поступают колебания гетеродина, собранного по трехточечной схеме с обратной связью в цепи катода, лампа 6К7 7.

Промежуточная частота после смесителя подается на полосовые фильтры, настроенные на частоту 112 кГц. Усилитель промежуточной частоты в этом приемнике двухкаскадный, собранный на лампах 6К7 3 и 4.

После усилителя сигнал промежуточной частоты подается на левый анод диода 6Х6С 5, выполняющего функции детектора. Правый анод используется в системе автоматической регулировки громкости, действие которой заключается в изменении напряжения смещения на управляющих сетках.

Если несущий сигнал создает на выходе приемника напряжение ниже 12—15 в, то ток через диод отсутствует. Когда же несущий сигнал повысится и напряжение на выходе приемника превысит 15 в, то через диод начнет проходить ток, образующий на соответствующих сопротивлениях падение напряжения, которое и подается на управляющие сетки.

Автоматическая регулировка громкости рассчитана таким образом, что при увеличении напряжения приходящего сигнала в 1000 раз напряжение на выходе приемника увеличится не более чем в 5—8 раз.

Восьмая лампа 6К7 8 является вторым гетеродином, предназначенным для приема телеграфных незатухающих колебаний. Напряжение этого гетеродина подается на второй детектор

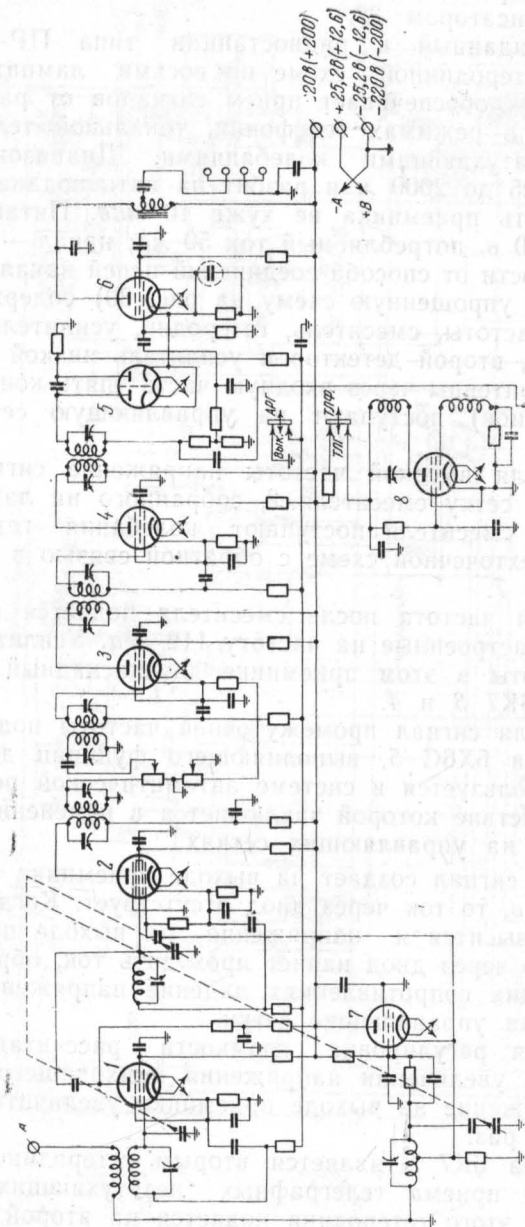


Рис. 80. Упрощенная схема приемника ПР-4П

5, и в результате взаимодействия с промежуточной частотой выделяется переменный ток с частотой 1000 гц.

Электропитание радиостанции. К источникам питания радиостанции ПАРКС-0,08 относятся: силовой агрегат, щелочные аккумуляторы, умформеры и зарядно-распределительная коробка.

Первоисточником энергии для радиостанции является силовой агрегат, работа которого сводится к следующему. От двигателя внутреннего сгорания типа Л-3/2 или электромотора типа АЛ-42/4, придаваемых к радиостанции, приводится во вращательное движение динамо-машина (генератор) типа ГСК-1500, которая вырабатывает постоянный ток напряжением 26—27 в. Этот ток через зарядно-распределительную коробку подается для питания всех цепей радиостанции, а именно: на зарядку аккумуляторов, для питания накала ламп приемника и передатчика и на умформеры.

Умформеров у радиостанции два, они являются преобразователями постоянного тока низкого напряжения в постоянный ток высокого напряжения. Один умформер типа РУ-11АМ вырабатывает постоянный ток напряжением 220 в для питания анодных и экранных цепей приемника, а второй типа РУК-300В создает постоянный ток напряжением 750 и 1500 в для питания анодных и экранных цепей передатчика.

Если аккумуляторы, приданные радиостанции, заряжены, то станция может получать электропитание от них. Их энергии достаточно на 1 час работы передатчика или на 20 часов работы приемника.

Для питания радиостанции применяются две группы щелочных батарей (каждая группа содержит три батареи типа 4ЖН—60), соединенных последовательно.

При питании радиостанции от генератора обе группы батарей соединяются параллельно и работают в качестве буферных аккумуляторов. Если же радиостанция питается только от аккумуляторов, то обе группы соединяются последовательно.

Двигатель внутреннего сгорания для радиостанции — четырехтактный, одноцилиндровый, карбюраторный. Его мощность — 3 л. с., число оборотов в минуту 2000—2200, расход горючего на 1 л. с. в час — 350 г.

Генератор ГСК-1500 четырехполюсный с параллельным возбуждением, номинальная мощность 1000 вт, снимаемый ток 36,4 а при напряжении 26—27 в, число оборотов в минуту 3800—5900.

Умформер РУ-11А представляет двухполюсный, одноякорный преобразователь. Потребляемый ток 1,4 а при напряжении 26 в. Снимаемое напряжение 220 в. Число оборотов в минуту 8000.

Умформер РУК-300В представляет трехполюсный, однокорный преобразователь. Потребляемый ток 19,1 а при напряжении 26 в. Снимаемое напряжение 750 и 1500 в.

Зарядно-распределительная коробка является связующим звеном всех элементов радиостанции, в которой находятся детали и узлы для распределения энергии силового агрегата и аккумуляторов.

Управление радиостанцией производится с манипуляционного пульта, на котором установлен телеграфный ключ и четыре тумблера.

Антенны радиостанции

Выходной контур передатчика рассчитан для работы с различными видами антенн, имеющими большой разброс по параметрам. При работе радиостанции применяются Г-образные, Т-образные, наклонные и вертикальные антенны.

Г-образная антенна относится к классу несимметричных антенн и работает поверхностным лучом. Она выполняется из медного антенного канатика диаметром 4,7 мм, подвешиваемого на мачты с оттяжками. На обоих концах горизонтально подвешенного канатика укрепляются орешковые изоляторы. К одному из концов канатика прикрепляется снижение. Суммарная длина снижения и горизонтальной части антенны от 14 до 30 м.

Противовесом служат металлические части аппаратуры радиостанции, а при необходимости подвешивают один — два проводника длиной, равной длине горизонтальной части антенны.

Штыревая антенна представляет вертикальный проводник длиной 4—6 м и выполняется из отдельных дюралюминиевых трубок. Трубки (колена) различного сечения вставляются одна в другую и удерживаются пружинящими защелками.

Противовесом штыревой антенны служат металлические части автомобиля или же восемь изолированных лучей по 6 м каждый (для стационарного варианта).

В качестве вертикальной антенны может быть использована телескопическая антенна, предложенная ЦНИИПО, которая состоит из дюралюминиевых труб разного диаметра. Выдвижение антенны производится вручную. Максимальная длина телескопической антенны от ее основания до вершины 7,44 м. Связь антенны с радиостанцией осуществляется многожильным медным изолированным проводником. Такая антенна устанавливается на крыше автомобиля и удерживается в вертикальном положении с помощью оттяжек. Противовесом телескопической антенны может служить изолированный медный провод диаметром 3—4 мм, длиной 20 м. Противовес натягивается над поверх-

ностью земли на высоте 0,5 м и направляется в сторону корреспондента.

Штыревая антенна работает поверхностным лучом и представляет несимметричный вибратор, диаграмма направленности которого в горизонтальной плоскости — окружность, а при наличии направленного противовеса — вытянута в сторону противовеса.

§ 13. ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ И ИХ ПОДАВЛЕНИЕ

Общие сведения о радиопомехах

Чувствительность современного радиоприемника определяется не только числом усилительных каскадов, но и уровнем помех. При наличии помех для уверенного приема необходимо некоторое минимальное значение напряженности поля полезного сигнала.

Чем выше уровень помех, тем ниже реальная чувствительность приемника. Помехи искажают полезный сигнал и воспринимаются в телефоне приемника в виде треска, шороха, щелчков, завываний и т. п.

Помехи в зависимости от источника делятся на следующие виды:

промышленные (излучения разных электрических устройств промышленных и бытовых установок);

атмосферные (излучения, вызванные грозовыми разрядами, атмосферными осадками, песчаными и магнитными бурями);

от других передатчиков (излучения передатчиков, работающих на близких несущих частотах);

собственные шумы приемника (так называемые флуктуационные токи, вызванные беспорядочным движением электронов в проводниках и лампах).

Уровень помех в зависимости от диапазона волн и местности изменяется в широких пределах (табл. 1).

Таблица 1

Диапазон волн	Местность	Средний уровень помех в мкв для ширины полосы	
		600 гц	200 гц
Средние волны	Крупный город	200	35
	Средний город	80	15
	Сельская местность	20	3,5
Короткие волны	Город	4	0,7
	Сельская местность	2	0,4

На длинных и средних волнах основными помехами являются промышленные и атмосферные излучения. Влияние этих видов помех в коротковолновом диапазоне значительно понижается. В диапазоне УКВ уровень атмосферных и промышленных помех еще более низкий.

Излучения от источника помех передаются через атмосферу или же по проводам, проходящим в этой зоне. При наличии проводов энергия помехи не рассеивается в пространстве, а направляется вдоль их на большие расстояния.

Электромагнитные колебания помехи проникают в приемник через антенну непосредственно из атмосферы или же от вторичных излучателей (проводов). При питании приемника от сети переменного тока помехи могут проникать по электропитающим проводам.

Источники радиопомех на автомобилях

Источниками радиопомех на автомобилях являются электрооборудование и шины колес, электризующиеся от трения о дорогу.

В табл. 2 приведены уровни поля радиопомех, создаваемых отдельными источниками автомобилей ЗИЛ-150, ЗИЛ-151 и ГАЗ-51 на расстоянии 1 м от середины левого крыла.

Таблица 2

Источник помех	Диапазон частот в мГц	
	0,15—20	120—150
	Значение уровней в мкВ	
Система зажигания	3000	30000
Генератор и реле-регулятор	10	300
Импульсные приборы	8	150
Стартер	15	250
Сигнал	5	500
Переключатель света	7	850

Из табл. 2 видно, что наибольшие помехи создаются системой зажигания двигателя.

В зависимости от режима работы карбюраторного двигателя изменяется интенсивность помех. Например, с повышением мощности двигателя уровень излучаемых помех возрастает.

На уровень и спектр помех влияет расстояние между электродами свечи. С увеличением искрового промежутка от 0,4 до 1 мм

уровень помех снижается приблизительно в 2 раза. Дальнейшее увеличение расстояния между электродами свечи приводит к увеличению помех.

Кроме системы зажигания, значительные помехи радиоприему создают генератор и реле-регулятор. Образование помех этими приборами происходит за счет искровых разрядов контактов, включенных в цепь обмотки возбуждения.

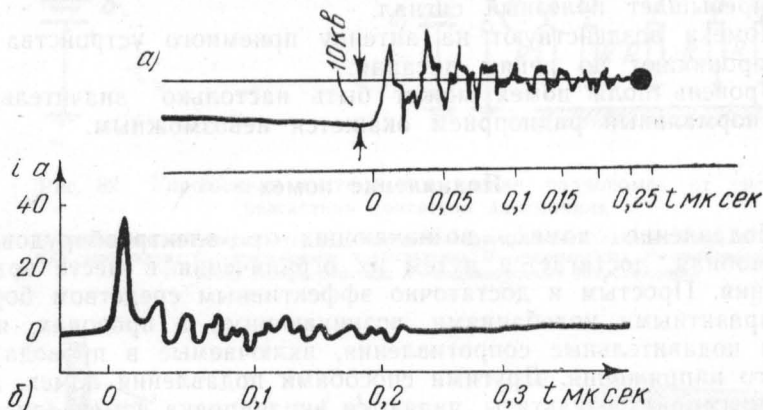


Рис. 81. Осциллограмма напряжения и тока при разряде между электродами свечи карбюраторного двигателя

α —осциллограмма напряжения; δ —осциллограмма тока

Другие электрические приборы, установленные на автомобиле (импульсные датчики, акустические сигналы, переключатели света и т. д.), также создают помехи, однако уровень поля этих помех в сотни раз меньше уровня поля помех, создаваемого системой зажигания.

Причиной возникновения помех от системы зажигания являются искровые разряды между электродами свечи и электродами распределителя.

На рис. 81 показана осциллограмма напряжения и тока при разряде между электродами свечи карбюраторного двигателя. Начальная стадия разряда обусловлена емкостной составляющей. Она характеризуется резким возрастанием тока, достигающим в пиковом значении 40 A . Емкостный разряд является наиболее интенсивным источником помех. После максимального значения разряд поддерживается за счет индуктивной составляющей. Искровой разряд, длящийся от 0,2 до 0,5 $\mu\text{сек}$, имеет непрерывный спектр и создает импульсные помехи практически на всем диапазоне радиочастот.

Помехи от системы зажигания в диапазоне УКВ особенно велики. Объясняется это тем, что токоведущие провода системы зажигания, свечи и распределитель образуют ряд колебательных контуров с резонансными частотами диапазона УКВ.

В диапазоне УКВ при отсутствии помехоподавляющих устройств уровень поля помехи на расстоянии 10 м от двигателя достигает нескольких тысяч микровольт на метр, что значительно превышает полезный сигнал.

Помехи воздействуют на антенну приемного устройства или же проникают по цепям питания.

Уровень поля помех может быть настолько значительным, что нормальный радиоприем окажется невозможным.

Подавление помех

Подавление помех, возникающих от электрооборудования автомобиля, достигается путем их ограничения в месте возникновения. Простым и достаточно эффективным средством борьбы с паразитными колебаниями, возникающими в проводах, являются подавительные сопротивления, включаемые в провода высокого напряжения. Другими способами подавления помех, дающими лучшие результаты, являются экранировка и металлизация электрооборудования.

Подавительное сопротивление, включенное последовательно искровому промежутку, повышает затухание паразитного контура, значительно снижает ток емкостного разряда, вследствие чего излучение помех в несколько раз уменьшается.

За последние 10 лет все грузовые и легковые автомобили отечественного производства выпускаются с помехоподавляющими устройствами.

Система зажигания шестицилиндрового автомобильного двигателя с упрощенной системой подавления радиопомех приведена на рис. 82.

В центральный провод распределителя (возможно ближе к крышке распределителя) включается подавительное сопротивление СЭ-01 (рис. 83а).

Непосредственно у свечей в провода высокого напряжения включаются подавительные сопротивления СЭ-02 (рис. 83б) и СЭ-12 (рис. 83 в).

Подавительные сопротивления изготавливаются из очищенного обуглероженного асбеста, перемешанного с бакелитовым лаком. Величина сопротивлений 8—13 ком.

Включенное непосредственно у искрового промежутка подавительное сопротивление сокращает длину излучающего про-

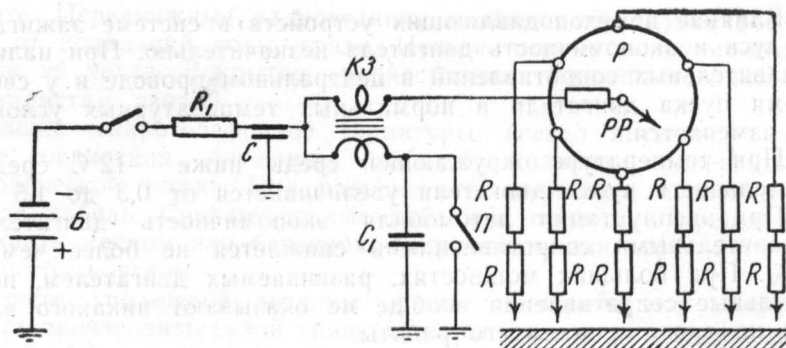


Рис. 82. Упрощенная система подавления радиопомех от системы зажигания двигателя автомобиля

Б—автомобильный аккумулятор; *R*₁—пусковое сопротивление; *C*—конденсатор; *KЗ*—катушка зажигания; *C*₁—конденсатор прерывателя; *II*—прерыватель; *P*—распределитель; *PP*—ротор распределителя; *R*—подавительные сопротивления

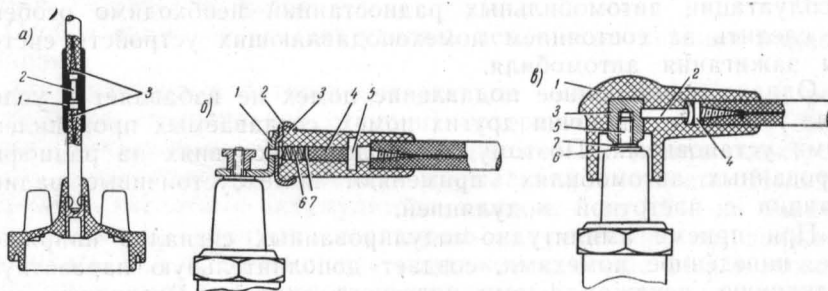


Рис. 83. Способы установки подавительных сопротивлений

а—крышка распределителя с центральным проводом: 1—карболитовый корпус; 2—сопротивление; 3—специальные шурупы; *б*—свеча с распределительным проводом: 1—угольник; 2—чашечка; 3—буртик корпуса; 4—сопротивление СЭ-02; 5—специальный шуруп; 6—пружина; 7—шайба; *в*—свеча с распределительным проводом: 1—карболитовый корпус; 2—сопротивление СЭ-12; 3—металлическая втулка; 4—шуруп; 5—электрод свечи; 6—шайба; 7—пружинный замок

вода, благодаря чему паразитные колебания резко уменьшаются.

Одно подавительное сопротивление, включенное в центральный провод, в 6—10 раз снижает уровень помех. При наличии подавительных сопротивлений в центральном проводе и у свечей степень подавления помех от системы зажигания возрастает в 18—50 раз.

Более глубокое подавление помех достигается путем полного экранирования цепей высокого напряжения с установкой подавительных сопротивлений и блокирующих конденсаторов.

Влияние помехоподавляющих устройств в системе зажигания на пуск и экономичность двигателя незначительно. При наличии подавительных сопротивлений в центральном проводе и у свечей время пуска двигателя в нормальных температурных условиях не изменяется.

При температуре окружающей среды ниже -12°C средняя длительность пуска двигателя увеличивается от 0,3 до 1,5 сек.

При эксплуатации автомобиля экономичность двигателя с подавительными сопротивлениями снижается не более чем на 1,5%. При больших мощностях, развиваемых двигателем, подавительные сопротивления вообще не оказывают никакого влияния на экономичность его работы.

В пожарной охране применяются в основном маломощные радиостанции. Напряженность поля в месте приема при работе передатчиков таких радиостанций составляет несколько микровольт на метр. Для надежной радиосвязи необходимо использовать не только высокочувствительные приемники, но и иметь эффективную помехозащитную систему. Поэтому в процессе эксплуатации автомобильных радиостанций необходимо особенно следить за состоянием помехоподавляющих устройств системы зажигания автомобиля.

Однако даже полное подавление помех не избавляет в условиях города от наличия других помех, создаваемых промышленными установками. Поэтому в городских условиях на радиодифференцированных автомобилях применяют помехоустойчивые радиостанции с частотной модуляцией.

При приеме амплитудно-модулированных сигналов напряжение, наведенное помехами, создает дополнительную паразитную модуляцию, искажая форму полезного сигнала. Различные схемы ограничителей и подавителей импульсных помех в приемниках с амплитудной модуляцией не избавляют радиоприем от шумов, создаваемых помехами.

Применение узкополосной частотной модуляции обеспечивает при прочих равных условиях большую дальность радиосвязи и лучшее качество в условиях воздействия высокого уровня помех.

§ 14. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОСТАНЦИЙ

Уход за радиостанциями

Радиостанции пожарной охраны представляют довольно сложные устройства, разработанные с учетом последних достижений в области электроники.

Обращаться с радиостанцией следует осторожно, оберегая ее от толчков, ударов и падений. Содержать ее необходимо в

чистоте. Передвижные радиостанции особенно тщательно оберегают от попаданий воды, грязи. Нельзя вынимать приемо-передатчик из чехла. Вскрытие радиостанции разрешается только специалистам связи.

Фишка микротелефонной гарнитуры, гнездо антенны, разъёмные соединения питающих кабелей должны подвергаться периодической чистке. При разъёме этих переходов нельзя дергать за кабель. Соединительные кабели и провода запрещается протирать маслом или бензином, закручивать или перегибать их под острым углом.

Очистку штыревой антенны, фишек и переходных колодок следует производить сухой тряпкой, но не песком или наждачной бумагой. Опускать (складывать) или поднимать штыревую антенну нужно аккуратно, не допуская резких перегибов.

При работе на пожаре или в дождливую погоду следует оберегать микротелефонную гарнитуру от влаги. После работы при низких температурах или большой влажности гарнитуру необходимо просушить. При надевании или снятии гарнитуры нельзя дергать за кабель.

Особое внимание следует уделять источникам питания радиостанции.

Аккумуляторные батареи (стартерные на автомобиле и резервные на стационарной станции) содержатся в чистоте (особенно токосъемные зажимы), они должны быть залиты электролитом до нормального уровня и нормальной плотности. Нельзя разряжать кислотные аккумуляторы ниже чем до 1,8 в на банку. Напряжение на клеммах стартерного аккумулятора не должно превышать 14,5 в. Превышение напряжения свыше 14,5 в может привести к выходу из строя электронных ламп приемо-передатчика. При замене или установке нового аккумулятора нельзя перепутывать полярность подключения.

Серебряно-цинковые аккумуляторы, устанавливаемые в батарейном отсеке переносной радиостанции 27P1, после каждой длительной работы необходимо зарядить. У одной банки аккумулятора СЦД-12 нормальное напряжение 1,5 в. Нельзя разряжать аккумулятор ниже чем 1,35 в на элемент. Так как внутреннее сопротивление этого аккумулятора очень мало, то ни в коем случае нельзя (во избежание потери энергии) замыкать его накоротко. Эти аккумуляторы при замыкании в импульсе могут дать ток, достигающий нескольких сотен ампер. Зарядка серебряно-цинкового аккумулятора производится при напряжении 2,1 в на элемент при зарядном токе не свыше 12 а. Уход за этим аккумулятором производится в соответствии со специальной инструкцией, прилагаемой к аккумулятору.

Работа на радиостанциях

На радиостанциях пожарной охраны работают лица, допущенные приказом начальника УПО — ОПО. Надежная радиосвязь во многом зависит от квалификации работающих на радиостанциях.

В соответствии с установленным распорядком при заступлении на дежурство каждая радиостанция, закрепленная за определенными лицами, проверяется на двухстороннюю связь. Проверке подвергается состояние всей аппаратуры, напряжение питающих батарей, исправность антенных устройств. При выявлении недочетов об этом сообщается центральной радиостанции гарнизона.

Для вхождения в связь по радио устанавливается рабочая частота, включается питание и производится настройка радиостанции (РУ-25-56, ПАРКС-0,08) в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Во время вхождения в связь и при радиообмене говорить перед микрофоном следует нормальным голосом (без выкриков), внятно, не торопясь, при этом микрофон рекомендуется держать вертикально.

На бесподстроечных и беспойсковых радиостанциях во время ведения связи никакой настройки аппаратуры не требуется.

Особенность ведения связи на ходу пожарного автомобиля заключается в наличии большого шума, вызванного движением автомобиля и наличием электрических помех работающего двигателя. Для нормального приема необходимо, чтобы напряжение полезного сигнала превышало напряжение помех двигателя, в противном случае связь может оказаться затруднительной или вовсе прекратиться. С целью уменьшения электрических помех необходимо заблаговременно проверить исправность помехоподавляющих устройств электрооборудования автомобиля (см. § 13). Для ультракоротковолновых станций с частотной модуляцией условием нормального приема является превосходство полезного сигнала над помехой на входе приемника в 1,7—2 раза.

Зимой влияние низкой температуры особенно сказывается на стартерных аккумуляторных батареях, емкость которых при этом резко сокращается. Для предохранения от воздействия низких температур аккумуляторы утепляют.

Аккумулятор переносной радиостанции 27Р-1 при низких температурах также понижает номинальную емкость. Поэтому при очень низких температурах длительная работа на этой радиостанции не рекомендуется.

Во время движения автомобиля под мостами, около высоких зданий или воздушных линий разного назначения может наблю-

даться понижение слышимости или же прекращение связи. Это явление объясняется особенностями распространения волн ультракоротковолнового диапазона. Распространение УКВ в городах связано со сложными процессами интерференции радиоволн, претерпевающих многократные отражения от построек и сооружений.

Для устойчивой связи хорошие результаты дают высокоподнятые антенны. Так как на пожарном автомобиле высота антенны не может быть изменена, то надежная связь часто достигается соответствующим расположением автомобиля на месте пожара.

При работе переносных радиостанций из укрытий волны УКВ диапазона могут поглощаться конструкциями здания и отражаться от них. Положительные результаты в этом случае достигаются при ориентировании радиостанций в направлении корреспондента и наклоне антенны в сторону, противоположную передаче. Некоторое увеличение дальности связи дает противовес, выполненный изолированным проводом длиной 0,5 м.

При работе на радиостанциях нельзя производить переключение каналов во время работы передатчика.

Во всех случаях вхождение в связь и радиообмен производится в полном соответствии с действующими приказами и положениями.

Планово-предупредительные работы и ремонтная база

В процессе эксплуатации радиостанций, особенно подвижных, их параметры могут отклоняться от норм вследствие механических воздействий, температурных изменений, влияния влаги, износа или старения деталей и ламп, нарушения нормальных условий электропитания и т. п.

Составной частью эксплуатации являются технические осмотры, выполнение которых производят хорошо подготовленные специалисты (мастера связи). Технические осмотры радиостанций проводятся по графику или по особому вызову без применения специальной измерительной аппаратуры. Цель осмотра заключается в следующем: выявить работоспособность передатчика и приемника радиостанции, определить состояние источников питания (аккумуляторов, преобразователей, фильтрующих устройств) и антенных устройств (фидера, излучателя, проходных и опорных изоляторов). Во время технических осмотров проверяют: механическую исправность и надежность крепления всех блоков аппаратуры, соединительных кабелей и фишек, разговорных приборов (микрофонной трубки, гарнитуры). В результате

осмотра устраняют возможные неисправности, и радиостанцию проверяют по основным электрическим характеристикам на двустороннюю связь с ближней и удаленной станцией.

О неисправностях и произведенном ремонте делается отметка в формуляре радиостанции.

В процессе эксплуатации радиоаппаратуры могут возникнуть неисправности, вызванные различными причинами. Наиболее сложным при ремонте радиостанции является не устранение найденного повреждения, а отыскание его.

Если специалисту не удается отыскать и устранить повреждение, то радиостанцию направляют в мастерские, а вместо нее устанавливают резервную.

Проверка соответствия параметров номиналам, регулировка блоков всех радиостанций производится не реже одного раза в год в специализированных мастерских управлений пожарной охраны, в задачу которых входит:

а) определение параметров отдельных элементов аппаратуры (измерение сопротивлений, характеристик ламп, полупроводниковых приборов, кварцев и др.);

б) определение величин, характеризующих режим работы аппаратуры (измерение напряжений и токов);


в) определение устойчивости работы и качественных характеристик аппаратуры (измерение частоты и мощности передатчиков, чувствительности и избирательности приемников, проверка качества модуляции и т. д.).

Эти работы проводятся по методике завода-изготовителя, изложенной в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации.

Для проверки и испытаний радиостанций специализированные мастерские укомплектовываются подготовленными кадрами и снабжаются необходимыми электроизмерительными и радиоизмерительными приборами.

Проверку основных параметров радиостанций можно производить следующими измерительными приборами: генератор стандартных сигналов (ГСС-30, ГСС-17, ГСС-6), ламповый вольтметр ВЛУ-2, измеритель частотной модуляции ИЧМ-5, генеродинный волномер типа 527, волномер высокой точности диапозонный ВВТД, звуковой генератор ЗГ-12, осциллограф ЭО-7, комбинированный измерительный прибор «Тестер» ТТ-4 или ТТ-2, измеритель выхода ИВ-4, измеритель ламп и измеритель нелинейных искажений ИНИ-12.

ЛИТЕРАТУРА

- И. С. Гоноровский. Основы радиотехники. Связьиздат, 1957.
Г. Б. Белоцерковский. Антенны. Оборонгиз, 1962.
Ю. А. Буланов, С. Н. Усов. Усилители низкой частоты и радиоприемные устройства. Госэнергоиздат, 1960.
М. С. Кауфман, Г. М. Янкин. Электронные приборы. Госэнергоиздат, 1960.
И. П. Жеребцов. Радиотехника. Связьиздат, 1963.
Н. Л. Лобанов. Детектирование радиосигналов. Оборонгиз, 1960.
И. Т. Пересыпкин. Военная радиосвязь. Оборонгиз, 1962.
С. А. Лютов, Г. П. Гусев. Подавление промышленных радиопомех. Связьиздат, 1960.
-
- 

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Глава I. Краткие основы радиотехники	3
§ 1. Общие понятия о радиосвязи	3
§ 2. Колебательные контуры	6
§ 3. Электронные, ионные и полупроводниковые приборы	13
§ 4. Радиопередающие устройства	40
§ 5. Антенные устройства	51
§ 6. Радиоприемные устройства	66
Глава II. Радиостанции пожарной охраны	86
§ 7. Организация радиосвязи пожарной охраны	86
§ 8. Радиостанции типа ЦРС-2 и АРС-2	93
§ 9. Радиостанции типа РУ-25-56	100
§ 10. Радиостанции типа 28Р1, 28Р2, 28РЗ, 43РЗ	107
§ 11. Радиостанция типа 27Р1	116
§ 12. Радиостанция типа ПАРКС-0,08	122
§ 13. Помехи радиоприему и их подавление	129
§ 14. Эксплуатация радиостанций	134
Литература	139

АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ЮЖАКОВ

Радиосвязь пожарной охраны

Редактор **В. П. Перевалюк**
 Обложка художника **Т. Ф. Елагиной**
 Технический редактор **Э. П. Чурова**
 Корректор **М. Д. Акифьева**

Сдано в набор 24 февраля 1964 г. Подписано к печати 22 апреля 1964 г.
 Формат бумаги 60×84¹/₁₆. Печ. л. 8,75. Уч.-изд. л. 8,0.
 Л-70768 Тираж 1900 Цена 38 коп. Зак. 60.
 Типография Высшей школы МООП РСФСР, Москва.

3