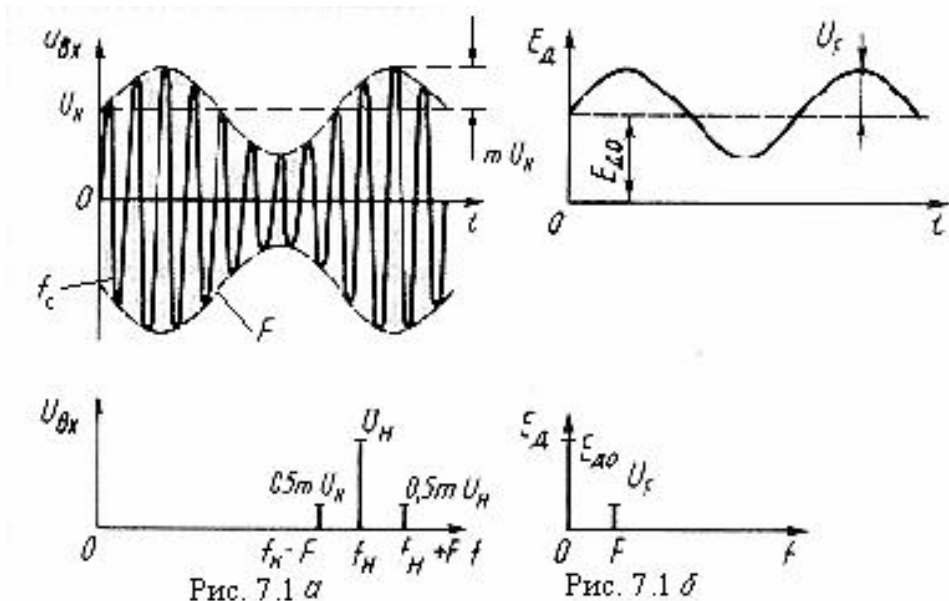


# Раздел 3. Детекторы. Регулировки. РПРУ различного назначения.

## Глава 7. Амплитудные детекторы и ограничители

### 7.1 Основные характеристики амплитудных детекторов



Амплитудный детектор (АД) – устройство, на выходе которого создается напряжение в соответствие с законом модуляции амплитуды входного гармонического сигнала. Если на входе АД действует напряжение  $u_{вх} = U_H(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_c t$ ,

модулированное по амплитуде колебанием с частотой  $F = \frac{\Omega}{2\pi}$  ( $U_H$  – амплитуда несущей,  $m$  – индекс модуляции), то график изменения этого напряжения во времени и его спектр имеют вид, показанный на рис. 7.1а. Напряжение на выходе детектора  $E_d$  и его спектр приведены на рис. 7.1б. В зависимости от способа выполнения АД можно подразделить на синхронные детекторы, использующие линейную цепь с периодически меняющимися параметрами (схема аналогична схеме ПрЧ с гетеродином, частота и фаза которого совпадают с частотой и фазой сигнала) и детекторы на основе нелинейной цепи (наиболее часто используются диодные АД). Коэффициент передачи АД (см. рис. 7.1)

$$K_d = \frac{U_F}{mU_H}$$

Основной характеристикой АД является детекторная характеристика, показывающая зависимость выпрямленного напряжения детектора от амплитуды высокочастотного напряжения, подводимого ко входу (рис. 7.2).

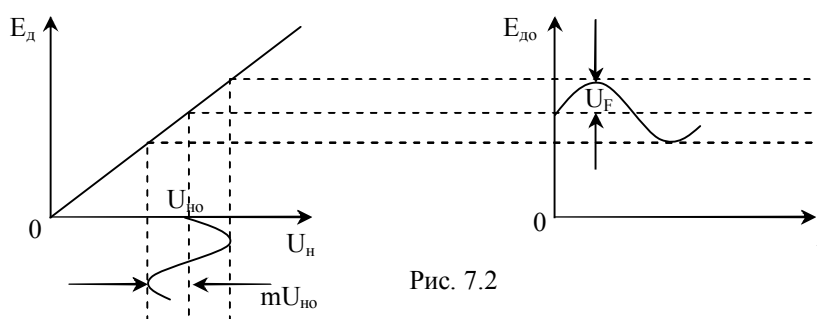


Рис. 7.2

Очевидно, для детектирования без искажений детекторная характеристика должна быть линейной. В этом случае по её наклону можно определить коэффициент передачи  $K_d$ .

### 7.2 Диодный АД. Принцип работы

Схема последовательного АД (нагрузка и диод включены последовательно) приведена на рис. 7.3. Принцип работы диодного АД можно пояснить с

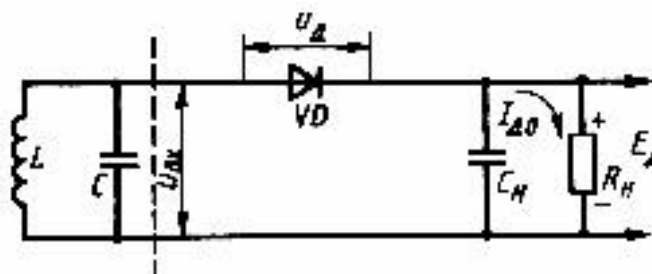


Рис. 7.3

временной или спектральной точек зрения.

#### Временная трактовка принципа работы АД

Пусть на вход АД поступает гармоническое напряжение с медленно меняющейся амплитудой  $u_{вх} = U_n \cos \omega_c t$  (рис. 7.4). Если напряжение  $u_{вх}$  положительно, то диод открывается и конденсатор нагрузки  $C_n$  начинает заряжаться. Постоянная времени заряда  $t_3$  мала, так как определяется ёмкостью  $C_n$  и малым сопротивлением открытого диода.

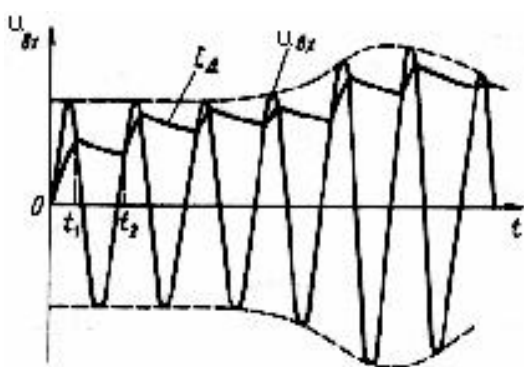


Рис. 7.4

Согласно рис. 7.3 напряжение на диоде  $u_d = u_{вх} - E_d$  и в момент времени  $t_1$  диод закрывается ( $u_{вх} < E_d$ ), а конденсатор начинает разряжаться через резистор  $R_n$ . Постоянная времени разряда конденсатора  $\tau_p = R_n C_n \gg \tau_3$ , поэтому разряд  $C_n$  происходит значительно медленнее, чем его заряд. Разряд конденсатора  $C_n$  продолжается до момента времени  $t_2$ , при котором  $u_d = 0$ , далее диод снова открывается и конденсатор  $C_n$  начинает

заряжаться. В результате на выходе АД создаётся протектированное напряжение  $E_d$ , имеющее пульсирующую составляющую с частотой сигнала. Уровень пульсаций мал, если  $\tau_p \gg 1/f_c$

#### Спектральная трактовка принципа работы АД

На рис. 7.5 показан характер изменения тока диода при постоянной амплитуде детектируемого сигнала в установившемся режиме.

Пренебрегая пульсациями, считаем, что напряжение на выходе детектора  $E_d$  постоянно во времени ( $U_n = \text{const}$ ) и обуславливает отрицательное напряжение

смещения на диоде, относительно которого прикладывается  $u_{ц}$ . ВАХ диода  $i_d = F(u_d)$  для простоты рассмотрения аппроксимирована линейно-ломанной зависимостью с нулевым обратным током. Ток через диод  $i_d$  протекает при открытом

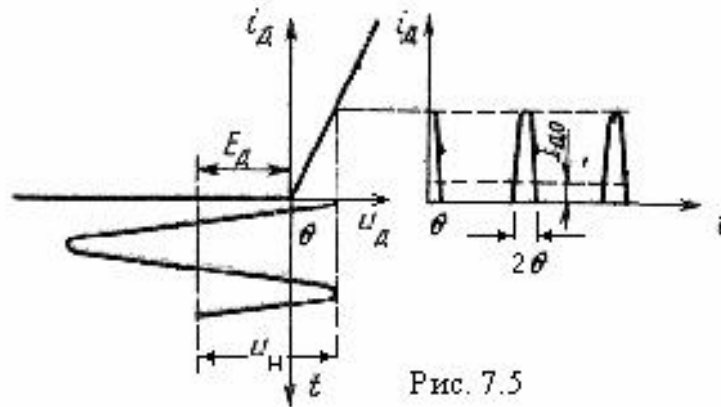


Рис. 7.5

диоде и представляет собой синусоидальные импульсы с углом отсечки  $\theta < 90^\circ$ . В этом токе (как в любой периодической функции) содержится постоянная составляющая  $I_{до}$  и высокочастотные составляющие с частотами  $f_c, 2f_c, \dots$ . Очевидно, постоянная составляющая протекает через сопротивление нагрузки  $R_n$  (по цепи:  $D - R_n - L - D$ ), создавая на ней выпрямленное напряжение  $E_d = I_{до} R_n$ , а высокочастотные составляющие замыкаются через  $C_n$  (по цепи  $D - C_n - LC$  контур  $- D$ ). Если  $u_{вх}$  – АМ-колебания, то напряжение  $E_d$  изменяется в соответствии с законом изменения огибающей входного напряжения.

Анализ детектора с идеализированной линейно-ломанной ВАХ показывает, что коэффициент передачи диодного детектора

$$K_d = \cos \theta,$$

где при  $S_{обр} = 0$   $\theta \approx \sqrt[3]{\frac{3\pi}{S_{прям} R_n}}$  ( $S_{прям}$  и  $S_{обр}$  –

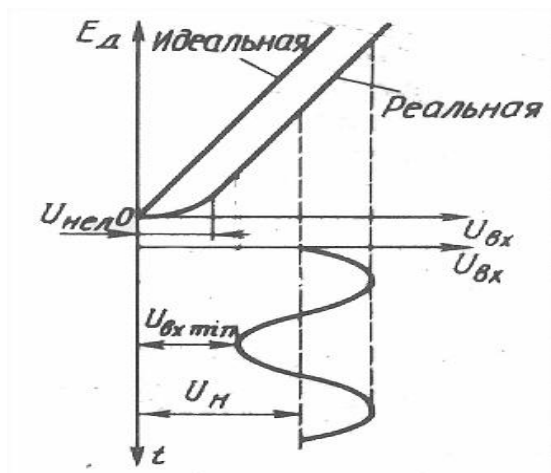


Рис. 7.6

крутизна прямого и обратного токов соответственно). Характеристика детектирования  $E_d = U_n \cos \theta$  в данном случае прямолинейна и детектирование осуществляется без искажений. Из других параметров следует обратить внимание на входное сопротивление АД, характеризующее его шунтирующее действие на источник сигнала. Можно показать, что при линейно-ломанной аппроксимации диода с  $S_{обр} = 0$  и при малых  $\theta$  входное сопротивление

последовательного АД  $R_{вх} \approx \frac{R_n}{2}$ , а параллельного АД, у которого нагрузка включена параллельно диоду, соответственно  $\frac{R_n}{3}$ .

### 7.3 Искажения при детектировании АМ – колебаний

1. Искажения из-за нелинейности характеристики детектирования. Характеристика детектирования реальных АД отличается от прямолинейной на начальном участке (рис. 7.6).

Искажения этого вида будут отсутствовать, если минимальное напряжение на входе детектора не попадёт в нелинейную область, т.е.

$U_{вх\ min} = U_n(1 - m) \geq U_{нел.}$ . Для выполнения этого условия нужно, чтобы амплитуда несущего колебания на входе АД

$$U_n \geq \frac{U_{нел.}}{1 - m}.$$

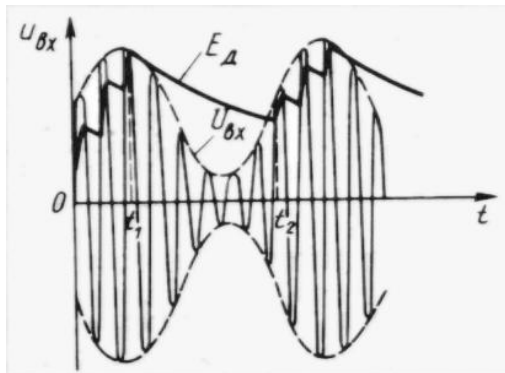


Рис. 7.7

2. Искажения из-за большой постоянной времени нагрузки  $\tau_n$ . Рис. 7.7 поясняет механизм возникновения нелинейных искажений, вызванных слишком большой постоянной времени  $\tau_n$ . При этом в интервале времени  $t_1-t_2$  напряжение  $E_d > U_{вх}$ , диод закрыт и скорость разряда конденсатора  $C_n$  меньше скорости спада напряжения  $U_{вх}$ . Условием отсутствия

искажений является  $\tau_n = R_n C_n < \frac{\sqrt{1 - m^2}}{m\Omega}$ , где

$\Omega$  - высшая угловая частота модуляции.

3. Искажения из-за соизмеримости частоты модуляции  $F$  и частоты несущего колебания  $f_n$ . При соизмеримости частот  $F$  и  $f_n$  напряжение  $E_d$  практически перестаёт следить за изменением  $U_{вх}$ . Поэтому частоту несущей следует выбирать из условия  $f_n = f_{пр} > (5-10)F_{max}$ , где  $F_{max}$  – максимальная частота модуляции.

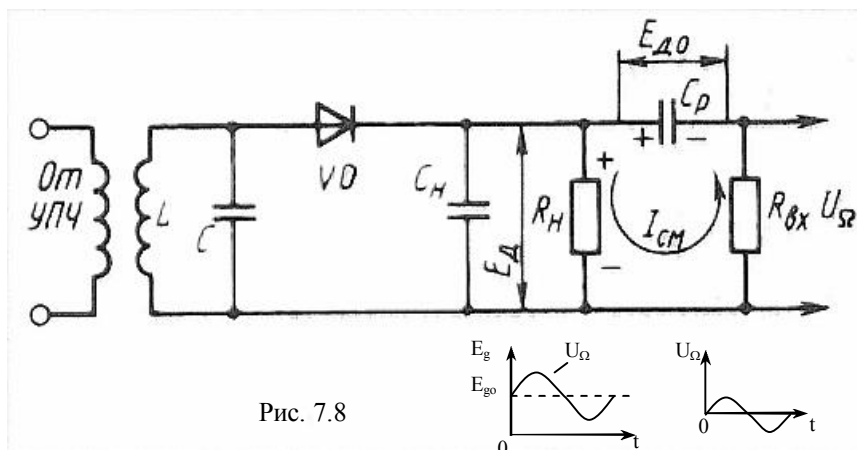


Рис. 7.8

4. Искажения из-за влияния разделительной цепи. Схема АД с разделительной цепью  $C_p R_{вх}$  показана на рис. 7.8. Напряжение  $E_d$  на резисторе  $R_n$  содержит постоянную

составляющую  $E_{до}$ , соответствующую уровню протектированной несущей и переменную низкочастотную составляющую, соответствующую передаваемому

Переменная проходит на вход каскада (УНЧ) через конденсатор  $C_p$  постоянная

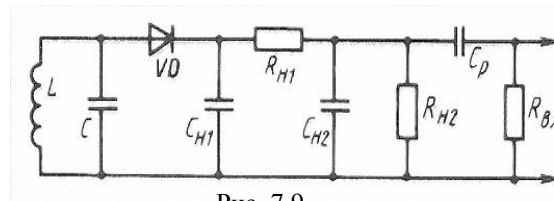


Рис. 7.9

сообщению. составляющая следующего цепь  $C_p R_{ВХ}$ . На выделяется составляющая

$E_{до} = U_n \cos \theta$ , где  $\cos \theta$  - коэффициент передачи АД,  $U_n$  - амплитуда несущей напряжения на входе АД. Конденсатор  $C_p$  становится источником постоянного напряжения и вызывает ток  $I_{см}$ , создающий на  $R_n$  запирающее

напряжение  $E_{см} = \frac{E_{до} \cdot R_n}{R_n + R_{вх}}$ . Детектор становится пороговым. Для борьбы с

искажениями нужно выполнить условие:  $U_{вх \min} \geq E_{см}$ , что при заданных  $R_n$  и  $m$  сводится к правильному выбору  $R_{вх} \geq \frac{mR_n}{1-m}$ . Кроме того, используют

детектор с отдельной нагрузкой (рис. 7.9), в котором сопротивление нагрузки по постоянному току  $R_n = R_{H1} + R_{H2}$ . Смещение заметно уменьшается, так как создаётся только на  $R_{H2}$ . Однако во столько же раз снижается и коэффициент передачи  $K_d$ .

#### 7.4 Виды ограничителей

Ограничителем называют устройство, обеспечивающее постоянство

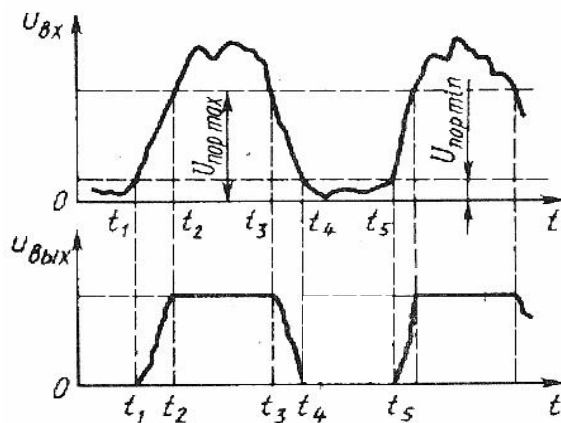


Рис. 7.10

выходного напряжения при изменении входного в определённых пределах. Ограничители подразделяются на

ограничители мгновенных значений и амплитудные. В ограничителях

мгновенных значений обеспечивается постоянство максимальных или

минимальных (или тех и других) значений на выходе ограничителя. На

рис. 7.10 показаны сигналы на входе и выходе двухпорогового ограничителя.

При превышении сигнала на входе

некоторого

порогового уровня  $U_{пор,max}$ , напряжение на выходе остаётся постоянным. Аналогично, если уровень сигнала на входе ниже  $U_{пор,min}$ , то напряжение на выходе также постоянное (в частности, нулевое).

Амплитудные ограничители (АО) служат для ограничения гармонических колебаний с медленно меняющейся амплитудой. Диаграммы соответствующих напряжений поразаны на рис.7.11.

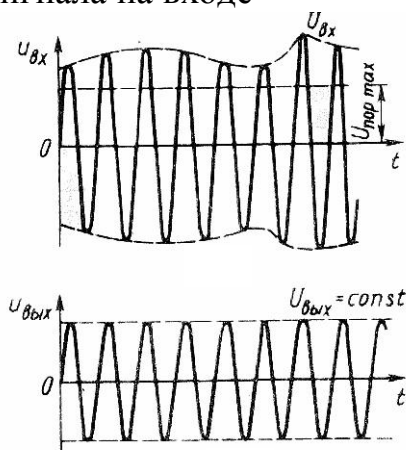


Рис.7.11

Напряжение на выходе АО постоянно по амплитуде, однако фаза и частота сигнала при ограничении практически не изменяются. Такие ограничители используются для устранения паразитной АМ и не вносят искажений в частотную и фазовую модуляции. АО применяются в РПРУ перед детекторами угловой модуляции (частотными и фазовыми) для устранения паразитной АМ, которая обязательно возникает в результате прохождения сигналов с угловой модуляцией через радиотракт с неидеальной АЧХ. При отсутствии АО паразитная АМ будет передана на выход детектора с угловой модуляцией, реагирующей на любые изменения амплитуды (см. ниже). Операция ограничения – нелинейная и для обеспечения на выходе АО гармонического напряжения нужно после нелинейного преобразования  $u_{вх}$

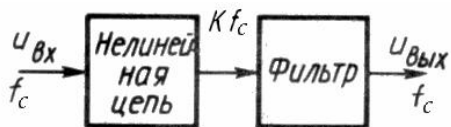


Рис. 7.12

осуществить фильтрацию (рис. 7.12).

В зависимости от вида нелинейной цепи АО подразделяются на диодные и транзисторные.

### 7.5. Диодные АО

Диодный АО (рис. 7.13) - это резонансный однокаскадный усилитель, в котором параллельно контуру подключен диод с источником постоянного запирающего смещения  $E_d$  (схема с фиксированным смещением). Вместо источника можно включить параллельную RC – цепь

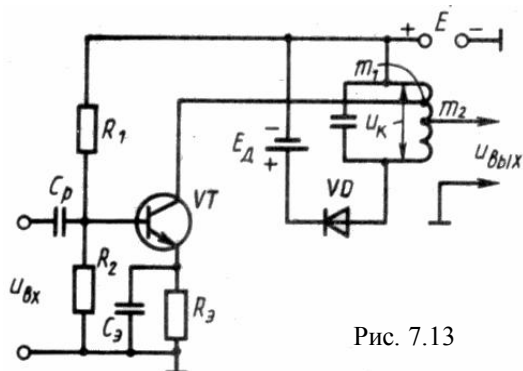


Рис. 7.13

(схема с автоматическим смещением). Напряжение  $E_d$  получается при этом за счёт детектирования напряжения на контуре  $U_k$ . Чтобы  $E_d$  практически не менялось при изменении огибающей напряжения на контуре постоянная времени  $\tau=RC$  выбирается достаточно большой (по сравнению с периодом паразитной АМ).

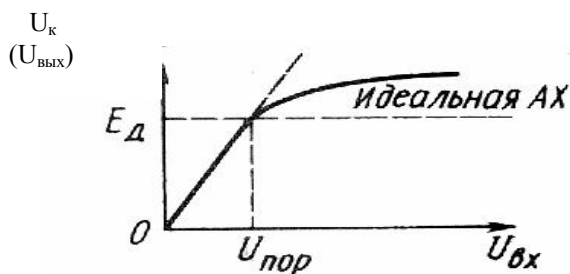


Рис. 7.14

Принцип работы диодного АО: Если амплитуда напряжения на контуре  $U_k < E_d$ , то диод закрыт и не оказывает влияния на контур. В этом случае устройство работает как усилитель с коэффициентом усиления  $K_0 = U_k / U_{вх}$

(рис. 7.14). Если  $U_k < E_d$ , то диод открывается, его входное сопротивление

начинает шунтировать контур, (и шунтирует его тем больше, чем больше угол отсечки  $\theta$ ), его эквивалентное сопротивление  $R_э$  уменьшается, следовательно, снижается коэффициент усиления. Отметим, что снижение коэффициента усиления  $K_0$  при увеличении  $U_{вх}$  происходит до тех пор, пока увеличивается шунтирующее действие диода, т.е. возрастает угол отсечки  $\theta$ . (При  $U_{вх} \gg E_d$   $\theta \approx 90^\circ$ ). На рис. 7.14 представлена основная зависимость, характеризующая работу АО – амплитудная характеристика (АХ),

показывающая как изменяется амплитуда выходного напряжения  $U_{\text{вых}} \sim U_k$  при изменении амплитуды входного напряжения  $U_{\text{вх}}$ . Чтобы приблизить АХ к идеальной, следует выбирать диод с возможно большей крутизной, а контур с большим эквивалентным резонансным сопротивлением  $R_3$  или включить в параллель два диода (для увеличения их шунтирующего действия).

### 7.15. Транзисторные АО

Существует несколько разновидностей транзисторных АО. Простейший выполнен на одном транзисторе и схема его совпадает со схемой усилителя (апериодического для ограничителя мгновенных значений или резонансного для АО). В отличие от усилителя транзистор АО работает в нелинейном режиме, для чего коллекторное напряжение  $U_{\text{кэо}}$  берут меньше чем в обычном усилителе. Процесс двустороннего ограничения иллюстрируется на рис. 7.15.

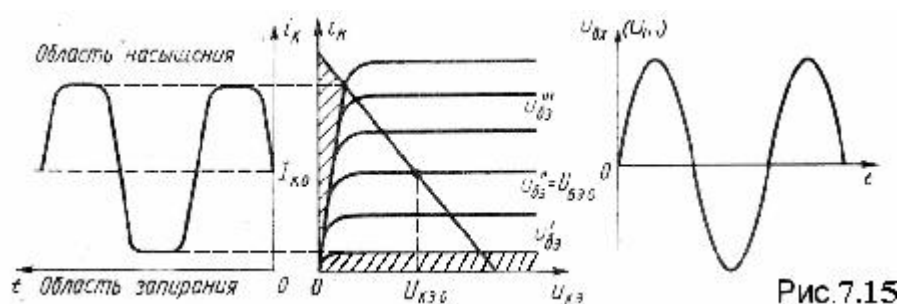


Рис.7.15

#### Вопросы для самопроверки

1. На основе каких систем можно реализовать амплитудный детектор?
2. Поясните принцип действия синхронного АД.
3. Объясните принцип действия диодного АД с временной и спектральной точек зрения.
4. Как определяется, чему равен и от каких параметров зависит коэффициент передачи диодного АД с линейно – ломаной ВАХ без начального смещения?
5. От каких параметров зависит входное сопротивление последовательного диодного АД и почему оно меньше у параллельного АД?
6. Какие искажения возникают при детектировании АМ – колебаний и какие способы борьбы с ними?
7. В чём разница между ограничителем мгновенных значений и амплитудным ограничителем?

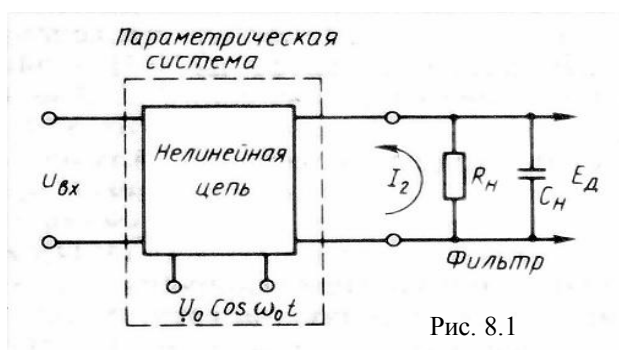
8. По какой характеристике оценивается действие амплитудных ограничителей и как выглядит идеальная характеристика?

9. Поясните принцип работы диодных и транзисторных АД.

10. Что такое детекторная характеристика АД? Как оно зависит от сопротивления нагрузки и почему?

## Глава 8. Детекторы сигналов угловой модуляции.

### 8.1. Фазовые детекторы



Фазовым детектором (ФД) называется устройство, служащее для создания напряжения, пропорционально фазе входного сигнала  $u_{вх} = U_{вх} \cos[\omega_{вх}t + \varphi(t)]$ . При этом обычно оценивается разность фаз между сигналом и опорным колебанием. ФД можно выполнить на основе линейной системы с

переменными параметрами. Структурная схема ФД при этом (рис. 8.1) совпадает со структурной схемой ПрЧ. Отличие состоит в том, что частота гетеродина (опорное напряжение)  $\omega_r = \omega_{вх} = \omega_0$  (синхронизация по частоте), а в качестве фильтра используется ФНЧ, так как преобразование происходит на нулевую частоту ( $f_{пр} = f_0 - f_{вх} = 0$ ). Напряжение на выходе согласно (6.2) определяется

$$E_d = 0,5 S_1 U_{вх} R_H \cos \varphi, \quad (8.1)$$

где  $S_1$  – амплитуда первой гармоники крутизны тока ПЭ;  $\varphi = \varphi_0 - \varphi_{вх}$ .

Выражение (8.1) получено в предположении, что  $U_{вх} \ll U_0$ . При этом характеристика детектирования близка к косинусоиду. В то же время принцип действия ФД можно пояснить, не рассматривая его как параметрическую цепь и не накладывая требований к уровню входного сигнала. Согласно рис. 8.1 ФД можно представить как систему с амплитудным детектированием суммы двух гармонических колебаний  $u_{вх}$  и  $u_0$ . Амплитуда суммарного колебания зависит от фазового сдвига между входным и опорным напряжениями  $U_{\Sigma} = \sqrt{U_0^2 + U_{вх}^2 + 2U_0 U_{вх} \cos \varphi}$ . Напряжение на выходе определяется коэффициентом передачи амплитудного детектора  $K_d$ , то есть  $E_d = K_d U_{\Sigma}$ . Можно показать, что вид характеристики детектирования



определяется соотношением между  $U_0$  и  $U_{вх}$ , представляя собой например косинусоиду при  $U_{вх} \ll U_0$  и циклоиду при  $U_0 \approx U_{вх}$ .  
 Пример простейшей схемы однотактного диодного ФД приведен на рис. 8.2.

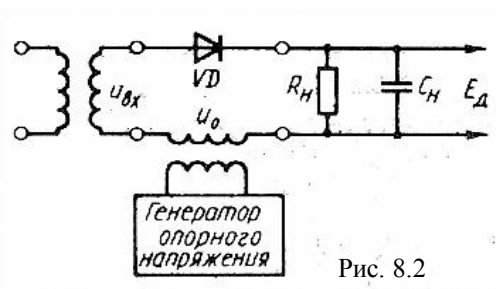


Рис. 8.2

### 8.2. Частотные детекторы. Принцип действия

Частотным детектором называется устройство, служащее для получения напряжения, изменяющегося в соответствии с законом изменения частоты входного сигнала. При частотной модуляции (ЧМ) гармоническим сигналом входной сигнал описывается выражением

$$u_{вх} = U_{вх} \cos \omega_{вх}(t)t,$$

$$\text{где } \omega_{вх}(t) = \omega_H - \Delta\omega_{max} \cos \Omega t;$$

$\omega_H$  – угловая частота несущего колебания,

$\Delta\omega_{max}$  – девиация угловой частоты входного сигнала,

$\Omega$  – угловая модулирующая частота.

На рис. 8.3 показаны соответствующие временные зависимости.

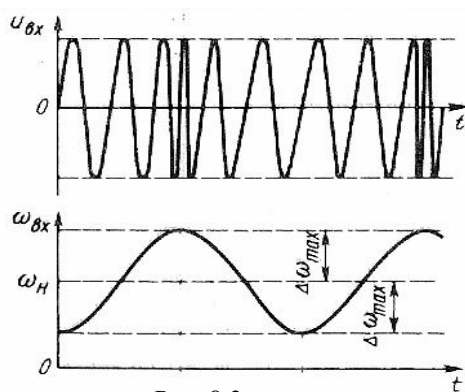


Рис. 8.3

Принцип частотного детектирования состоит в преобразовании ЧМ колебания в линейной системе в колебания с другим видом модуляции с последующим детектированием преобразованного колебания безинерционной нелинейной цепью.

Преобразовать ЧМ колебание можно в

колебания следующих видов:

амплитудно – частотно – модулированное (АЧМ), у которого амплитуда меняется в соответствии с изменением частоты колебания при сохранении частотной модуляции. Это преобразование можно осуществить в линейной цепи с реактивными элементами, сопротивление которых зависит от частоты. АЧМ колебания затем детектируются АД;

- фазочастотное с последующим фазовым детектированием.

Очевидно, в конечном итоге в любом случае изменение частоты преобразуется в изменение амплитуды непосредственно или в фазовом детекторе.

### 8.3. Частотный детектор с одиночным контуром.

Простейшим детектором с преобразованием ЧМ – АЧМ является ЧД детектор с одиночным колебательным контуром (рис. 8.4).

Для преобразования ЧМ – АЧМ используется наклонный участок АЧХ контура, где зависимость  $U_k$  от  $f$  близка к линейной (рис. 8.5). При этом контур расстроен относительно несущей частоты сигнала. Напряжение на выходе ЧД в соответствии с (7.2) и (5.6):

$$E_d = U_k \cos \Theta = \frac{U_{ko} \cos \Theta}{\sqrt{1 + \left[ \frac{2(f_c - f_0)}{f_0 d_3} \right]^2}}, \quad (8.2)$$

где  $\cos \theta$  - коэффициент передачи АД.

Характеристика детектирования, построенная в соответствии с выражением (8.2), по форме совпадает с отрезком АЧХ используемой в ЧД линейной цепи ( в данном случае с отрезком резонансной характеристики контура).

Недостатками этих простейших детекторов являются:

- 1) недостаточная линейность характеристики детектирования (линейность можно несколько повысить, увеличивая добротность контура);
- 2) относительно малая крутизна характеристики детектирования;
- 3) при изменении знака отклонения от несущей частоты, выходной сигнал не меняет знак (характеристика не проходит через 0), следовательно такой детектор нельзя использовать в системе АПЧ (см. ниже).

Эти недостатки устраняются в балансных ЧД.

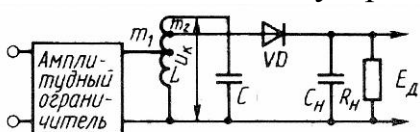


Рис 8.4

### 8.4. Балансный частотный детектор с взаимно расстроенными контурами

взаимно расстроенными контурами показана на рис. представляет собой два ЧД с одиночными контурами расстроенными относительно несущей частоты сигнала в разные стороны на одну и ту же величину  $\delta f$ . Например,  $f_{01} = f_H + \delta f$ ;  $f_{02} = f_H - \delta f$ .

Напряжение на выходе балансного ЧД определяется разностью выходных напряжений одиночных ЧД, т.е.  $E_d = E_{d1} - E_{d2}$ .

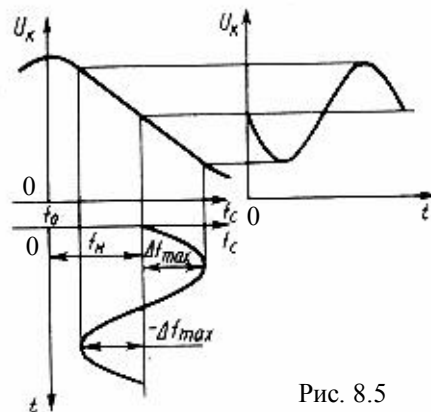


Рис. 8.5

Схема балансного частотного детектора с

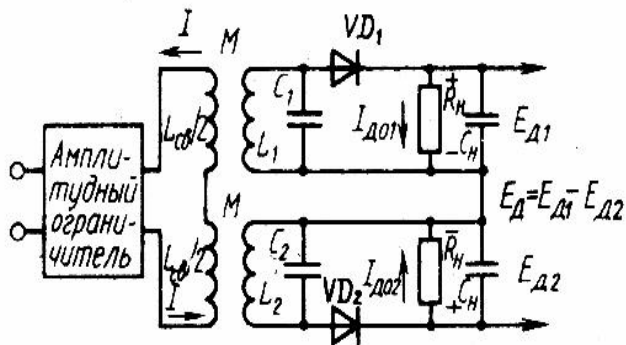


Рис. 8.6

8.6 и

же

Результату-  
ющая  
характерис-  
тика  
детектиро-  
вания (рис.  
8.7)  
балансного  
ЧД с  
взаимно

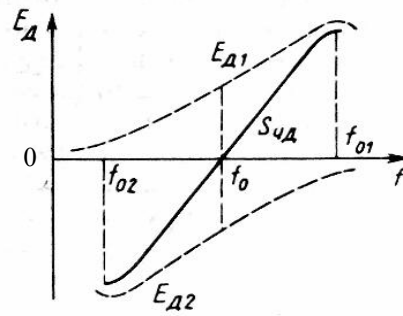


Рис. 8.7

расстроенными контурами практически симметрична, следовательно отсутствуют искажения по чётным гармоникам (выше линейность), характеристика имеет большую крутизну и проходит через ноль, отображая не только величину, но и знак отклонения частоты от несущей. Очевидно, при слишком сильной расстройке между контурами характеристика детектирования становится нелинейной.

#### Вопросы для самопроверки

1. Объясните принцип действия синхронного фазового детектора.
2. Объясните назначение АО при детектировании сигналов с угловой модуляцией.
3. Укажите особенности одноктных и балансных частотных детекторов. В чём заключается их отличие?
4. Поясните принцип работы простейшего ЧД с преобразованием отклонения частоты в изменение амплитуды.
5. Поясните принцип работы балансного ЧД с взаимно расстроенными контурами.
6. Изобразите схему и объясните принцип работы одноктного диодного ФД.
7. Какая зависимость называется характеристикой детектирования ЧД? Чем отличаются характеристики детектирования одноктного и двухтактного ЧД?
8. К чему приведет слишком большая расстройка между контурами в ЧД с взаимно расстроенными контурами? Поясните.
9. Почему при прохождении радиотракта приемника частотно-модулированный сигнал приобретает паразитную амплитудную модуляцию?
10. Какой зависимостью определяется характеристика детектирования синхронного ФД?

## Глава 9. Регулировки в радиоприемных устройствах

### 9.1 Способы регулировки усиления резонансного усилителя

Назначением регулировки усиления является изменение коэффициента усиления РПрУ в зависимости от величины входного сигнала, которая может меняться из-за замираний, изменения условий распространения, передвижения приёмника и т.д.

Регулировка усиления осуществляется в трактах радиочастоты, промежуточной частоты и в последетекторной части. Регулировка бывает ручной и автоматической. При этом способы регулировки усиления общие для ручной и автоматической регулировок, а отличие заключается в создании напряжения регулировки  $E_{\text{рег}}$ .

Исходными положениями при синтезе устройств регулировки усиления являются следующие:

1. Резонансный коэффициент усиления усилителя согласно (5.5)  $K_0 = m_1 m_2 S R_{\text{экв}}$ . Следовательно, регулировка может осуществляться изменением любой величины, входящей в это выражение.

2. Вырабатываемое напряжение  $E_{рег}$  должно существенно влиять на значение  $K_0$  и по возможности не влиять на другие параметры каскада.
3. Мощность, потребляемая цепью регулировки должна быть по возможности малой (мал ток регулировки).

Исходя из этих положений, рассмотрим основные способы регулировки усиления.

Регулировка изменением крутизны носит название режимной регулировки, так как осуществляется за счёт изменения точки покоя, путём изменения напряжения смещения на управляющем электроде электронного прибора, то

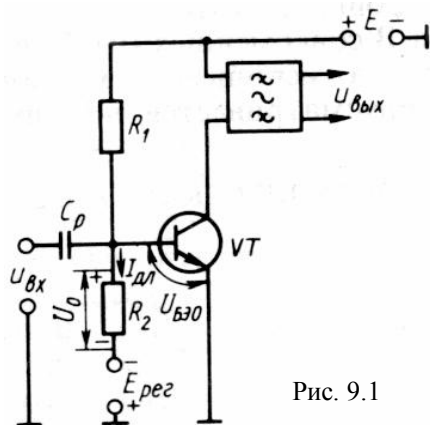


Рис. 9.1

есть режима работы. Заметим, что при изменении напряжения смещения  $U_{зио}$  в полевом транзисторе меняется практически только крутизна  $S$ , тогда как в биполярном транзисторе при изменении  $U_{БЭО}$  изменяются входные и выходные параметры транзистора ( $g_{вх}$ ,  $g_{вых}$ ,  $C_{вх}$ ,  $C_{вых}$ ), что влияет на показатели усилителя.

Регулирующее напряжение  $E_{рег}$  может подаваться в цепь эмиттера или цепь базы (биполярного) транзистора. Однако при подаче

$E_{рег}$  в цепь базы (рис. 9.1) ток регулировки  $I_{рег} = I_{дел} = (5 \div 10) I_{бо}$  во много раз меньше тока регулировки в цепи эмиттера.

Согласно рис. 9.1  $U_{БЭО} = U_0 - E_{рег}$ . По мере увеличения  $E_{рег}$  напряжение смещения  $U_{БЭО}$  уменьшается, что влечёт за собой уменьшение крутизны, а следовательно, и  $K_0$ . Недостатком этой схемы является её низкая стабильность из-за отсутствия резистора в цепи эмиттера  $R_э$ , включение которого препятствовало бы изменению рабочей точки, а следовательно приводило бы к уменьшению эффективности регулировки.

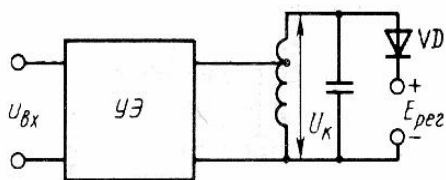


Рис. 9.2

Регулировка изменением  $R_{эКВ}$  может осуществляться различными способами, например путём подключения шунтирующего диода (рис. 9.2). При  $E_{рег} < U_k$  диод закрыт и не шунтирует контур при  $E_{рег} > U_k$  диод открывается и его входное сопротивление шунтирует контур, его эквивалентное сопротивление  $R_{эКВ}$

уменьшается, а следовательно уменьшается  $K_0$ . Недостатком этого способа является то, что при изменении  $R_{эКВ}$  меняется не только  $K_0$ , но и полоса пропускания усилителя, хотя при сильном сигнале допустимо некоторое ухудшение селективности.

Регулировка изменением  $m_1$  и  $m_2$  не используется, так как связана с трудно предотвратимой расстройкой контура.

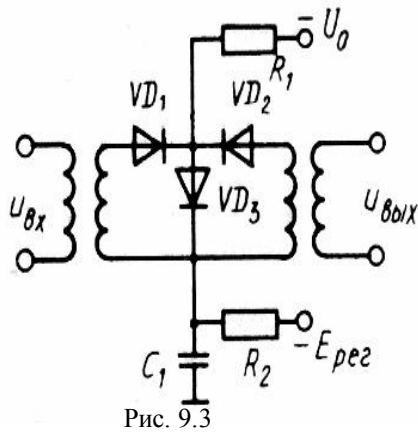


Рис. 9.3

Кроме того, существуют способы регулировки усиления, не основанные на выражении (5.5). Это, прежде всего, аттенуаторная регулировка, когда между каскадами включают аттенуатор с переменным коэффициентом передачи. Используются регулируемые делители, ёмкостные делители на варикапах, мостовые схемы. Например, на рис. 9.3 приведена схема регулируемого аттенуатора на диодах Д<sub>1</sub>-Д<sub>3</sub>. При  $|E_{рег}| < |U_0|$  диоды Д<sub>1</sub> и Д<sub>2</sub> открыты, а диод Д<sub>3</sub> закрыт; при этом коэффициент передачи максимален. По мере увеличения  $|E_{рег}|$

динамические сопротивления диода Д<sub>3</sub> уменьшается, а следовательно, уменьшается коэффициент передачи аттенуатора.

В усилителях звуковых частот чаще применяют плавную потенциометрическую регулировку усиления, а также, особенно в широкополосных каскадах и ОУ, регулировку усиления с помощью регулируемой отрицательной обратной связи.

## 9.2 Автоматическая регулировка усиления (АРУ)

АРУ предназначена для поддержания постоянного уровня сигнала на выходе УПЧ, необходимого для нормальной работы выходных устройств РПРУ. Задачей АРУ является изменение усиления радиотракта  $K_0$  в зависимости от уровня входного сигнала. Система АРУ должна иметь устройство, на выходе которого напряжение  $E_{рег}$  формируется автоматически в зависимости от уровня сигнала в радиотракте приёмника. Для АРУ в приёмнике создаётся цепь АРУ, состоящая из детектора АРУ и фильтра АРУ (простая АРУ). При

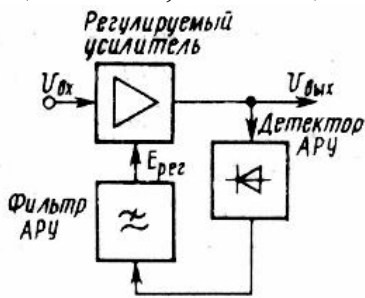


Рис. 9.4

наличии усилителя в цепи АРУ, она называется

усиленной. Фильтр АРУ отфильтровывает составляющие частот модуляции и пропускает более низкочастотные изменения  $E_{рег}$ , связанные с медленно меняющимся уровнем несущей (рис. 9.5), т.е. постоянная времени фильтра АРУ больше постоянной времени цепи

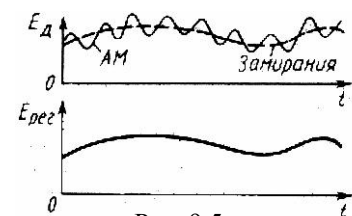


Рис. 9.5

нагрузки детектора основного тракта.

В зависимости от способа формирования напряжения  $E_{рег}$ , АРУ подразделяются на прямые, обратные и комбинированные. Структурная схема обратной АРУ представлена на рис. 9.4. Здесь  $E_{рег}$  получают путём детектирования выходного сигнала  $U_{вых}$

регулируемого усилителя, т.е.  $E_{рег} = K_{дет ару} U_{вых}$ .

Характеристика АРУ описывает работу регулируемого усилителя совместно с цепью АРУ:

$U_{вых} = F(U_{вх})$  (рис. 9.6). Если АРУ простая, то при

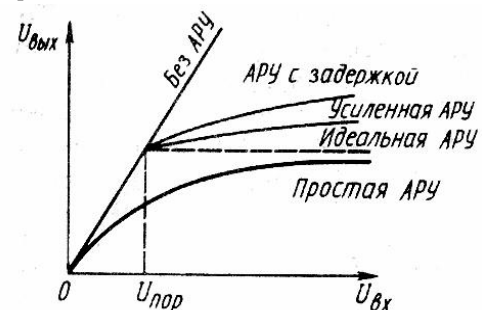


Рис. 9.6

увеличении  $U_{\text{вых}}$  сразу начинает уменьшаться резонансный коэффициент усиления  $K_0$  (нижняя характеристика). Недостаток такой АРУ в том, что коэффициент усиления уменьшается и при приёме сигналов малого уровня. Для устранения этого недостатка используют АРУ с задержкой (пороговую АРУ), в которой цепь АРУ начинает действовать при превышении определённого порогового уровня ( $U_{\text{вх}} \geq U_{\text{пор}}$ ). Очевидно, при идеальной работе АРУ  $U_{\text{вых}}$  после превышения порогового уровня постоянно (пунктир на рис. 9.6). По мере увеличения коэффициента усиления усилителя в цепи АРУ (усиленная АРУ) она работает всё более эффективно и характеристика приближается к идеальной. Однако достижение идеальной характеристики в схеме обратной АРУ принципиально невозможно, т.к. для снижения  $K_0$  требуется увеличение  $E_{\text{рег}}$ , т.е.  $\Delta U_{\text{вых}}$ .

Структурная схема прямой АРУ показана на рис. 9.7.

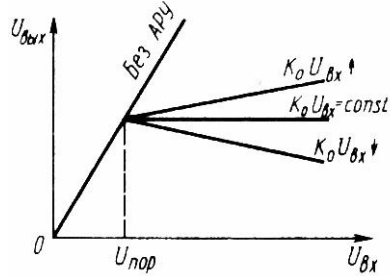


Рис. 9.8

Здесь напряжение регулировки  $E_{\text{рег}}$  получается в результате детектирования входного напряжения. Выходное напряжение  $U_{\text{вых}} = K_0 U_{\text{вх}}$ . При увеличении  $U_{\text{вх}}$   $E_{\text{рег}}$  возрастает, что вызывает уменьшение  $K_0$  и выходное напряжение может оставаться постоянным, т.е. прямая АРУ позволяет получить идеальную характеристику регулировки (рис. 9.8).

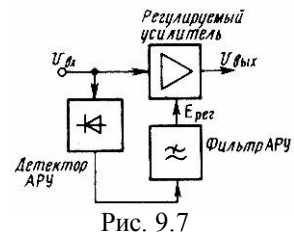


Рис. 9.7

Однако практически добиться этого не удаётся. Прямая АРУ нестабильна, т.е. подвержена действию различных дестабилизирующих факторов. Если, например по какой-то причине  $K_0$  регулируемого усилителя увеличивается, то характеристика АРУ из идеальной превращается в характеристику с нарастающим  $U_{\text{вых}}$  (рис. 9.8) и наоборот. Кроме того, существенным недостатком прямой АРУ является необходимость включения перед детектором АРУ дополнительного усилителя с большим коэффициентом усиления.

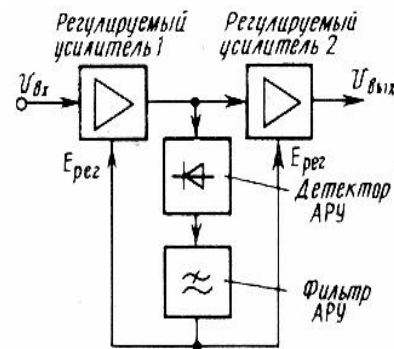


Рис. 9.9

В комбинированной АРУ (рис. 9.9) рационально используются преимущества обеих схем АРУ: стабильность обратной АРУ и возможность получения идеальной характеристики в прямой. Основная регулировка проходит в первом усилителе, он обычно содержит несколько регулируемых каскадов. Второй регулируемый усилитель – однокаскадный, его основная задача – несколько скомпенсировать возрастание напряжения на выходе первого усилителя.

### 9.3. Автоматическая подстройка частоты

Автоматическая подстройка частоты (АПЧ) должна обеспечить требуемую точность настройки приёмника при воздействии дестабилизирующих факторов. Следует заметить, что АПЧ осуществляется только в

супергетеродинных приёмниках. Для точной настройки таких приёмников нужно выполнение двух условий:

- 1) частота принимаемого сигнала соответствует частоте настройки преселектора;
- 2) промежуточная частота  $f_{пр} = f_r - f_c$  совпадает с частотой настройки фильтров тракта промежуточной частоты.

Очевидно, из-за широкополосности преселектора определяющим является второе условие. Поэтому задача АПЧ сводится к подстройке частоты гетеродина.

Для АПЧ вводится специальная цепь АПЧ (рис. 9.10), состоящая из

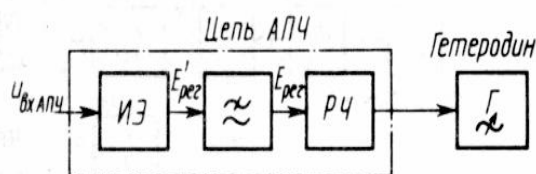


Рис. 9.10

измерительного элемента (ИЭ), фильтра и регулятора частоты (РЧ). ИЭ вырабатывает напряжение регулировки  $E_{рег}$  в зависимости от отклонения частоты или фазы от опорных значений. При этом в качестве ИЭ используются соответственно частотные или фазовые

детекторы и происходит частотная или фазовая автоподстройка частоты (ЧАПЧ или ФАПЧ). Очевидно ФАПЧ более чувствительна и обеспечивает более точную настройку. Фильтр в цепи АПЧ не пропускает быстрых изменений  $E_{рег}$ , соответствующих модуляции соответствующего параметра, а пропускает медленные изменения  $E_{рег}$ , связанные с уходом частоты. Регулятор (управитель) частоты обеспечивает подстройку частоты гетеродина. В зависимости от вида регулятора частоты различают электронные (РЧ – варикап) и электромеханические (РЧ – КПЕ), причём последние в настоящее время почти не используются.

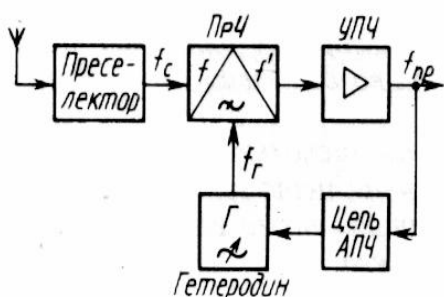


Рис. 9.11

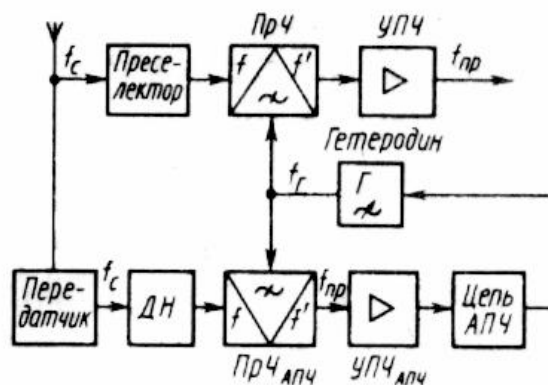


Рис. 9.12

В зависимости от точки подключения АПЧ в приёмнике различают два основных вида устройств АПЧ. Устройство АПЧ, поддерживающее постоянной  $f_{пр}$ , показано на рис. 9.11. такие устройства АПЧ называют разностными, т.к.  $f_{пр} = f_r - f_c$ . При несовпадении промежуточной частоты  $f_{пр}$  частоте настройки фильтров тракта промежуточной частоты  $f_{опр}$ , вырабатывается напряжение  $E_{рег}$ , вызывающее подстройку гетеродина. Достоинством в этом случае является то, что подстройка частоты



осуществляется как при изменении частоты гетеродина, так и при изменении частоты сигнала в передатчике. Недостатком же такой системы является её неработоспособность в отсутствии сигнала.

Двухканальные системы разностной частоты (рис. 9.12) применимы при расположении передатчика рядом с приёмником (например в РЛС). Для подстройки частоты создаётся второй канал. Делитель напряжения (ДН) ослабляет сильный сигнал передатчика. Устройство работает по сигналу

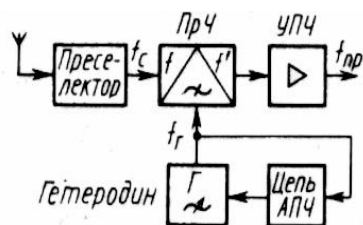


Рис. 9.13

передатчика при отсутствии сигнала на входе приёмника.

Система АПЧ, поддерживающая постоянной частоту гетеродина, показана на рис. 9.13. Такие устройства работоспособны при отсутствии сигнала, однако не компенсируется уход  $f_{пр}$  из-за изменения частоты сигнала.

Основные показатели АПЧ определим на примере электронной ЧАПЧ приёмников непрерывных сигналов. Структурная схема соответствующей части приёмника представлена на рис. 9.14.

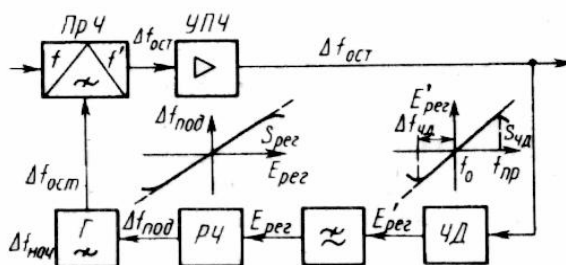


Рис. 9.14

В качестве ИЭ используется ЧД, эталонной является частота  $f_0$  нулевой точки характеристики детектирования  $E'_{рег} = F(f_{пр})$ . Высокие требования к стабильности нулевой точки выполнить просто, т.к. ЧД работает на низкой частоте. В качестве РЧ применяется варикап.

Предположим, что из-за действия дестабилизирующих факторов частота гетеродина  $f_r$  изменилась на  $\Delta f_{нач}$ . После срабатывания системы ЧАПЧ происходит подстройка гетеродина, в результате чего его расстройка уменьшается на  $\Delta f_{под}$ . В установившемся режиме  $\Delta f_{ост} = \Delta f_{нач} - \Delta f_{под}$ , где  $\Delta f_{ост}$  – остаточная расстройка частоты гетеродина. Эта расстройка вызывает на выходе ЧД появление напряжения  $E'_{рег} = S_{чд} \Delta f_{ост}$ , где  $S_{чд}$  – крутизна характеристики детектирования. После фильтра с коэффициентом передачи  $K_\phi$  напряжение  $E_{рег} = K_\phi S_{чд} \Delta f_{ост}$ . Напряжение  $E_{рег}$  производит подстройку частоты гетеродина на величину  $\Delta f_{под} = E_{рег} S_{рег} = S_{рег} S_{чд} K_\phi \Delta f_{ост}$ . ( $S_{рег}$  – крутизна характеристики РЧ). Учитывая, что  $\Delta f_{ост} = \Delta f_{нач} - \Delta f_{под}$ , получаем  $\Delta f_{ост} = \Delta f_{нач} - S_{рег} S_{чд} K_\phi \Delta f_{ост}$  или

$$\Delta f_{ост} = \frac{\Delta f_{нач}}{1 + S_{чд} S_{рег} K_\phi}. \quad (9.1)$$

Согласно (9.1) цепь АПЧ уменьшает начальную расстройку в  $K_{АПЧ}$  раз, где  $K_{АПЧ} = \Delta f_{нач} / \Delta f_{ост} = 1 + S_{рег} S_{чд} K_{ф}$  – коэффициент подстройки.

В реальных цепях ЧАПЧ  $K_{АПЧ} \approx 20 \div 50$ . Очевидно,  $K_{АПЧ} = \Delta f_{нач} / \Delta f_{ост} \gg 1$  при работающей АПЧ. Если  $\Delta f_{ост}$  достигает значения  $\Delta f_{чд}$  (рис.9.14), то происходит срыв АПЧ. Полосу частот  $\Pi_{уд} = 2\Delta f_{нач}$ , при выходе за которую АПЧ перестаёт работать, называют полосой удержания. Если же при неработающей АПЧ расстройка постепенно уменьшается, то система АПЧ начинает работать при  $\Delta f_{нач} = \Delta f_{ост} = \Delta f_{чд}$ . Полосу пропускания  $\Pi_{сх} = 2\Delta f_{нач}$ , при которой происходит восстановление АПЧ, называют полосой схватывания. При этом  $\Pi_{уд} \gg \Pi_{сх}$ .

### Вопросы для самопроверки

Какие способы регулировки усиления резонансного усилителя Вы знаете?

Каким образом осуществляется режимная регулировка коэффициента усиления усилителя и каковы её преимущества и недостатки?

Объясните, как могут использоваться аттенюаторы для регулировки коэффициента усиления радиотракта приёмника?

Проведите сравнительный анализ прямой, обратной и комбинированной АРУ.

Каково назначение основных элементов цепи АРУ?

Почему в обратной АРУ принципиально нельзя получить идеальную характеристику регулирования?

Каково назначение фильтра в цепи АРУ и как он рассчитывается?

Что общего между ЧАПЧ и ФАПЧ и чем отличаются эти системы друг от друга?

Объясните принцип действия ЧАПЧ в приёмниках непрерывных сигналов.

В каких приёмниках используется двухканальная разностная АПЧ и почему?

# Глава 10. Радиоприёмные устройства различного назначения

## 10.1. Радиовещательные приёмники

Предназначены для приёма и воспроизведения монофонических и стереофонических программ радиовещания. Подразделяются на стационарные и переносные, а по электрическим, электроакустическим параметрам и комплексу потребительских удобств – на четыре группы сложности (класса): 0, 1, 2, 3. Также приёмники должны обеспечивать приём сигналов в диапазонах ДВ, СВ, КВ, УКВ, и ДЦВ с различными видами модуляции. Кроме того, имея высокие показатели качества, они должны обладать минимальной стоимостью. Для приёма АМ- и ЧМ-сигналов РПрУ содержит два отдельных тракта радиочастоты и обычно общий тракт УПЧ (рис. 10.1)

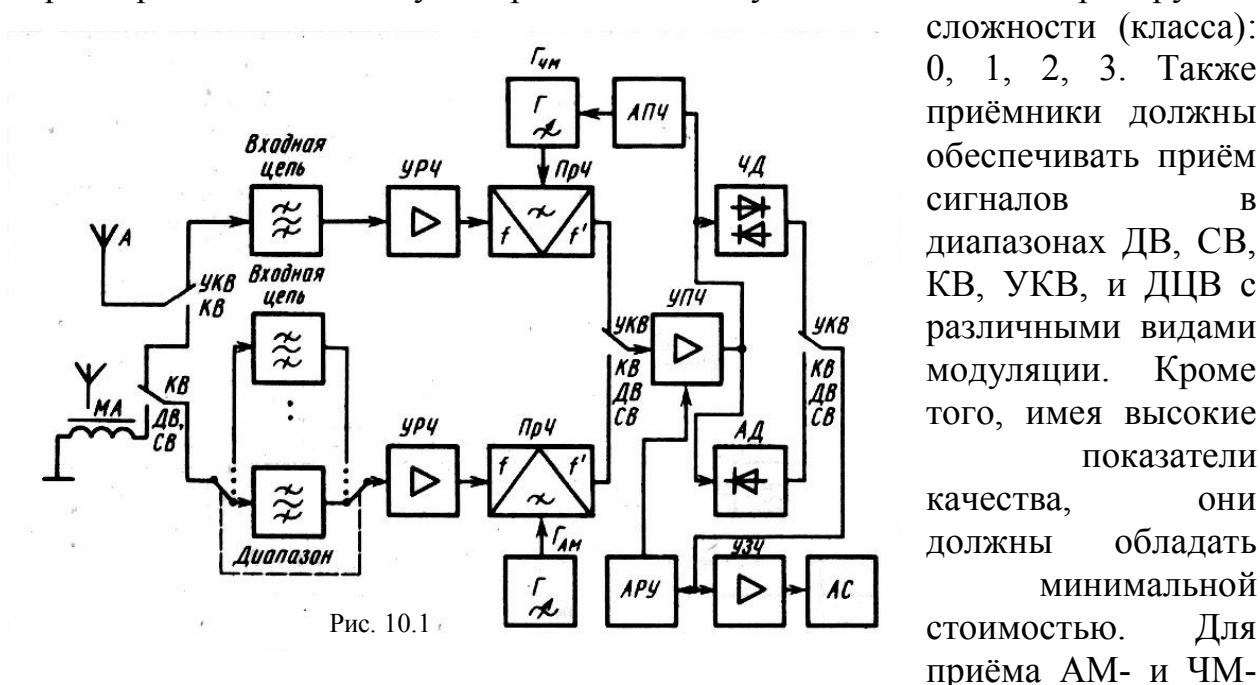


Рис. 10.1

Обычно приём УКВ, а часто и КВ станций ведётся на штыревую антенну. Станции, работающие в ДВ- и СВ- диапазонах, принимают на встроенную ферритовую магнитную антенну МА. Входные цепи представляют собой перестраиваемые и переключаемые в зависимости от диапазона узкополосные фильтры. Обычно используется однократное преобразование частоты (за исключением приёмников высшей группы сложности), после которого сигнал усиливается в двухканальном УПЧ, что обусловлено существенным различием в значениях промежуточной частоты и полосы пропускания при приёме АМ- и ЧМ- сигналов. При приёме АМ- сигналов  $f_{пр} = 465$  кГц, а при приёме ЧМ – сигналов  $f_{пр} = 10,7$  МГц. После детектирования соответственно АД или ЧД сигнал усиливается в УЗЧ и подаётся на акустическую систему. Наличие УРЧ в радиотракте не является обязательным. Например, на

рис. 10.2 показан вариант радиотракта, в котором используется однократное преобразование частоты. В этом варианте входные цепи (Входная цепь) и частотные преобразователи (урч) являются общими для обоих трактов. После преобразования частоты сигнал усиливается в УПЧ. Выход УПЧ идёт на детекторы (АД и ЧД), а также на УЗЧ. Акустическая система (АС) получает сигнал от УЗЧ.

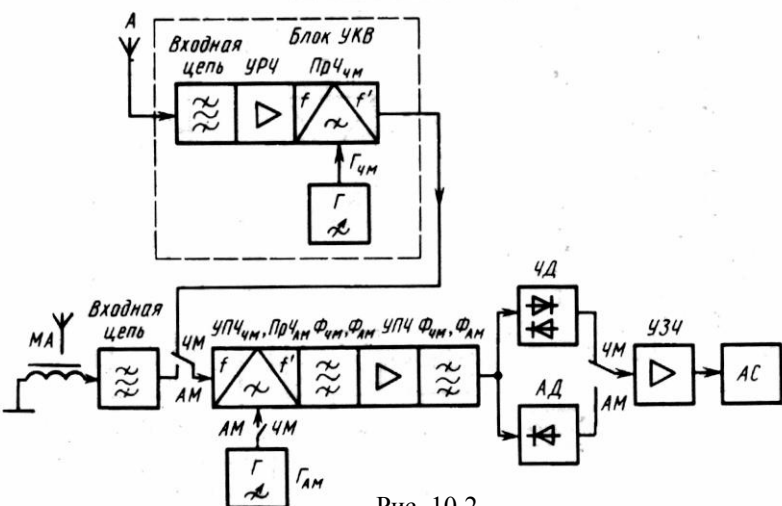


Рис. 10.2

рис. 10.2 приведена структурная схема РПрУ без УРЧ для приёма АМ – сигналов.

При приёме АМ – сигналов преобразование частоты осуществляется в ПрЧ<sub>АМ</sub>, нагрузкой которого является фильтр Ф<sub>АМ</sub>, настроенный на частоту 465 кГц. При приёме ЧМ – сигналов ПрЧ<sub>АМ</sub> используется как дополнительный УПЧ на частоте 10,7 МГц, нагрузкой которого является фильтр Ф<sub>АМ</sub>. Преобразование частоты принимаемого ЧМ – сигнала происходит в преобразователе ПрЧ<sub>ЧМ</sub>.

Приёмник, не содержащий выходного УЗЧ и АС, называют тюнером. Он предназначен для работы с внешними УЗЧ и АС.

Переход к стереофоническому вещанию даёт представление о пространственном местонахождении источника звука. Достаточно хороший стереоэффект получают уже при двухканальной передаче звука. Для этого передаются два звуковых сигнала: один несёт информацию о звучании с левой стороны от источника звука, другой – с правой. Оба звуковых сигнала передаются через один передатчик на одной несущей частоте.

## 10.2. Профессиональные радиоприёмные устройства декаметровых волн

Коротковолновая связь в настоящее время сохраняет своё значение как одно из основных средств для подвижных служб, а так же как важное вспомогательное и резервное средство связи. На декаметровых волнах осуществляется магистральная, зонавая и местная радиосвязи; авиационная и морская связи; радиосвязь в системе железнодорожного транспорта и др.

Характерной особенностью распространения радиоволн этого диапазона является их отражение от ионосферы, что позволяет организовывать радиосвязь на дальние расстояния при относительно небольших мощностях передатчиков. Однако дисперсность, неоднородность и нестабильность отражающих слоёв ионосферы делают связь неустойчивой, и в процессе сеанса связи иногда приходится менять частоты для обеспечения максимальной надёжности связи. Следствием условий распространения радиоволн является замирание сигнала, т.е. изменение его уровня (и других параметров) на входе приёмника.

В профессиональном РПрУ (рис. 10.3) можно выделить следующие функциональные блоки: главный тракт приёма (ГТП), синтезатор частот (СЧ), блок управления (БУ), выходные устройства (ВУ) и блок питания (БП).

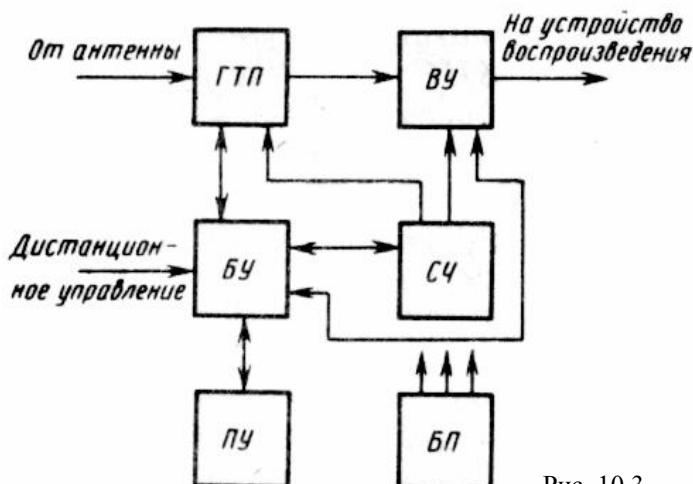


Рис. 10.3

Задача ГТП – осуществлять предварительную селекцию, усиление и преобразование сигнала. СЧ вырабатывает гетеродинные напряжения с нужными частотами. ВУ

обеспечивает обработку сигнала, близкую к оптимальной. БУ осуществляет функции управления и контроля за работой приёмника как с местного пульта (ПУ), так и на расстоянии. Одной из особенностей РПрУ этого типа является обеспечение ими приёма различных видов телеграфных и телефонных сигналов. Для магистральной радиосвязи отведён диапазон частот 1,5 – 30 МГц, однако иногда используется и область частот ниже 1,5 МГц.

В отличие от бытовых, профессиональные приёмники являются более сложными устройствами с более высокими требованиями к шумовым параметрам, чувствительности, избирательности, стабильности частот гетеродинов, времени настройки и т.д.

Для профессиональных РПрУ характерно многократное преобразование частоты, позволяющее реализовывать высокую селективность как по соседнему, так и по побочным каналам. Это достигается выбором высокой первой и более низких последующих промежуточных частот. Разработка высокостабильных синтезаторов, а также

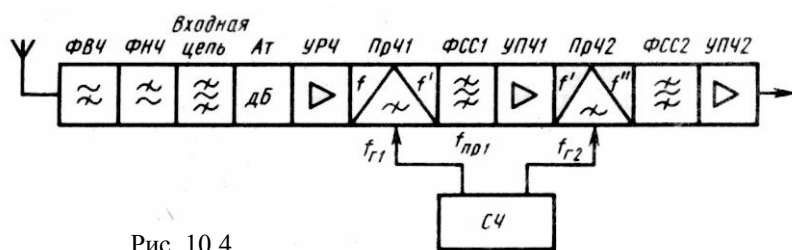


Рис. 10.4

кварцевых и монокристаллических фильтров с АЧХ, близкой к прямоугольной, позволила построить ГПП по схеме рис. 10.4. При перестройке приёмника первая и вторая

промежуточные частоты постоянны и основную селективность можно обеспечить уже в УПЧ1. Задача трактов второй промежуточной частоты – усилить принятый сигнал, что можно выполнить с помощью апериодических усилителей с соответствующей дополнительной низкочастотной фильтрацией.

Для обеспечения приёма различных видов сигналов в тракте первой промежуточной частоты нужно иметь фильтры с переменной полосой пропускания либо сменные фильтры с полосами пропускания, соответствующими различным видам принимаемых сигналов. В ряде РПрУ полосу пропускания фильтра ФСС1 выбирают по самому широкополосному из принимаемых сигналов. Окончательная расфильтровка обеспечивается с помощью сменных фильтров в тракте второй промежуточной частоты.

Преселектор в ГПП может быть как перестраиваемым так и фильтровым. В последнем случае ВЦ представляет собой набор (гребёнку) узкополосных фильтров, перекрывающих диапазон рабочих частот. Для получения нужного коэффициента шума используются малошумящие усилительные элементы, к которым предъявляются также высокие требования с точки зрения линейности амплитудных характеристик.

Первую промежуточную частоту часто выбирают наддиапазонной (приёмник – инфрадин). При этом включение на входе ФНЧ с частотой среза около 31 МГц обеспечивает высокую селективность по зеркальному каналу и по каналу прямого прохождения. Этот же фильтр обеспечивает необходимое ослабление излучения с частотой гетеродина, улучшая электромагнитную

совместимость с другими РПрУ. Часто помимо ФНЧ последовательно с ним включают ФВЧ с частотой среза 1,5 МГц для ослабления помех от станций, работающих на частотах ниже 1,5 МГц.

Как отмечено выше, одной из особенностей связи в декаметровом диапазоне является большой динамический диапазон полезного входного сигнала. Это накладывает жесткие требования на работу АРУ, обеспечивающей изменения выходного напряжения на 4 – 6 дБ при изменении входного напряжения на 100дБ и более. Для увеличения глубины регулировки используется и аттенуатор  $A_T$  преселектора, обеспечивающий снижение уровня входного сигнала на 30 – 40 дБ ступенями по 10дБ каждая.

### 13.3. Радиолокационные приёмники

Радиолокационные приёмники (РЛП) являются составной частью радиолокационных станций (РЛС), предназначенных для обнаружения, определения координат и параметров движения удаленных объектов (целей) путем приема отраженной от них электромагнитной энергии. Различают РЛС с импульсными и непрерывными сигналами. В импульсных РЛС передатчик периодически излучает кратковременные зондирующие импульсы (ЗИ) с гармоническим либо с частотно-модулированным ВЧ-заполнением, которые отражаются от объекта и принимаются РЛП в промежутках между ЗИ. В РЛС с непрерывным излучением используются немодулированные и ЧМ-колебания.

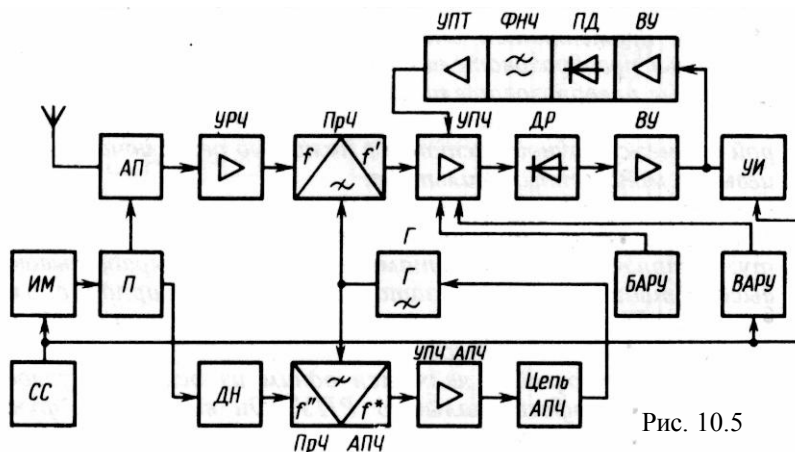


Рис. 10.5

В импульсных РЛС (рис. 10.5) передатчик излучает короткие СВЧ-радиоимпульсы, которые поступают на вход приемника с временным сдвигом  $\Delta t = 2R/c$ , где  $R$  — расстояние до объекта,  $c$  — скорость

распространения радиоволн (скорость света). По значению  $\Delta t$  можно судить о расстоянии до объекта; узкополосная диаграмма направленности антенны РЛС позволяет определять угловое направление на объект. Система синхронизации (СС) вырабатывает синхроимпульсы (СИ), которые вызывают срабатывание импульсного модулятора (ИМ), запускают мощный импульсный передатчик (П), генерирующий короткие радиоимпульсы. Антенный переключатель (АП) осуществляет автоматическое переключение антенны с передачи на прием и обратно и обеспечивает защиту входа приемника от больших уровней импульсного сигнала на выходе передатчика. Поскольку передаваемые и принимаемые радиоимпульсы разнесены во

времени, в РЛС можно использовать общую антенну для передатчика и приемника. Для минимизации коэффициента шума РПрУ используется малошумящий УРЧ, далее сигнал преобразуется в диодном ПрЧ, детектируется в детекторе радиоимпульсов (ДР), усиливается видеоусилителем (ВУ) и подается на устройство индикации (УИ) (обычно электронно – лучевую трубку), работа которого синхронизируется от СС. Для автоподстройки частоты гетеродина (Г) применяют двухканальную АПЧ, предусмотрена обычная программная и быстродействующая АРУ. Программная АРУ снижает усиление радиотракта приёмника по заданной программе, учитывающей уменьшение уровня входного сигнала по мере увеличения задержки отраженного импульса, т.е. удаления объекта.

На рис. 10.6 представлена структура РЛС с непрерывным излучением. При близком расположении передатчика и приёмника частота принимаемых колебаний, отражённых от движущегося объекта, отличается от частоты излучаемых передатчиком колебаний на доплеровскую частоту  $F_D = \frac{2V_r f_0}{c}$ , где  $f_0$  – частота излучаемых колебаний;  $V_r$  – радиальная скорость

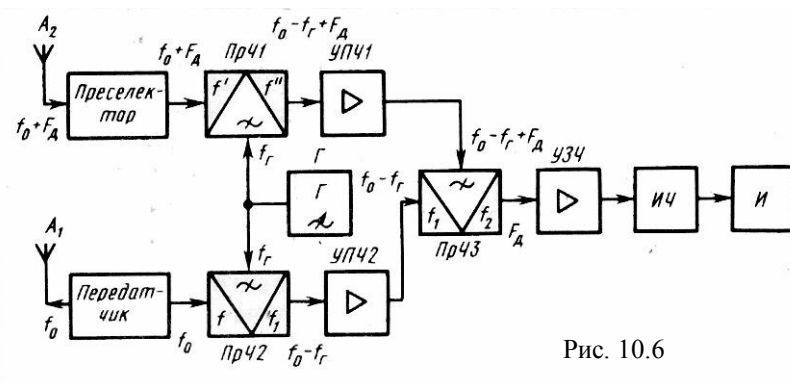


Рис. 10.6

движения объекта относительно РЛС;  $c$  – скорость света. Выделяя и измеряя доплеровскую частоту, можно определить скорость движения объекта.

Для исключения влияния нестабильности частоты гетеродина на точность

измерения скорости напряжения с частотой  $f_r$  для ПрЧ1 и ПрЧ2 получают от одного генератора Г. Напряжение с частотой  $f_0 - f_r$  с выхода ПрЧ2 используется как гетеродинное для ПрЧ3. После ПрЧ3 сигнал с доплеровской частотой  $F_D$  поступает на УЗЧ, измеритель частоты ИЧ и далее на индикатор скорости И.

### Приёмники систем персонального радиовызова

Системы персонального радиовызова (СПВ) позволяют передавать вызов и необходимый минимум информации одному человеку или группе лиц независимо от места их нахождения. СПВ для значительных территорий строятся на основе радиосвязи на метровых и дециметровых волнах. Абонент СПВ использует малогабаритный вызывной приемник (пэйджер), имеющий индивидуальный номер (адрес). Вызывающий набирает номер нужного абонента на любом телефонном аппарате, вызов поступает по телефонной сети на центральную станцию, преобразуется в кодированный радиосигнал и передается на выделенной для СПВ частоте в то место, где находится абонент. Если радиус действия одного передатчика центральной станции не позволяет обслужить всю территорию, то она разбивается на отдельные

зоны, в каждой из которых имеется свой передатчик. Сигнал вызова длительностью 1...2 с передается всем пейджерам, однако сработает только тот из них, который настроен на определенную частоту и имеет соответствующий адрес. Количество получаемой абонентом пейджера информации может быть различно: от минимальной, состоящей в получении вызова, после чего абонент сам связывается по телефону по заранее известному номеру для получения сообщения, до достаточно объемного буквенно – цифрового сообщения, высвечиваемого на дисплее, а также приёма речевых сообщений.

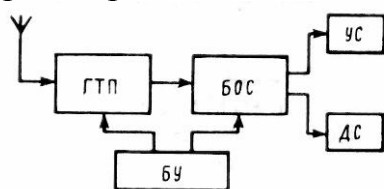


Рис. 10.7

Пейджер реализуется в виде миниатюрного приемника. Обобщенная структурная схема пейджера показана на рис. 10.7. В главном тракте приема ГТП осуществляется усиление, селекция и преобразование сигнала; в блоке обработки сигнала БОС он декодируется для определения

соответствия или несоответствия принятого адреса собственному адресу абонента и если помимо вызова передается дополнительная информация, то она обрабатывается, при необходимости записывается в память и отображается на дисплее. Заметим, что современные пейджеры предназначены для приёма цифровой информации, передаваемой радиоимпульсами с различными видами манипуляции. Устройство сигнализации УС сигнализирует о наличии вызова; и может включать в себя акустическую, световую и тактильную сигнализацию. Тактильная сигнализация обеспечивает воздействие на кожу человека с помощью миниатюрного вибратора. Блок управления БУ, управляя работой всего пейджера, включает в себя таймер, переключатель вида сигнализации, переключатель ждущего режима, источник питания.

В современных миниатюрных пейджерах ГТП часто реализуется по схеме с прямым преобразованием (гомодинные приемники, приемники с синхронным детектированием, синхродины). В подобных приемниках нет зеркального канала, что позволяет существенно упростить преселектор. Применение гираторов либо ЦФ позволяет сделать тракт усиления менее сложным. В пейджерах с более широкими возможностями, предназначенными для работы в глобальных СПВ, ГТП выполняется по схеме с двойным преобразованием частоты.

Особое внимание разработчики современных СПВ обращают на решение проблемы ждущего режима приема сигналов, гарантирующего непрерывную круглосуточную работоспособность пейджера при минимальном расходе ресурса источника питания. Стремление уменьшить размеры пейджера вызывает необходимость уменьшения размеров источника питания, что естественно приводит к уменьшению его ресурса. Проблема одновременной минимизации размеров пейджера и увеличения ресурса источника питания решается использованием в пейджере таймера, работающего в непрерывном микромощном режиме и обеспечивающего автоматическое прерывистое включение пейджера на время, существенно меньшее длительности



выключенного состояния и периодическим повторением от передатчика в течение определенного времени сигнала вызова. Надежность вызова обеспечивается увеличением длительности вызова и выбором периода его повторения таким образом, чтобы по крайней мере одно включение пейджера совпало с передаваемым вызовом. При достоверном совпадении адреса пейджера, хранящегося в его памяти, с адресом вызываемого абонента приемник сохраняется во включенном состоянии и обеспечивает дальнейший прием сообщения, вводя его в оперативную память.

Для экономии источника питания обычно при работе пейджера в ждущем режиме на время его включения остаются обесточенными цепи, потребляющие наибольший ток (в основном цепи сигнализации). Экономии ресурса ИП способствует и применение в пейджерах экономичных дисплеев на жидких кристаллах.

Более подробные сведения как о пейджерах, так и о других типах радиоприёмных устройств можно почерпнуть в литературных источниках, список которых приводится ниже.

#### Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности структурных схем приёмников звукового вещания?
2. За счёт чего можно улучшить основные показатели качества вещательных приёмников?
3. Каковы особенности построения профессиональных приёмников ДКМ диапазона?
4. Каковы преимущества и недостатки приёмников с многократным преобразованием частоты?
5. Какие основные показатели качества должны иметь профессиональные РПрУ ДКМ диапазона?
6. В каких случаях используются импульсные, а в каких – непрерывные радиолокационные сигналы? Приведите примеры их обработки.
7. Каковы особенности построения структуры пейджера?
8. Что такое «ждущий режим» и как он обеспечивается в приёмниках СПВ?
9. Какие структуры радиотракта используются в пейджерах?
10. Как обеспечивается избирательность по зеркальному каналу в приемниках – инфрадинах декаметровых волн?