

Схемы диапазонных РПУ

Введение	5мин
Учебные вопросы (основная часть)	
1. Принципы построения и основные характеристики диапазонных РПУ.	25мин
2. Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ	25мин
3. Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ. Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов.	20мин
4. Особенности построения многоканальных по входу устройств приема и обработки радиолокационных сигналов.	10мин
Заключение	5мин

Литература:

1. Румянцев К.Е. Прием и обработка сигналов: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2004, с. 315-329.
2. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие для вузов.- М.: Горячая линия-Телеком, 2007. - с. 5-57
3. Ю.Н. Максимов, П.Ю. Меус, Д.П. Николаев, Д.Ф. Смирнов. Радиоприемные устройства: Учебник для ВВУЗов.— ВИККИ им. А.Ф. Можайского, 1991. - с. 388-421.
4. Радиоприемные устройства: учебник / В.М. Делик, А.М. Межуев, Л.В. Каверина, Е. В. Коновальчук – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 558 с. 490-495.
5. ГОСТ 25928-83. Совместимость РЭС электромагнитная. Методы оценки МЭС локальных группировок РЭС КИП РК, с. 2.

15.1 Принципы построения диапазонных радиоприемников (ДРПУ)



15.1.1 Принципы построения ДРПУ

ДРПУ предназначены для приема радиосигналов в диапазоне частот, превышающем их полосу пропускания.

К ДРПУ относятся, например, подавляющее большинство приемников систем связи, приемники радиотехнических систем, использующие многочастотные сигналы, панорамные, измерительные РПУ и др.

Основные задачи, решаемые с помощью ДРПУ:

1. Прием сигналов с известными и неизвестными параметрами;
2. Наблюдение за работой большого числа отдельных источников излучения;
3. Выделение сигналов любого из источников радиоизлучения из совокупности сигналов, поступающих на вход ДРПУ;
4. Измерение параметров принятых сигналов;
5. Оценка электромагнитной обстановки в месте расположения радиоприемника и т.д.

15.1 Принципы построения диапазонных радиоприемников (ДРПУ)

15.1.1 Принципы построения ДРПУ

Варианты структурных схем ДРПУ

```
graph TD; A[Варианты структурных схем ДРПУ] --> B[Последовательного просмотра частотного диапазона]; A --> C[Комбинированного анализа]; A --> D[Параллельного просмотра частотного диапазона];
```

Последовательного
просмотра частотного
диапазона

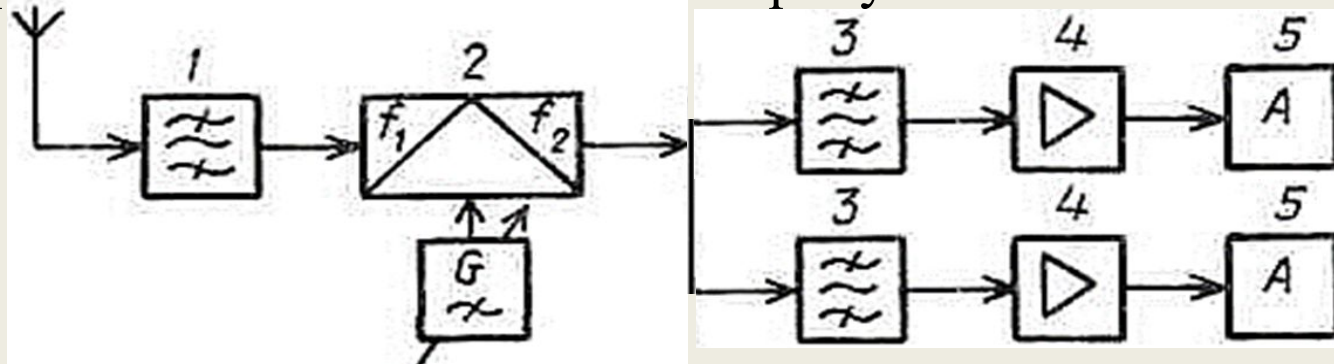
Комбинирован-
ного анализа

Параллельного
просмотра частотного
диапазона

15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.2 ДРПУ параллельного просмотра частотного диапазона

Все электромагнитные излучения различного происхождения, находящиеся в определенной полосе частот, обнаруживаются и анализируются одновременно, без их пропуска.



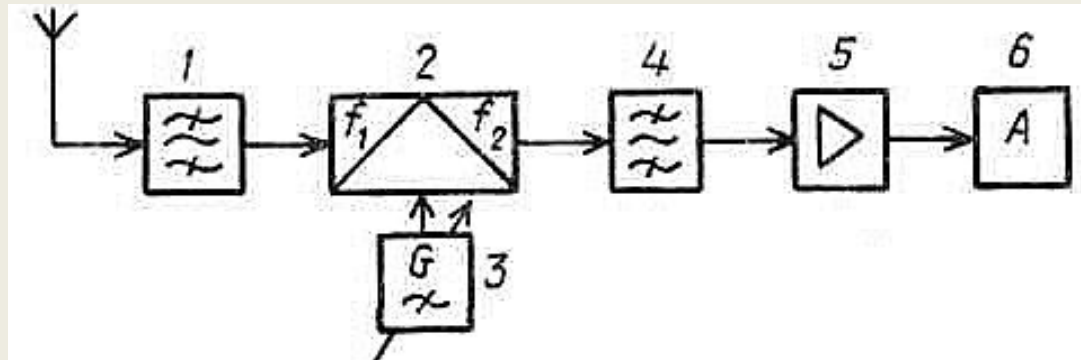
Здесь преселектор 1 образует широкополосный тракт ДРПУ и имеет полосу пропускания, перекрывающую весь диапазон частот, в котором работает приемник. В линейном тракте, в зависимости от назначения ДРПУ, может быть несколько преобразований частоты. Полосовые фильтры 3 перекрывают весь анализируемый диапазон и служат для частотного разделения сигналов. С выходов усилителей 4 сигнал поступает в анализирующие устройства 5, структура которых зависит от назначения ДРПУ.

Метод одновременного анализа наиболее часто применяется в измерительных и панорамных РПУ.

15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.3 ДРПУ последовательного просмотра частотного диапазона

В РПУ последовательного анализа перестройка осуществляется в диапазоне частот, и обнаружение Сг происходит последовательно. Может происходить пропуск Сг, особенно кратковременных.



Здесь преселектор 1 имеет полосу пропускания, равную полосе анализируемых частот, а гетеродин 3 обеспечивает перестройку ДРПУ в заданной полосе частот. Закон его перестройки может быть различным. После селекции сигнала в узкополосном тракте фильтром 4 и его усиления усилителем 5 сигнал поступает в анализирующее устройство 6.

Последовательный поиск, обнаружение и прием Сг реализуется в РПУ самого различного назначения, например в РПУ РТС и систем связи, измерительных и панорамных РПУ, анализаторах спектра и др.

15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.4 Основные качественные показатели диапазонных приемников

Полоса обзора Φ_0 определяет диапазон частот, в пределах которого работает ДРПУ:

$$\Phi_0 = f_{c \max} - f_{c \min},$$

где $f_{c \max}$ и $f_{c \min}$ -соответственно максимальная и минимальная частота анализируемого диапазона частот.

В приемниках параллельного анализа полоса обзора определяется полосой пропускания широкополосного тракта (преселектора) или суммарной полосой узкополосных каналов приемника (если она меньше, чем полоса широкополосного тракта).

В приемниках последовательного анализа величина Φ_0 определяется полосой пропускания преселектора и возможными пределами изменения частоты гетеродина и перестройки преселектора, если он перестраивается.

15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.4 Основные качественные показатели диапазонных приемников

Скорость обзора характеризует, насколько быстро осуществляется просмотр полосы обзора Φ_0 . При параллельном анализе происходит одновременный, мгновенный просмотр полосы Φ_0 . При последовательном анализе скорость обзора определяется скоростью изменения частоты гетеродина:

$$\gamma_0 = \frac{\Phi_0}{T_c},$$

Где:

Φ_0 -полоса обзора,

T_c -время изменения частоты гетеродина от минимального до максимального значения (или наоборот), при котором осуществляется просмотр полосы Φ_0 . Иногда эту величину (T_c) называют периодом сканирования, который связан с частотой сканирования F_c соотношением $T_c = 1/ F_c$.

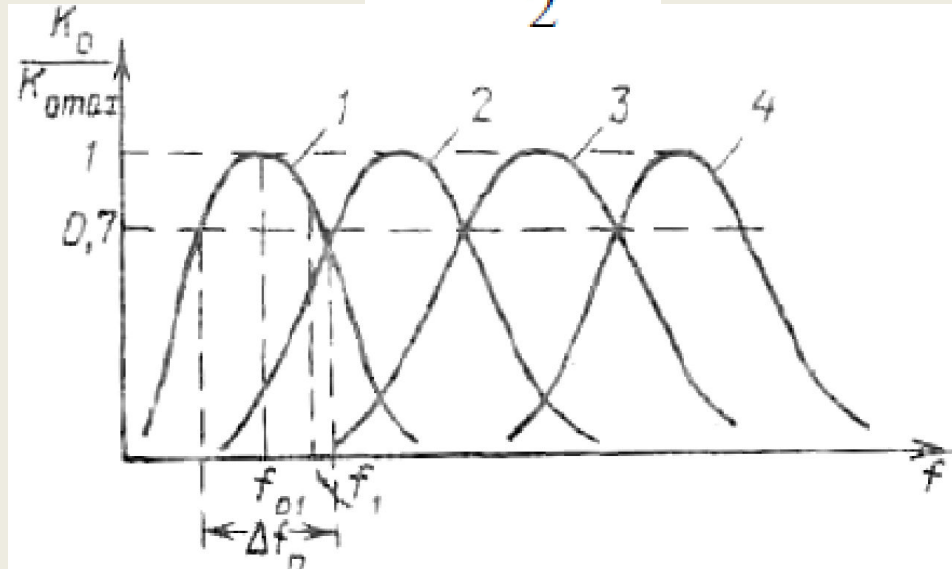
15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.4 Основные качественные показатели диапазонных приемников

Разрешающая способность определяет способность приемника разрешать (разделять) два соседних по частоте сигнала. Количественно она оценивается минимальным интервалом по частоте между соседними сигналами, при котором они могут быть приняты и проанализированы отдельно.

Разрешающая способность при параллельном анализе определяется формой амплитудно-частотных характеристик каналов узкополосного тракта и их полосой пропускания. ошибка в измерении частоты будет

$$\Delta f = \frac{1}{2} \Delta f_{\text{п}}, \text{ где } \Delta f_{\text{п}} - \text{полоса пропускания}$$



15.1 Принципы построения ДРПУ

15.1.4 Основные качественные показатели диапазонных приемников

Разрешающая способность при последовательном анализе определяется динамической амплитудно-частотной характеристикой РПУ - зависимостью напряжения на его выходе от частоты при заданной скорости изменения частоты настройки РПУ.

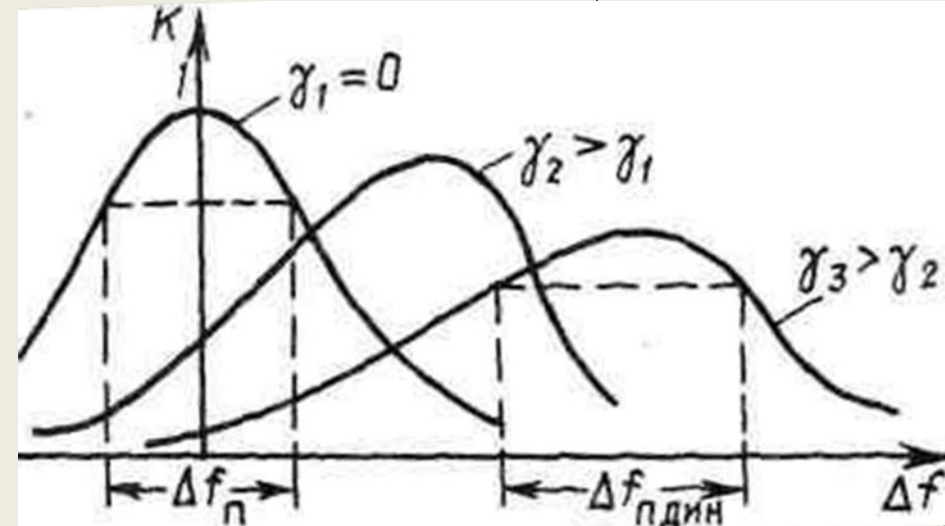
Явление динамического эффекта обусловлено тем, что при перестройке РПУ время нахождения сигнала в полосе пропускания РПУ может оказаться меньше времени установления сигнала, вызванного переходными процессами. Максимум сигнала на выходе РПУ появляется не в момент настройки РПУ точно на частоту принимаемого сигнала, а позже, что будет соответствовать как бы смещению по частоте АЧХ. Это смещение тем больше, чем больше скорость перестройки РПУ.

Динамический эффект:

$$\frac{\Delta f_{\text{п дин}}}{\Delta f_{\text{п}}} = \sqrt{1 + \left(\frac{K\gamma}{\Delta f_{\text{п}}^2} \right)^2}$$

Здесь: K - коэффициент, зависящий от формы АЧХ;

γ - скорость перестройки РПУ в полосе пропускания $\Delta f_{\text{п}}$.





15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.1 Способы перестройки ДРПУ

Перестройка приемника может быть:

плавной, осуществляемой путем плавного изменения собственной частоты настройки перестраиваемых избирательных систем.

дискретной, происходящей за счет скачкообразного переключения элементов всех перестраиваемых избирательных систем или плавного изменения элементов избирательных систем преселектора и использования сетки дискретных частот гетеродина, вследствие чего обеспечивается прием сигналов на дискретных фиксированных частотах.

комбинированной, происходящей скачками при переходе от одного участка диапазона рабочих частот к другому и плавно - в пределах каждого участка.



15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.2 Способы разбивки его рабочего диапазона частот ДРПУ на поддиапазоны

В том случае, когда полосу обзора, т.е. весь диапазон принимаемых частот от $f_{c \min}$ до $f_{c \max}$, не удастся перекрыть перестраиваемыми элементами, осуществляется разбивка частотного диапазона РПУ на поддиапазоны:

$$K_{дс} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}} < K_{дпр} \quad \text{ИЛИ} \quad K_{дL} = \sqrt{\frac{L_{\max}}{L_{\min}}} < K_{дпр}$$

где: $K_{дс}$ - коэффициент диапазона РПУ при перестройке C .

$K_{дL}$ - коэффициент диапазона РПУ при перестройке L .

$K_{дпр} = \frac{f_{c \max}}{f_{c \min}}$ - коэффициент диапазона приемника.

Основные способы разбивки общего диапазона частот на поддиапазоны:

- с постоянным коэффициентом поддиапазона $K_{д}$ для всех поддиапазонов;
- с постоянным $\Delta f_{д}$ перестройки для каждого поддиапазона;
- с применением комбинации первых двух способов.

15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.3 Требования к широкополосному тракту (ШПТ) ДРПУ

ШПТ в ДРПУ определяет следующие показатели приемника:

- односигнальную избирательность (определяется фильтрами),
- многосигнальную избирательность (определяется фильтрами и др.),
- динамический диапазон,
- чувствительность.

В широкополосном тракте кроме эффекта блокирования, перекрестных искажений и взаимной модуляции между полезным сигналом и мощными помехами необходимо учитывать взаимодействие между составляющими группового сигнала, поступающего на вход широкополосного тракта и приводящего к появлению так называемого нелинейного шума (взаимная модуляция второго и третьего порядка).

Схемное решение элементов широкополосного тракта ДРПУ не отличается от известных элементов соответствующего диапазона частот, построенных с учетом их широкополосности.

Если полоса обзора РПУ должна быть слишком значительной, не всегда возможно реализовать элементы ШПТ с требуемыми характеристиками, например Δf_{Π} , избирательностью, K_U .

15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.3 Требования к широкополосному тракту (ШПТ) ДРПУ

При параллельном и последовательном анализе здесь широкополосный тракт перекрывается набором фильтров и усилителей, средние частоты полос пропускания которых для соседних фильтров отличаются друг от друга на величину их полосы пропускания.

При параллельном анализе один фильтр широкополосного тракта может быть подключен одновременно и к нескольким узкополосным трактам, если полоса широкополосного усилителя перекрывает несколько полос узкополосных фильтров (Рис.5).

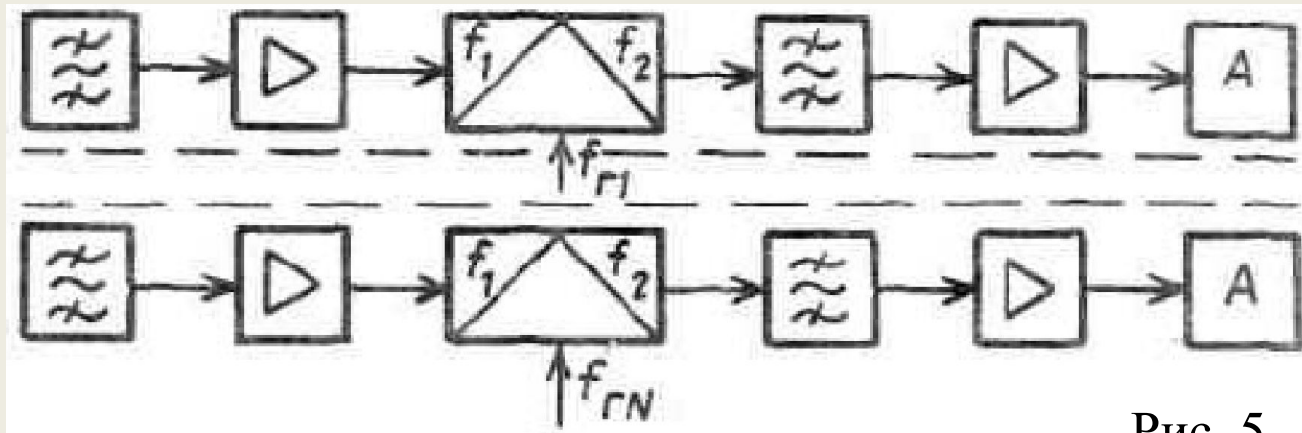


Рис. 5

Здесь требуемый диапазон частот перекрывается набором фильтров и усилителей, средние частоты полос пропускания которых для соседних фильтров отличаются друг от друга на величину их ПП.

Частоты гетеродинов отличаются для каждого поддиапазона.



15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.3 Требования к широкополосному тракту (ШПТ) ДРПУ

В приемниках последовательного анализа (рис.6), если гетеродин не может обеспечить плавную перестройку во всем диапазоне широкополосного тракта, т.е. в полосе обзора, то применяют комбинированную перестройку: плавную - при анализе сигналов в пределах каждого из фильтров широкополосного тракта и дискретную - при переходе от фильтра к фильтру.

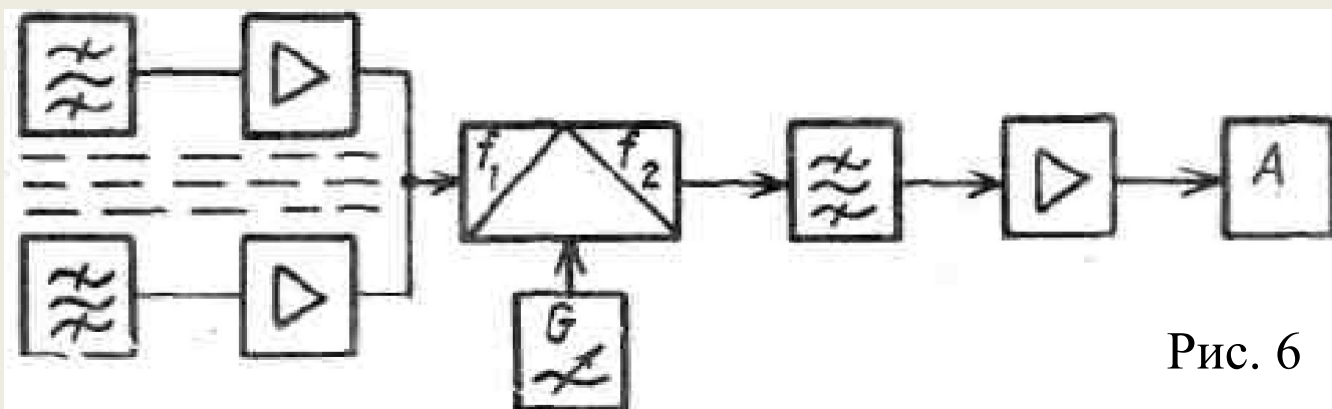


Рис. 6

15.2 Особенности построения широкополосного и узкополосного трактов диапазонных РПУ

15.2.4 Требования к узкополосному тракту (УПТ) ДРПУ

Структурная схема УПТ ДРПУ зависит в первую очередь от требований, предъявляемых к приемнику.

В приемниках одновременного (параллельного) анализа, в которых постоянны промежуточные частоты, структура УПТ в смысле количества преобразований и схемных реализаций трактов УПЧ определяется в основном способом разрешения противоречия между высокой избирательностью по соседнему каналу и избирательностью по побочным каналам приема.

В приемниках последовательного анализа применение многократного ПЧ кроме указанных причин может потребоваться для реализации требований к частотной точности. В частности, два преобразования частоты осуществляют в ДРПУ с однодиапазонным первым гетеродином, с кварцованным первым и плавным вторым гетеродинами, а также в ДРПУ, в которых использован принцип компенсации ухода частоты вспомогательного гетеродина, являющегося общим источником при формировании гетеродинных частот и др.

15.3 Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов



15.3.1 Структурные схемы приемников импульсных сигналов

В приемниках импульсных сигналов САПЧ, как правило, обеспечивают постоянство промежуточной частоты.

Основные параметры импульсных сигналов:

амплитуда импульса U_u ,

длительность импульса τ_u ,

период повторения T_u (частота повторения F_u),

временное положение начала импульса (фаза импульса).

С достаточной для практики точностью при любых формах импульса его ширину спектра можно определить по формуле

$$\Delta f_c = \frac{1}{\tau_u}$$

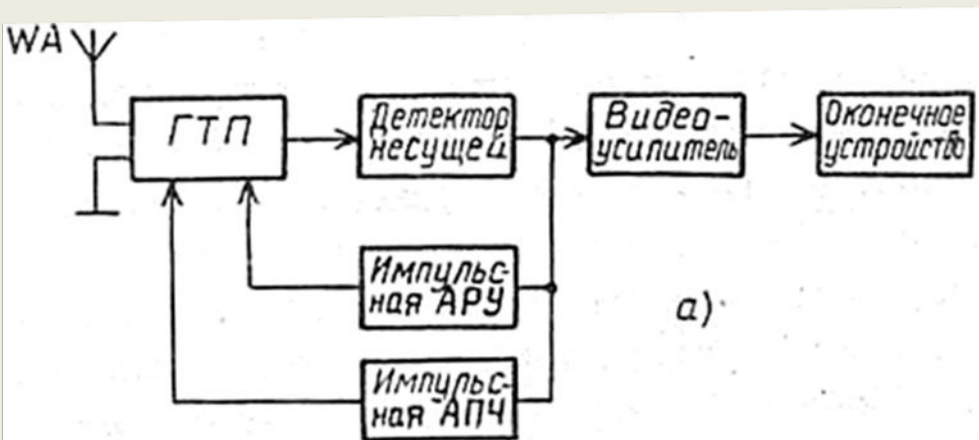
Если предъявляются повышенные требования к неискаженной передаче импульса, то ширину его спектра находят с помощью выражения

$$\Delta f_c \approx \frac{1}{\tau_y}$$

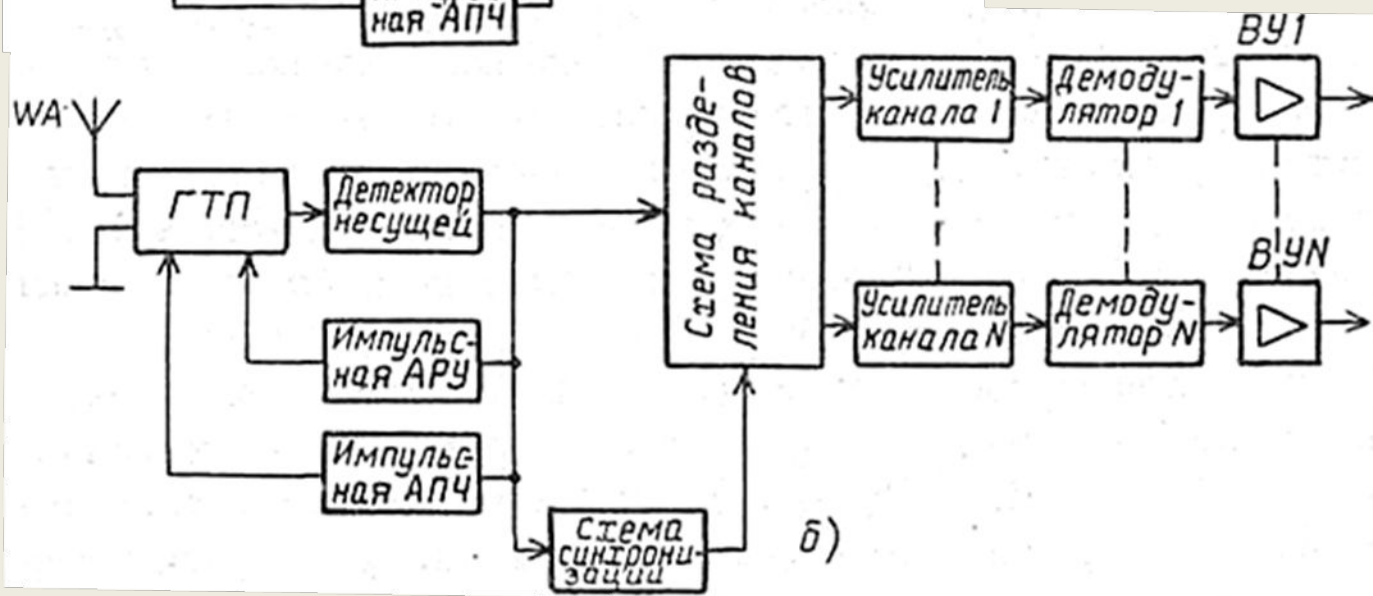
15.3 Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов

15.3.1 Структурные схемы приемников импульсных сигналов

Для реализации высоких требований по чувствительности и избирательности приемники импульсных сигналов как правило строятся по супергетеродинной схеме.



Структурная схема одноканального РПУ.



Структурная схема многоканального РПУ с временным разделением каналов.

15.3 Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов



15.3.2 Особенности систем АПЧ приемников импульсных сигналов

САПЧ приемников импульсных сигналов

инерционные

В инерционной системе АПЧ (ИАПЧ) за время импульса запоминается значение расстройки приемника, а в промежутках между импульсами подстраивается гетеродин. Длительность переходного процесса оказывается больше периода следования.

быстродействующие

В быстродействующих системах АПЧ (БАПЧ) гетеродин подстраивается за время импульса, поэтому время переходного процесса в получается меньше длительности импульса.

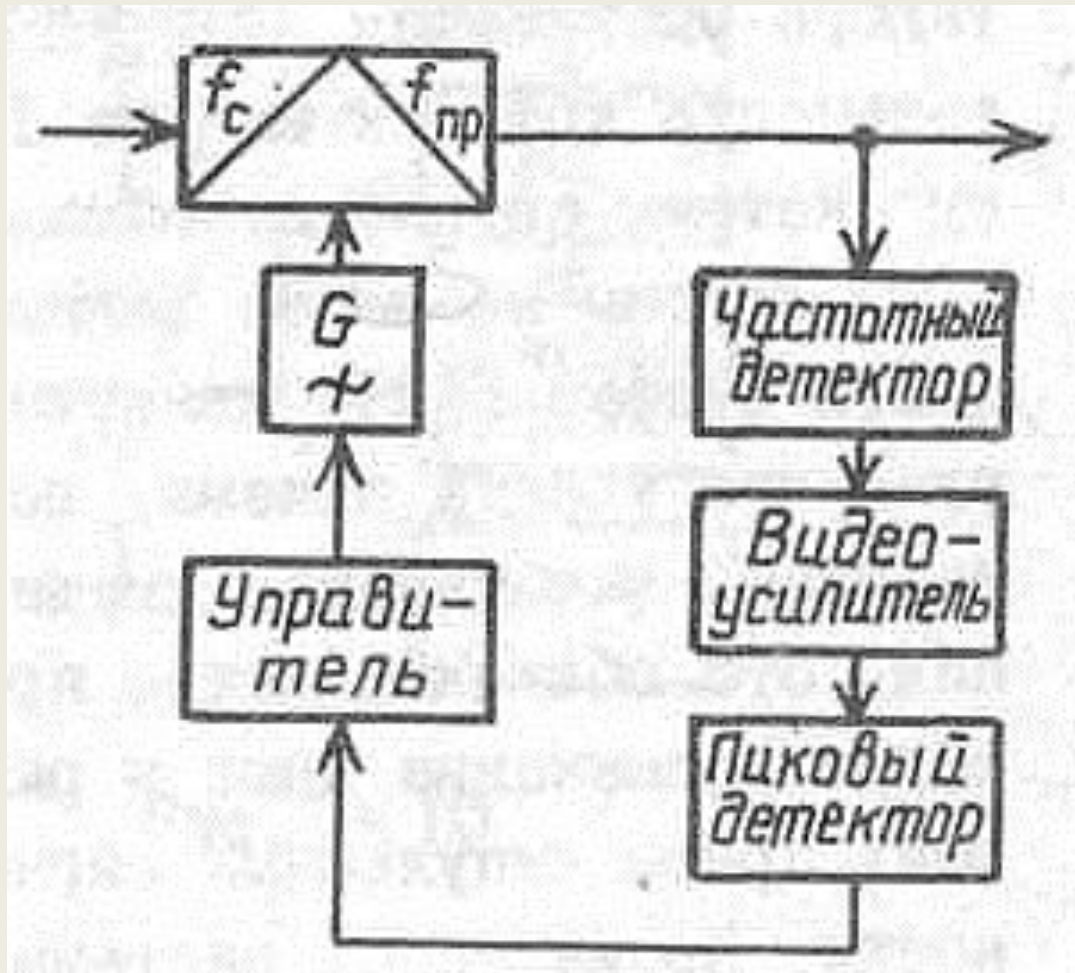
В диапазоне МВ и ДМВ ширина S_p принимаемого импульсного сигнала намного превышает возможные уходы частоты передатчика и гетеродина из-за их нестабильности, а также максимально возможное доплеровское смещение. При этом коэффициент расширения получается близким к единице, в связи с чем применение САПЧ в таких РПУ в как правило нецелесообразно.



15.3 Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов

15.3.2 Особенности систем АПЧ приемников импульсных сигналов

Структурная схема ИАПЧ



15.3 Принципы построения устройств приема и обработки радиолокационных сигналов



15.3.3 Особенности систем АРУ импульсных приемников

Структурная схема ИАРУ

