

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиотехнических систем

***ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРИЕМНИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ***

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Приемопередающие устройства»
для студентов специальности «Техническое обеспечение безопасности»

Минск 2006

УДК 621.396.62 (075.8)
ББК 32.849 я 73
И 85

С о с т а в и т е л и :
А.М. Бригидин, В.В. Ползунов, Ю.А. Шашков

Исследование характеристик приемника профессиональной связи:
И 85 Метод. указ. к лаб. работе по курсу «Приемопередающие устройства» для студ. спец. «Техническое обеспечение безопасности»/ Сост. А.М. Бригидин, В.В. Ползунов, Ю.А. Шашков.– Мн.: БГУИР, 2006.– 22 с.: ил.

В методических указаниях к лабораторной работе рассматриваются структурная схема и основные характеристики приемника, входящего в состав ультракоротковолновой приемопередающей радиотелефонной мобильной абонентской станции типа «Алтай АС-3С».

УДК 621.396.62 (075.8)
ББК 32.849 я 73

© Бригидин А.М., Ползунов В.В.,
Шашков Ю.А., составление, 2006
© БГУИР, 2006

Содержание

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ
3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА
4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ
 - 5.1. Измерение чувствительности приемника
 - 5.2. Измерение коэффициента нелинейных искажений приемника
 - 5.3. Определение допустимого отклонения частоты гетеродина от номинального значения
6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Литература

Библиотека БГУИР

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение структурной схемы и исследование основных характеристик супергетеродинного приемника, входящего в состав ультракоротковолновой приемопередающей радиотелефонной мобильной станции типа «Алтай АС-3С».

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основными функциями радиоприемного устройства (РПУ) являются:

1. Преобразование электрического поля сигнала в высокочастотные токи или напряжения. Такое преобразование выполняет приемная антенна.

2. Выделение колебаний с частотой приемного сигнала и эффективное подавление сигналов на других несущих частотах, т.е. осуществление частотной избирательности сигнала. Эта задача решается избирательными системами, входящими в высокочастотный тракт (ВЧТ) приемника.

3. Детектирование принимаемого сигнала, т.е. выделение напряжения, соответствующего модулирующему сигналу, с помощью которого передается полезное сообщение. В зависимости от вида модуляции эта задача решается амплитудным, частотным или фазовым детектором.

4. Ослабление мешающего действия помех, спектр которых частично или полностью перекрывает спектр сигнала, т.е. обеспечение помехоустойчивого радиоприема. Все способы повышения помехоустойчивости основаны на использовании каких-либо различий между сигналом и помехой. Реализация этих способов заключается в соответствующем выборе электрических характеристик отдельных блоков радиоприемника и введении специальных схем обработки принимаемых колебаний. Эти схемы могут быть включены как в высокочастотный, так и в низкочастотный тракты.

5. Усиление принятого сигнала с целью обеспечения нормальной работы оконечного устройства, воспроизводящего принятое сообщение, и вспомогательных схем защиты от помех. В общем случае усиление может производиться в трактах как высокой, так и низкой частоты.

Структурные схемы ВЧТ делятся на две основные группы: прямого усиления и супергетеродинные. Схему приемника называют по его схеме ВЧТ. Структурная схема супергетеродинного приемника с однократным преобразованием частоты в радиотракте показана на рис. 1.

Входная цепь представляет собой частотно-селективную электрическую цепь, которая служит для передачи принятого системой сигнала на вход первого усилителя по радиочастоте (УРЧ). УРЧ обеспечивает усиление сигнала и дальнейшую фильтрацию его от помех.

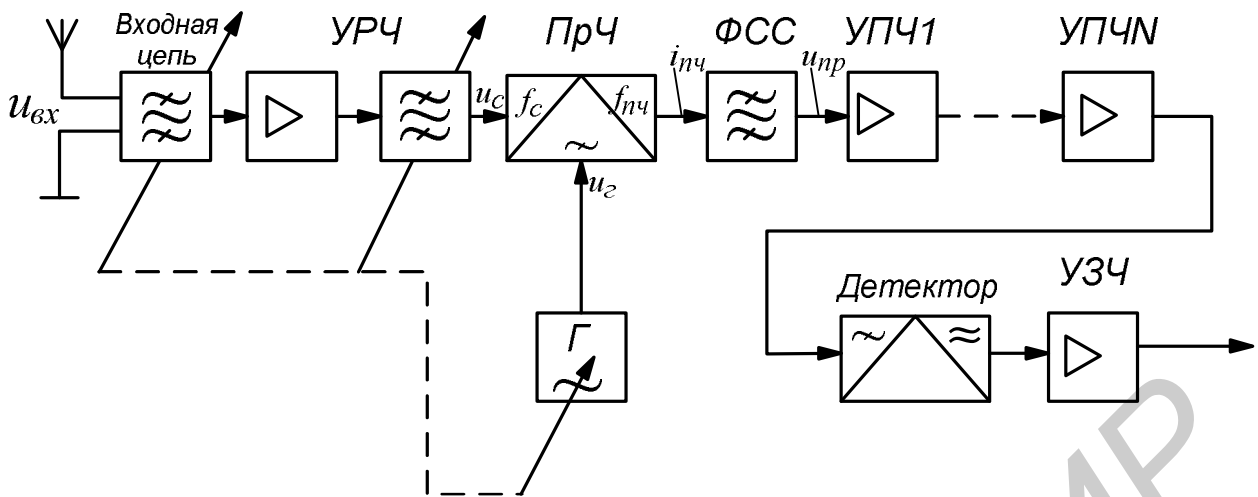


Рис. 1. Структурная схема супергетеродинного приемника

На преобразователь частоты (ПрЧ) подается два колебания: с частотой сигнала f_c с выхода УРЧ (в некоторых приемниках УРЧ может отсутствовать) и с частотой f_Γ от местного генератора (Г), называемого гетеродином.

Выходной ток преобразователя частоты $i_{пр}$ содержит помимо частотной составляющей f_c ряд комбинационных составляющих с частотами $|f_c \pm kf_\Gamma|$, из которых используется только одна – частота $f_{пр}$, чаще всего $f_{пр} = f_\Gamma - f_c$. Именно на эту частоту $f_{пр}$ настроены фильтр сосредоточенной селекции (ФСС) и селективные цепи усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Таким образом, на выходе фильтра сосредоточенной селекции преобразователя частоты образуется напряжение $u_{пр}$ с промежуточной частотой $f_{пр} = f_\Gamma - f_c$ (или $f_{пр} = f_c - f_\Gamma$).

При перестройке приемника одновременно с изменением частоты настройки резонансных цепей входной цепи и УРЧ изменяется частота гетеродина f_Γ так, что при любой частоте f_c частота $f_{пр} = f_\Gamma - f_c$ остается постоянной. При этом тракт промежуточной частоты, состоящий из фильтра сосредоточенной селекции и усилителя промежуточной частоты, не перестраивается.

Преимущество супергетеродинного приемника по сравнению с приемником прямого усиления состоит в том, что, во-первых, существенно упрощается его система настройки, поскольку перестраиваются только селективные цепи входной цепи, УРЧ и гетеродина. Во-вторых, в супергетеродинном приемнике можно обеспечить значительно лучшую фильтрацию сигнала от помех. Это объясняется следующими причинами. Результирующая АЧХ радиотракта приемника определяется в основном АЧХ селективных цепей тракта промежуточной частоты. Этот тракт не перестраивается, поэтому в нем можно использовать сложные резонансные цепи с АЧХ, достаточно близкой к идеальной. В-третьих, при перестройке приемника основные показатели радиотракта практически не изменяются, так как они в основном определяются показателями трак-

та промежуточной частоты, настроенного на постоянную частоту $f_{\text{пр}}$. В-четвертых, в супергетеродинном приемнике легче обеспечить большое усиление: обычно $f_{\text{пр}} < f_c$, а на более низкой частоте паразитная обратная связь между выходом и входом усилителя проявляется слабее, что позволяет реализовать более высокое усиление без опасности самовозбуждения усилителя.

Основная особенность супергетеродинного приемника – это наличие так называемых комбинационных каналов приема.

К основным характеристикам радиоприемного устройства относятся чувствительность, избирательность, качество воспроизведения.

Чувствительность – это способность приемника принимать слабые сигналы при заданном превышении сигнала над помехой и обеспечить заданную мощность на выходе с приемлемым качеством сообщения. Чувствительность E_a , мкВ, измеряют по величине ЭДС в антенне или мощности на входе.

Чем меньше значение E_a , тем выше чувствительность. Чувствительность приемного устройства связана с выходным напряжением коэффициентом усиления K_0 : чем больше K_0 , тем выше чувствительность. Но величина чувствительности ограничена шумами, так как при увеличении усиления приемника будут увеличиваться как выходное напряжение полезного сигнала, так и шумовое. Чувствительность приемника, ограниченная шумами, определяется требуемым отношением сигнал–шум.

В приемниках с ЧМ и ИМ основной помехой являются внутренние шумы. Чтобы увеличить чувствительность в этих типах приемника, следует уменьшить уровень внутреннего шума.

В приемниках с АМ чувствительность определяется уровнем мощных помех внешнего происхождения, поэтому она имеет низкие значения. Для увеличения чувствительности в этих типах приемников применяют способы ограничения уровня помех по амплитуде и ширине спектра.

По условиям работы радиоприемного устройства отношение сигнала к шуму на выходе ВЧ-тракта приемника (на входе детектора), называемое коэф-

фициентом различимости, $D = \frac{P_{\text{с. вых}}}{P_{\text{ш. вых}}}$ является заданным. Перепишем выра-

жение для D в виде

$$D = \frac{P_{\text{с. вх}} K_p}{P_{\text{ш. вых}}},$$

откуда $P_A = P_{\text{с. вх}} = \frac{P_{\text{ш. вых}}}{K_p} D,$

где $P_{с.вх}$ – мощность сигнала на входе, соответствующая чувствительности приемника P_A ; K_p – коэффициент усиления ВЧ-тракта приемника по мощности.

Требуемое превышение сигнала над шумом обычно равно $D = 3 \dots 10$.

Таким образом, чувствительность приемника зависит как от уровня его внутренних шумов, так и от требуемого коэффициента различимости.

Шумовые свойства приемника оценивают коэффициентом шума $\Pi_{пр}$ и шумовой температурой $T_{ш.пр}$. В качестве источника сигнала приемника служит антенна. Коэффициент шума радиотракта можно выразить через коэффициенты шума его отдельных каскадов по формуле

$$\Pi_{пр} = \Pi_{вх.ц} + \frac{\Pi_{урч} - 1}{K_{Рвх.ц.ном}} + \frac{\Pi_{прч} - 1}{K_{Рвх.ц.ном} K_{рурчном}} + \frac{\Pi_{упч} - 1}{K_{Рвх.ц.ном} K_{рурчном} K_{рпрчном}},$$

где $\Pi_{вх.ц}$, $\Pi_{урч}$, $\Pi_{прч}$, $\Pi_{упч}$ – коэффициенты шума соответственно входной цепи, УРЧ, преобразователя частоты и УПЧ приемника; $K_{Рвх.ц.ном}$, $K_{рурчном}$, $K_{рпрчном}$ – номинальные коэффициенты усиления по мощности соответственно входной цепи, УРЧ и преобразователя частоты приемника.

Обычно $\Pi_{урч} < \Pi_{прч}$, а $K_{рурч} \gg 1$, поэтому включение УРЧ в радиотракт приемника позволяет снизить его результирующий коэффициент шума.

Установим связь между чувствительностью приемника и его коэффициентом шума $\Pi_{пр}$. По определению, $\Pi_{пр} = P_{ш.вых} / (bkT_0\Pi_{ш}K_p)$. Обычно обеспечивается согласование антенны с входной цепью приемника, при этом $b = 1$. Тогда $P_{ш.вых} = kT_0\Pi_{ш}K_p\Pi_{пр}$. Подставляя $P_{ш.вых}$ в выражение

$$P_A = P_{с.вх} = \frac{P_{ш.вых}}{K_p} D_p, \text{ получаем}$$

$$P_A = kT_0\Pi_{ш}\Pi_{пр}D_p.$$

Если необходимо перейти к соответствующей ЭДС в цепи антенны, можно воспользоваться соотношением $P_A = E_A^2 / 4R_A$, тогда

$$E_A = \sqrt{4kT_0\Pi_{ш}R_A\Pi_{пр}D_p},$$

где $\Pi_{ш}$ – полоса шума усилителя; $T_0 = 293$ К (20°C) – комнатная температура; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; R_A – активная составляющая сопротивления антенны.

Чувствительность приемника через шумовую температуру определяется выражением

$$P_A = k(T_0 + T_{ш пр})\Pi_{ш}D_p.$$

Так как чувствительность приемника тем выше, чем меньше P_A , то для ее повышения необходимо уменьшить шумы радиотракта, коэффициент различимости D_p (применяя помехоустойчивые сигналы) и полосу пропускания радиотракта (уменьшать эту полосу можно лишь до определенного предела, ниже которого начинаются искажения сигнала).

Амплитудной характеристикой (АХ) радиотракта приемника или его отдельных каскадов называется зависимость амплитуды (или действующего значения) выходного напряжения от амплитуды (или действующего значения) входного гармонического напряжения постоянной частоты. На рис. 2 штриховой линией показана АХ идеального усилителя, сплошной – реального усилителя.

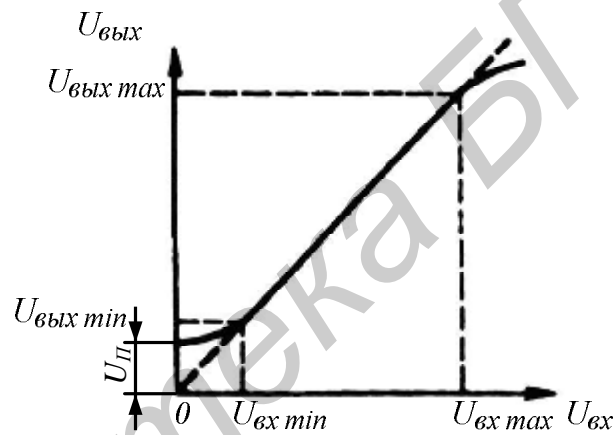


Рис. 2. Амплитудная характеристика усилителя

Как видно из рис. 2, АХ реального и идеального усилителей совпадают только для амплитуд входного сигнала от $U_{вх min}$ до $U_{вх max}$. На этом участке АХ – прямая линия, угол наклона которой к оси абсцисс определяет коэффициент усиления по напряжению усилителя. При $U_{вх} < U_{вх min}$ АХ реального каскада не проходит через начало координат; даже при $U_{вх} = 0$ на выходе усилителя имеется некоторое выходное напряжение $U_{п}$, обусловленное действием флуктуационных шумов в усилителе и другими помехами. Для нормальной работы усилителя $U_{вых min}$ должно быть больше $U_{п}$. При $U_{вх} > U_{вх max}$ АХ реального усилителя также изгибается, что приводит к заметным нелинейным искажениям усиливаемого сигнала. Верхний изгиб АХ связан с нелинейностью ВАХ усилительного элемента, с перегрузкой его при больших амплитудах входного сигнала. Таким образом, реальный усилитель может усиливать сигнал без существенных искажений только при выполнении условия

$$U_{вх min} \leq U \leq U_{вх max}.$$

Избирательностью радиоприемного устройства называют его способность отличить полезный радиосигнал от радиопомехи по признакам, свойственным радиосигналу. Основным признаком полезного сигнала является значение несущей частоты. Частотная избирательность количественно характеризует способность выделить из всех радиочастотных колебаний и радиопомех, принятых антенной, радиосигнал, несущий полезное сообщение. Основным элементом приемника, обеспечивающим частотную избирательность, является колебательный контур или избирательная система.

Увеличение числа радиостанций, создающих электромагнитные поля в диапазоне радиочастот, ухудшает условия приема полезных радиосигналов. По Международному регламенту использования электромагнитных излучений каждому передатчику выделяют необходимую полосу излучения. Приемник должен выделить полосу полезного сигнала и подавить спектр радиопомех. Наибольшую опасность представляют помехи от ближайших по несущей частоте радиостанций, которые называются соседним каналом. Количественно избирательность определяется как отношение напряжения полезного сигнала U_0 к напряжению помехового сигнала $U_{с.к}$ при расстройке $\Delta f_{с.к}$, т.е. на частотах нежелательных станций, например соседнего канала (рис. 3, а). Избирательность, дБ, по соседнему каналу $Se_{с.к}$ равна

$$Se_{с.к} = \frac{U_0}{U_{с.к}};$$

при АМ $\Delta f_{с.к} = \pm 25$ кГц; при ЧМ $\Delta f_{с.к} = \pm 250$ кГц.

Чем больше численное значение U_0 , тем выше избирательность, т.е. тем сильнее подавляется помеха по соседнему каналу. Подавление помехи зависит от формы колебательного контура (избирательной системы). Чем лучше прямоугольность резонансной кривой колебательного контура (избирательной системы), тем выше избирательность.

Другими помехами для приемника супергетеродинного типа являются помехи по побочным (зеркальному и прямому) каналам. Побочные каналы приема – полосы частот, находящиеся за пределами основного канала приема. Помеха по зеркальному каналу отличается от полезного сигнала на значение удвоенной промежуточной частоты. Эта помеха при попадании на вход преобразователя частоты вызывает появление разностной частоты, совпадающей с промежуточной частотой $f_{пр}$. Подавлять зеркальную помеху необходимо до преобразователя частоты с помощью избирательной системы (колебательных контуров) в преселекторе (ВЦ + УРЧ).

Избирательность по зеркальному каналу определяется как отношение напряжения полезного сигнала на выходе приемника к напряжению на частоте зеркального канала, т.е. при расстройке, равной $2f_{пр}$ (рис. 3, б):

$$Se_{з.к} = \frac{U_0}{U_{з.к}} \text{ при } \Delta f = \pm 2f_{пр}.$$

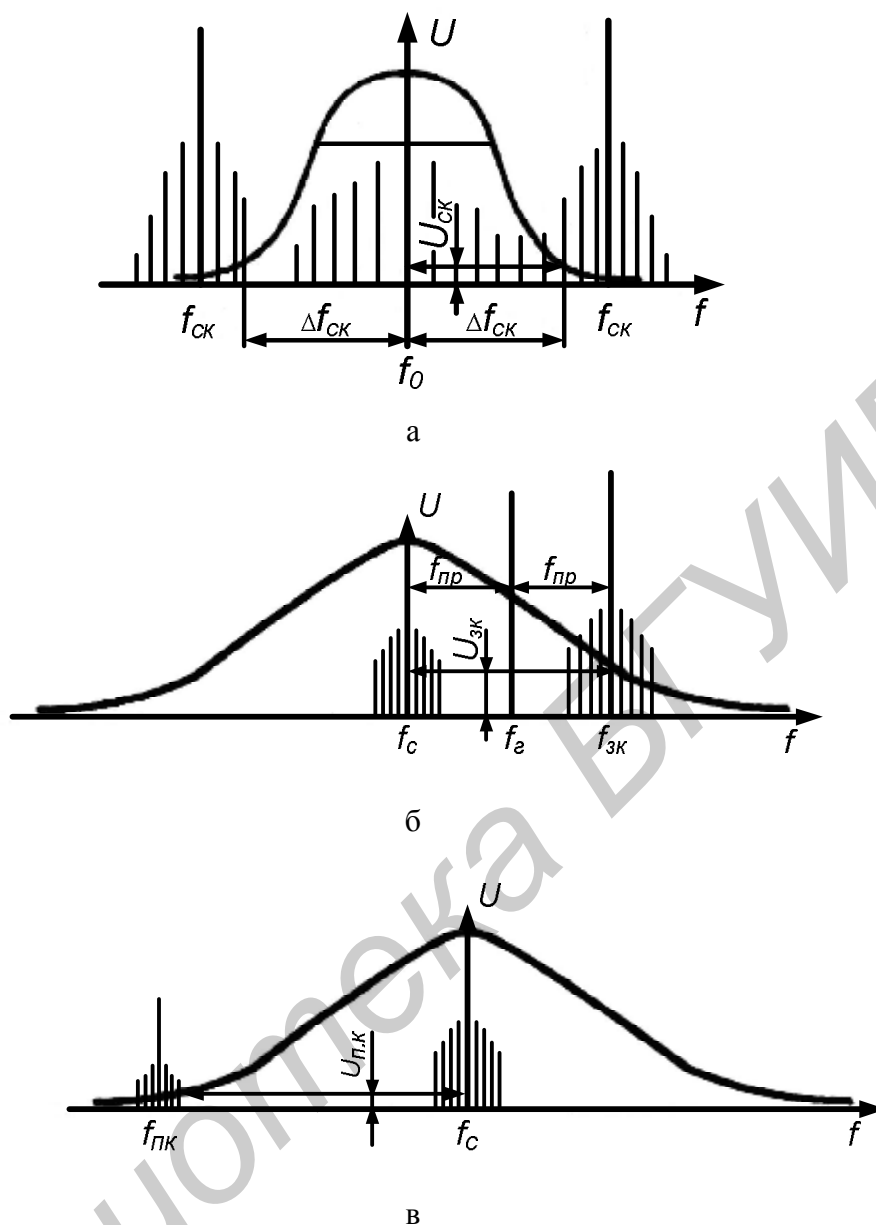


Рис. 3. Избирательность по соседнему (а), зеркальному (б), прямому (в) каналам

Помеха по прямому каналу совпадает по частоте со значением промежуточной частоты. При попадании на вход преобразователя частоты помеха прямого канала усиливается как полезный сигнал независимо от частоты гетеродина. Ослабляется помеха прямого канала в преселекторе избирательной системой. Чтобы уменьшить вероятность появления помех по прямому каналу, значения промежуточных частот $f_{\text{пр}}$ в приемниках выбирают стандартными, и на этих частотах нет передатчиков.

Избирательность по прямому каналу определяется как отношение напряжения полезного сигнала на выходе приемника к напряжению на промежуточной частоте (рис. 3, в):

$$Se_{\text{п.к}} = \frac{U_0}{U_{\text{п.к}}}$$

Существует еще ряд показателей качества РПУ. Среди них важную роль играет стабильность приемника – способность его обеспечивать прием полезного сигнала длительное время без ухудшения качества воспроизводимого сообщения и без каких-либо ручных регулировок. В реальных условиях качество воспроизводимого сообщения во времени меняется, что вызывает необходимость регулировки в РПУ усиления, частоты настройки, полосы пропускания и т.д. Особенно важную роль играет точность частоты настройки приемника на частоту принимаемого сигнала. Высокая стабильность и точность установки частоты повышают достоверность принимаемого сообщения, облегчают быстрое нахождение канала связи в условиях сильной загруженности рабочего диапазона, что особенно важно при дистанционном управлении приемником.

Главной причиной частотной нестабильности является изменение частот гетеродинов, ведущее к изменению промежуточных частот, поэтому основное внимание при создании высококачественных РПУ направлено на обеспечение высокой стабильности гетеродинных частот, особенно в первых преобразователях частоты. Изменение частоты настройки может быть вызвано и нестабильностью параметров электрических цепей, которая приводит к появлению переменных фазовых сдвигов. Высокие требования к стабильности частоты настройки привели к созданию и применению в современных РПУ в качестве гетеродинов высокостабильных синтезаторов частот, стабильность которых, например, в современных КВ профессиональных РПУ составляет 10^{-7} К 10^{-9} .

Время настройки на принимаемую частоту имеет большое значение при работе РПУ в автоматизированных и адаптивных системах связи. Под временем настройки понимают интервал времени между сигналом к настройке и моментом полной готовности приемника к приему сигнала требуемой частоты в эксплуатационном режиме. Время настройки во многом определяет систему настройки приемника.

Диапазон рабочих частот или длин волн приемника, определяющий область частот, на которые он может быть настроен, зависит от его назначения. Вещательные приемники работают в диапазонах ДВ (150...285 кГц), СВ (525...1605 кГц), КВ (2,3...26,1 МГц), УКВ-волн (87,5...108 МГц); профессиональные РПУ – в диапазоне ВЧ (30...300 МГц), радиолокационные – в диапазоне 1000...10 000 МГц и т.д. В ряде случаев диапазон разбивается на поддиапазоны. В пределах диапазона или поддиапазона настройка может осуществляться либо плавно, либо фиксированно с определенным шагом. Коэффициент перекрытия диапазона

$$k_D = f_{0\max} / f_{0\min},$$

где $f_{0\max}$ и $f_{0\min}$ – граничные частоты диапазона.

Динамический диапазон приемника – это диапазон амплитуд входного сигнала, при которых обеспечивается требуемое качество воспроизведения принятого сообщения. Нижняя граница динамического диапазона определяется чувствительностью приемника, верхняя – допустимыми искажениями сигнала.

Качество воспроизведения определяется степенью допустимых искажений сигнала приемником.

Сигнал подвергается частотным, фазовым и нелинейным искажениям. Частотные искажения вызваны тем, что амплитудно-частотная характеристика имеет спад в области низких частот модуляции, обусловленной уменьшением усиления из-за разделительных и других цепей низкочастотного тракта приемника. Спад характеристики в области верхних частот модуляции вызван тем, что базовые частоты модуляции в высокочастотном тракте приемника усиливаются слабее, чем несущее колебание.

Фазовые искажения вызваны наличием реактивных элементов L и C . Фазочастотная характеристика имеет практически линейный участок в области от F_{\min} до F_{\max} .

Нелинейные искажения вызываются наличием нелинейных элементов в приемном устройстве. При больших амплитудах входного напряжения вольт-амперная характеристика транзистора или диода имеет значительную нелинейность. В результате на выходе устройства появляются гармоники входного сигнала. Нелинейные искажения оцениваются коэффициентом гармоник K_{Γ} – отношение эффективного значения высших гармоник выходного напряжения к значению первой гармоники:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{U_{2F}^2 + U_{3F}^2}}{U_F}.$$

Особенно сильные искажения возникают при приеме ИМ-сигналов. Для оценки искажений огибающей импульсного сигнала пользуются переходной характеристикой приемника, под которой понимают зависимость выходного напряжения $U_{\text{вых}}(t)$ при подаче сигнала с единичным скачком ВЧ-напряжения на входе.

Помехоустойчивость позволяет оценить свойства приемника в целом с учетом его линейных и нелинейных частей. В общем виде под помехоустойчивостью понимают способность приемника обеспечивать нужное качество приема при действии различных видов помех. Более полную оценку помехоустойчивости приемника дает вероятностный критерий. Так, помехоустойчивость приемника дискретных сообщений оценивается с помощью вероятности ошибки приема радиотелеграфных сигналов при действии различных видов помех. Количественно помехоустойчивость определяется отношением сигнала к помехе на входе РПУ, при котором сообщение принимается с заданной вероятностью ошибки.

3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА

Устройство и принцип работы приемопередатчика рассмотрим по структурной схеме рис. 4.

Приемопередатчик состоит из шести функционально законченных блоков: 1) блока усилителя мощности; 2) блока возбуждителя; 3) блока приемника; 4) блока автоматики; 5) устройства приоритета; 6) блока питания.

Блок усилителя мощности (УМ) усиливает маломощный сигнал с блока возбудителя (100...300 мВт) до уровня, необходимого для нормальной работы радиостанции в системе связи (5...15 Вт). В этом блоке производится необходимая частотная фильтрация сигнала передатчика (ПРД) и разделение с общего антенного ввода сигналов передатчика и приемника (ПРМ). Данные функции выполняет антенно-разделительный фильтр. Весь блок УМ выполнен конструктивно законченным и к схеме радиостанции подключается с помощью разъемных соединений.

В блок возбудителя входят: 1) предварительный усилитель мощности; 2) синтезатор передатчика; 3) опорный генератор; 4) устройство управления синтезаторами частоты.

Последние два блока являются общими для блока возбудителя и блока приемника.

Предварительный усилитель мощности усиливает выходной сигнал синтезатора частоты передатчика для «раскачки» блока УМ и обеспечивает необходимую развязку выхода синтезатора частоты (СЧ) от внешних цепей. Синтезатор частоты ПРД осуществляет формирование высокочастотного сигнала передатчика в соответствии с управляющим сигналом из блока управления СЧ, а также обеспечивает модуляцию ВЧ-сигнала низкочастотной информацией из блока автоматики.

Устройство управления СЧ служит для автоматического переключения СЧ в пределах восьми каналов выделенного частотного ствола. Выбор ствола производится неоперативной установкой перемычек в СЧ ПРМ и ПРД в условиях производства или мастерской.

Опорный генератор формирует высокостабильный эталонный сигнал частотой 10 МГц, необходимый для работы обоих синтезаторов частоты.

Блок приемника обеспечивает прием, демодуляцию ВЧ-сигнала на любом из восьми каналов ствола и предварительную обработку выделенного низкочастотного сигнала, включающую усиление, послекоррекцию амплитудно-частотной характеристики, ограничение импульсных шумовых помех и коммутацию НЧ-сигнала в соответствии с алгоритмом работы радиостанции.

Блок автоматики производит обработку принимаемых сигналов взаимодействия по алгоритму системы связи, формирование комплексного сигнала модуляции передатчика из логических сигналов и микрофонного усилителя пультов управления, а также управляет режимами работы блока радиостанции.

Устройство приоритета предназначено для обеспечения возможности управления работой приемопередатчика с двух пультов управления.

Блок питания служит для преобразования изменяющегося в процессе эксплуатации напряжения питания в ряд номинальных напряжений, необходимых для различных каскадов радиостанции. Он также совмещает функции коммутации цепей питания радиостанции при включении-выключении и обеспечивает ее защиту при перенапряжении по первичной цепи питания, при случайных коротких замыканиях в цепи питания и т.д.

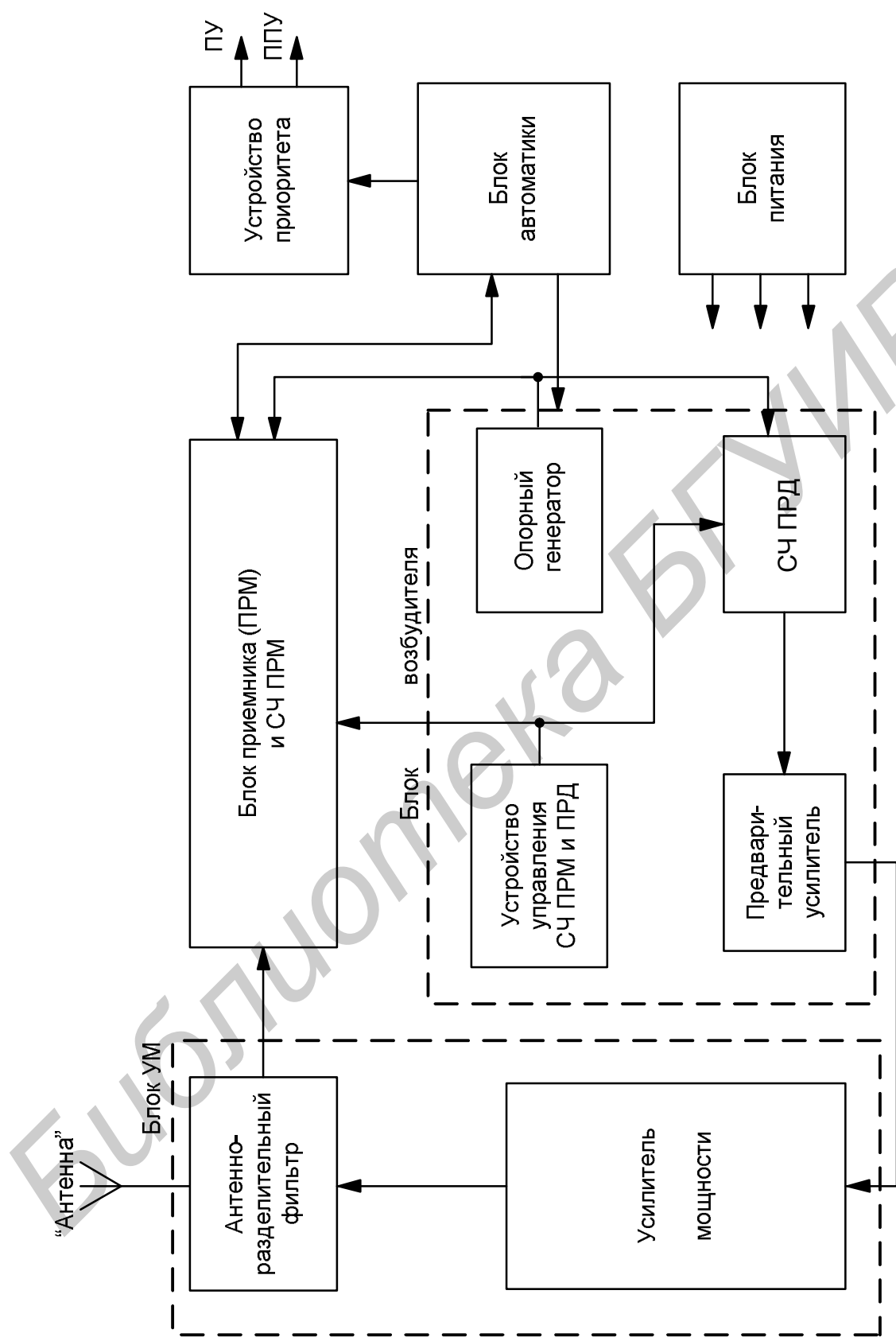


Рис. 4. Структурная схема приемопередатчика

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Целью лабораторной работы «Исследование характеристик приемника профессиональной связи» является измерение его чувствительности, коэффициента нелинейных искажений сигнала и стабильности частоты гетеродина.

Система профессиональной связи на базе РТС «Алтай» (РТС 9Р23В) включает 11 или 22 приемопередающих радиостанций, работающих на различных частотах в диапазоне 300...340 МГц.

Каждая радиостанция может работать на одном из восьми каналов связи, переключение которых производится с помощью кнопки «Канал» переходного вспомогательного устройства (ПВУ). Поскольку радиостанция работает на общую антенну, то для разделения трактов приема и передачи сигналов применяется их частотная селекция ($f_{\text{прм}} - f_{\text{прд}} = 36 \text{ МГц}$), а также антенно-разделительный фильтр (АРФ).

АРФ обеспечивает:

- работу приемника и передатчика радиостанции на общую нагрузку;
- фильтрацию сигналов приема и передачи;
- необходимое затухание сигнала передатчика на входе приемника;
- необходимую избирательность по зеркальному каналу.

Лабораторная установка состоит из приемного устройства радиостанции «Алтай», блока питания и контрольно-измерительной аппаратуры (рис. 5).

Приемное устройство выполнено по супергетеродинной схеме и состоит из входного устройства, роль которого выполняет АРФ, усилителя высокой частоты, смесителя, усилителя промежуточной частоты, частотного детектора и усилителя низкой частоты. С выхода УНЧ сигнал поступает через контакты кнопки «Контроль», «ПРМ-ПРД» в положении «ПРМ» на гнезда ПВУ «Осциллограф», «Вольтметр», «ИНИ» (измеритель нелинейных искажений), а также через дополнительный УНЧ на динамик (рис. 6).

Гетеродин выполнен на базе синтезатора частоты, управление которым осуществляется с помощью кнопки «Канал» ПВУ.

Чувствительность приемника определяется по амплитуде сигнала на его входе, при котором отношение сигнал/шум на выходе приемника составляет 12 дБ (4 раза). Высокая чувствительность приемника (не более 1 мкВ) обусловлена применением спиральных резонаторов входного устройства (АРФ), усилителя высокой частоты и кварцевых фильтров УПЧ.

Коэффициент нелинейных искажений приемника составляет не более 5 % и обусловлен высокой стабильностью частоты принимаемого сигнала и частоты гетеродина, а также применением узкополосных фильтров приемника.

Допустимое отклонение частоты гетеродина от номинального значения не превышает $\pm 3 \text{ кГц}$. Достаточно высокая стабильность частоты гетеродина обусловлена применением в синтезаторе частоты опорного кварцевого генератора, системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и генератора, управляемого напряжением (ГУН), собранного по схеме емкостной трехточки.

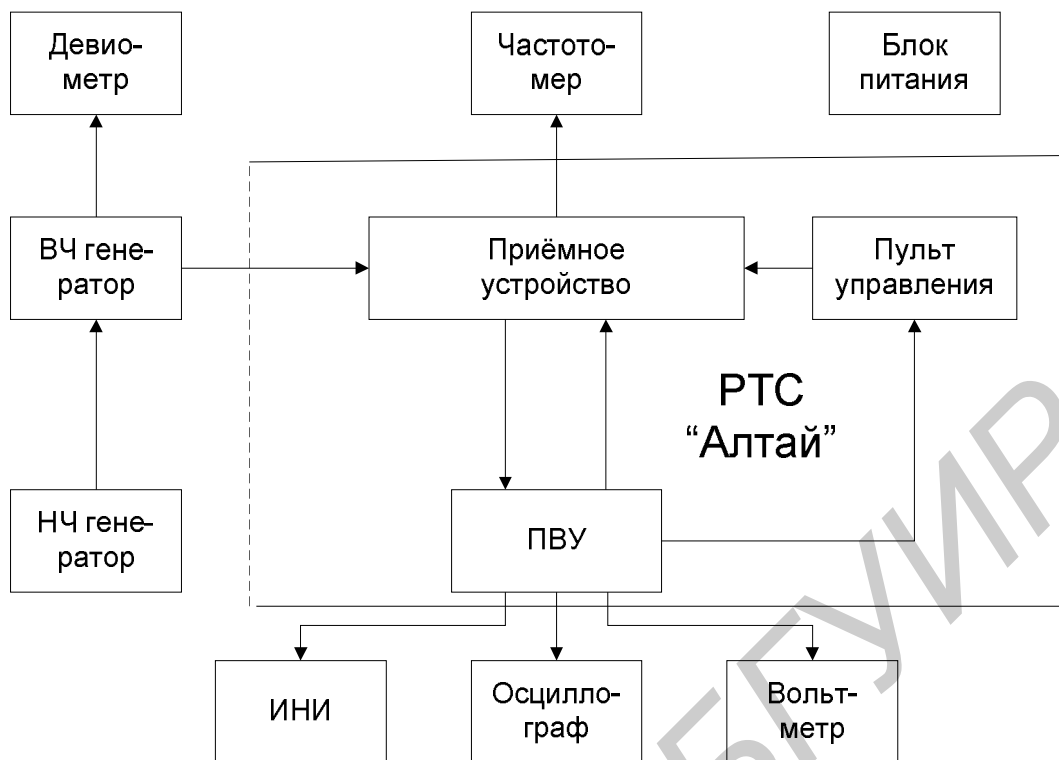


Рис. 5. Структурная схема лабораторной установки.

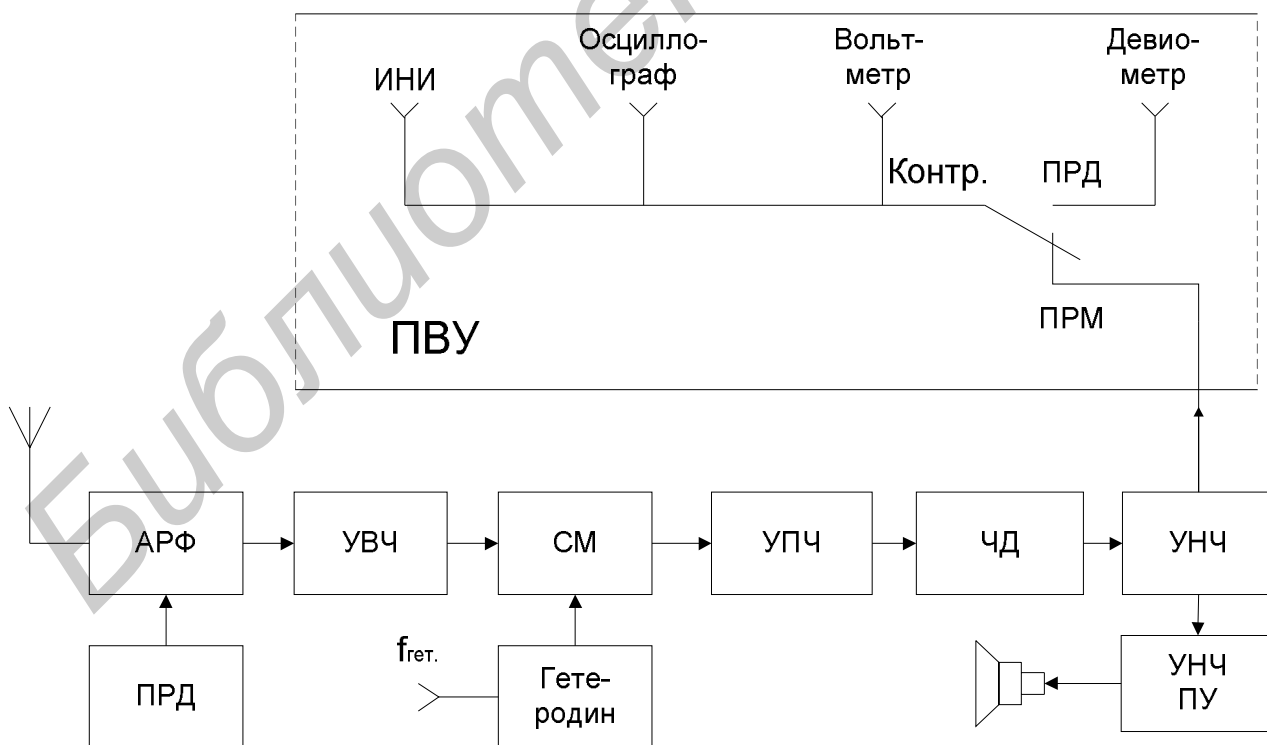


Рис. 6. Структурная схема приёмного устройства.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед включением радиостанции кнопка «ТЛФ» ПВУ должна быть нажата, остальные кнопки – не нажаты.

Для выполнения лабораторной работы следует включить:

- блок питания приемника;
- радиостанцию с помощью кнопки «РС» ПВУ. При этом загорается лампочка красного цвета на пульте управления;
- все контрольно-измерительные приборы лабораторной установки.

При измерении чувствительности и коэффициента нелинейных искажений на вход приемника с выхода высокочастотного генератора подается частотно-модулированный сигнал с девиацией частоты 3 или 5 кГц при частоте модуляции 1 кГц. Номинальная величина девиации частоты Δf зависит от типа радиостанции и достигается при определенной амплитуде модулирующего напряжения U_{Ω} низкочастотного генератора, что следует из амплитудной модуляционной характеристики ВЧ-генератора (рис.7).

5.1. Измерение чувствительности приемника

Включите радиостанцию с помощью ПВУ в режим приема на любой из восьми каналов связи. Подайте на антенный вход радиостанции от ВЧ-генератора частотно-модулированный ВЧ-сигнал с девиацией частоты 5 кГц (3 кГц) при частоте модуляции 1 кГц и амплитудой 1 мВ. Данная амплитуда сигнала достигается при величине ослабления выходного аттенюатора ВЧ-генератора, равной ≈ 60 дБ. Настройте ВЧ-генератор на частоту включенного канала радиостанции с помощью регулировок «Установка частоты». Настройка ВЧ-генератора производится по виду выходного низкочастотного сигнала приемника по осциллографу. При настройке генератора на экране осциллографа видны шумы на выходе приемника, при точной настройке шумы подавляются и виден только низкочастотный демодулированный сигнал частотой 1 кГц.

При точной настройке ВЧ-генератора измерьте амплитуду выходного сигнала приемника по вольтметру. Выключите модуляцию ВЧ-генератора путем нажатия кнопки «Внеш.». С помощью аттенюатора ВЧ-генератора уменьшите амплитуду выходного напряжения приемника до величины в 4 раза меньшей, чем при включенной модуляции.

По показанию аттенюатора и данным таблицы перевода децибелов в разы (см. табл. 1) определите амплитуду сигнала на входе приемника, при которой отношение сигнал/шум равно 12 дБ (4 раза), что соответствует чувствительности приемника. При этом необходимо учесть, что при нулевом ослаблении (показание аттенюатора равно 0 дБ) амплитуда сигнала на выходе ВЧ-генератора равна 1 В.

Таблица

для перевода отношений напряжений $\frac{U_1}{U_2}$ в децибелы N:

$$N \text{ дБ} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

$\frac{U_1}{U_2}$, раз	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N, дБ	0	6	9,5	12	14	15,6	17	18	19,1	20
$\frac{U_1}{U_2}$, раз	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N, дБ	20	26	29,5	32	34	35,6	36,9	38,1	39,1	40
$\frac{U_1}{U_2}$, раз	10^2	3×10^2	10^3	3×10^3	10^4	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6	3×10^6
N, дБ	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Пример перевода: N = 112 дБ, тогда $\frac{U_1}{U_2} = 4 \times 10^5$ раз, так как 100 дБ $\rightarrow 10^5$,
12 дБ $\rightarrow 4$.

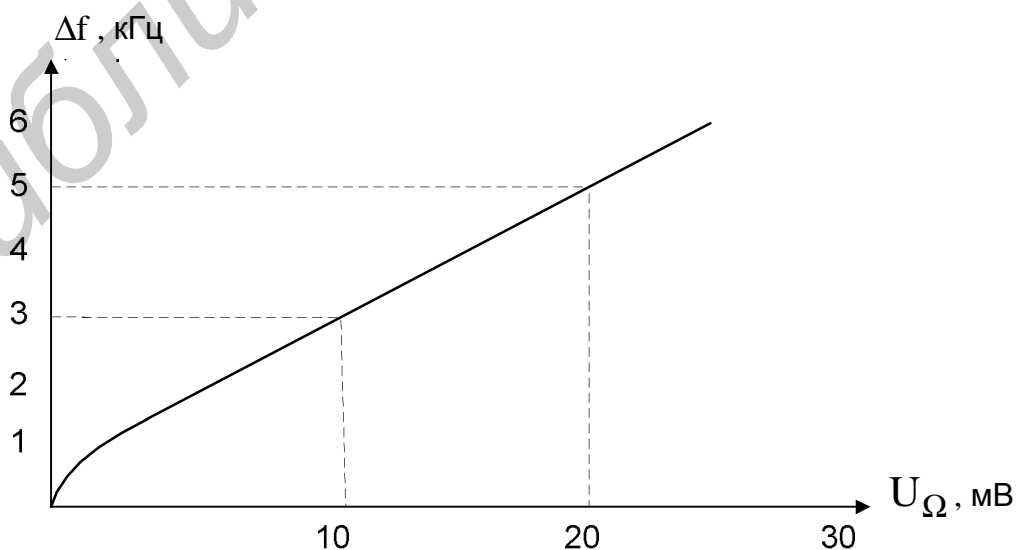


Рис. 7. Амплитудная модуляционная характеристика ВЧ-генератора

5.2. Измерение коэффициента нелинейных искажений приемника

Включите радиостанцию с помощью ПВУ в режим приема на любом из восьми каналов связи. Подайте на радиостанцию от ВЧ-генератора частотно-модулированный сигнал с девиацией 5 кГц (3 кГц для РТС 9P23B-1) при частоте модуляции 1 кГц и амплитудой 1 мВ. Настройте ВЧ-генератор на частоту включенного канала. При положении «ПРМ» кнопки «Контроль» подайте сигнал с гнезда «ИНИ» ПВУ на вход измерителя нелинейных искажений и измерьте коэффициент нелинейных искажений $K_{\text{НИ}}$, который должен быть не более 5 %. Изменяя амплитуду модулирующего напряжения НЧ-генератора U_{Ω} от 0 до 50 мВ, измерьте $K_{\text{НИ}}$. Постройте график зависимости $K_{\text{НИ}} = \varphi(U_{\Omega})$, по которому определите допустимую амплитуду модулирующего напряжения $U_{\Omega \text{ доп}}$.

5.3. Определение допустимого отклонения частоты гетеродина от номинального значения

Подключите частотомер к разъему «Гетеродин» радиостанции. Включите ее в режим приема на первом канале. Измерьте частоту гетеродина. Переключайте радиостанцию на остальные каналы и измерьте в каждом случае частоту гетеродина. Вычислите отклонение частоты гетеродина от номинального значения, которое не должно превышать ± 3 кГц. Частота гетеродина для данной радиостанции (ствол № 2) находится в диапазоне $f_{\text{гет}} = 348,30 - 348,65$ МГц с разносом по частоте между каналами $\Delta f_1 = 50$ кГц (табл. 2, 3).

Таблица номинальных частот гетеродина приемника (22 ствола)

Номер канала	Номинальная частота гетеродина, МГц	Номер ствола	Разнос каналов, кГц
1	347, 8375	1	25
2	347, 8625		
3	347, 8875		
4	347, 9125		
5	347, 9375		
6	347, 9625		
7	347, 9875		
8	348, 0125		
1	348, 0375	2	25
2	348, 0625		
3	348, 0875		
4	348, 1125		
5	348, 1375		
6	348, 1675		
7	348, 1875		
8	348, 2125		
1	348, 2625	3	25
2	348, 2875		
3	348, 3125		
4	348, 3375		
5	348, 3625		
6	348, 3875		
7	348, 4125		
8	348, 4375		

Таблица номинальных частот гетеродина приемника (11 стволов)

Номер канала	Номинальная частота гетеродина, МГц	Номер ствола	Разнос каналов, кГц
1	347, 8500	1	50
2	347, 9000		
3	347, 9500		
4	348, 0000		
5	348, 0500		
6	348, 1000		
7	348,1500		
8	348, 2000		
1	348, 3000	2	50
2	348, 3500		
3	348, 4000		
4	348, 4500		
5	348, 5000		
6	348, 5500		
7	348, 6000		
8	348, 6500		
1	348, 7500	3	50
2	348, 8000		
3	348, 8500		
4	348, 9000		
5	348, 9500		
6	349, 0000		
7	349, 0500		
8	349, 1000		

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Структурная схема супергетеродинного приемника.
2. Структурная схема радиостанции.
3. Значения чувствительного приемника и относительной нестабильности гетеродина приемника для каждого канала.
4. Краткие выводы о работе и характеристиках приемника.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение радиоприемного устройства.
2. Перечислите функции радиоприемного устройства.
3. Составьте структурную схему РПУ.
4. По каким признакам классифицируются РПУ?
5. В чем состоит сущность супергетеродинного приема?
6. Перечислите основные характеристики РПУ.
7. Что такое чувствительность приемника радиосигналов? Как она определяется?
8. Запишите формулу, определяющую коэффициент различимости. Объясните алгоритм определения чувствительности приемника радиостанции «1 табл».
9. Дайте определение понятию «коэффициент шума» РПУ. На какие характеристики приемника он влияет?
10. Что такое избирательность по соседнему каналу, по прямому и зеркальному каналам?
11. Какие каскады оказывают наибольшее влияние на избирательность по зеркальному каналу?
12. Какое влияние оказывает на работу радиоприемного устройства нестабильность частоты гетеродина? Перечислите методы стабилизации частоты гетеродина.

Литература

1. Радиоприемные устройства / Под ред. М.Н. Фомина. – М.: Радиосвязь, 1996.
2. Головин О.В. Радиоприемные устройства: Учебник для техникумов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
3. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2002.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ

Методические указания к лабораторной работе
по курсу «Приемопередающие устройства»
для студентов специальности «Техническое обеспечение безопасности»

Составители:

Бригидин Анатолий Михайлович,
Ползунов Владимир Васильевич,
Шашков Юрий Алексеевич

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 28.03.2006.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,51.
Уч.-изд. л. 0,9.	Тираж 150 экз.	Заказ 659.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6