**Донской государственный технический университет**

# Кафедра радиоэлектроники

**Лабораторная работа № 1**

**Анализ принципов формирования и характеристик сигналов дискретных видов**

**Лабораторная работа № 1**

**Тема: Анализ принципов формирования и характеристик сигналов дискретных видов**

**Учебные вопросы:**

**1. Теоретический материал к лабораторной работе.**

**2. Практическая часть лабораторной работы.**

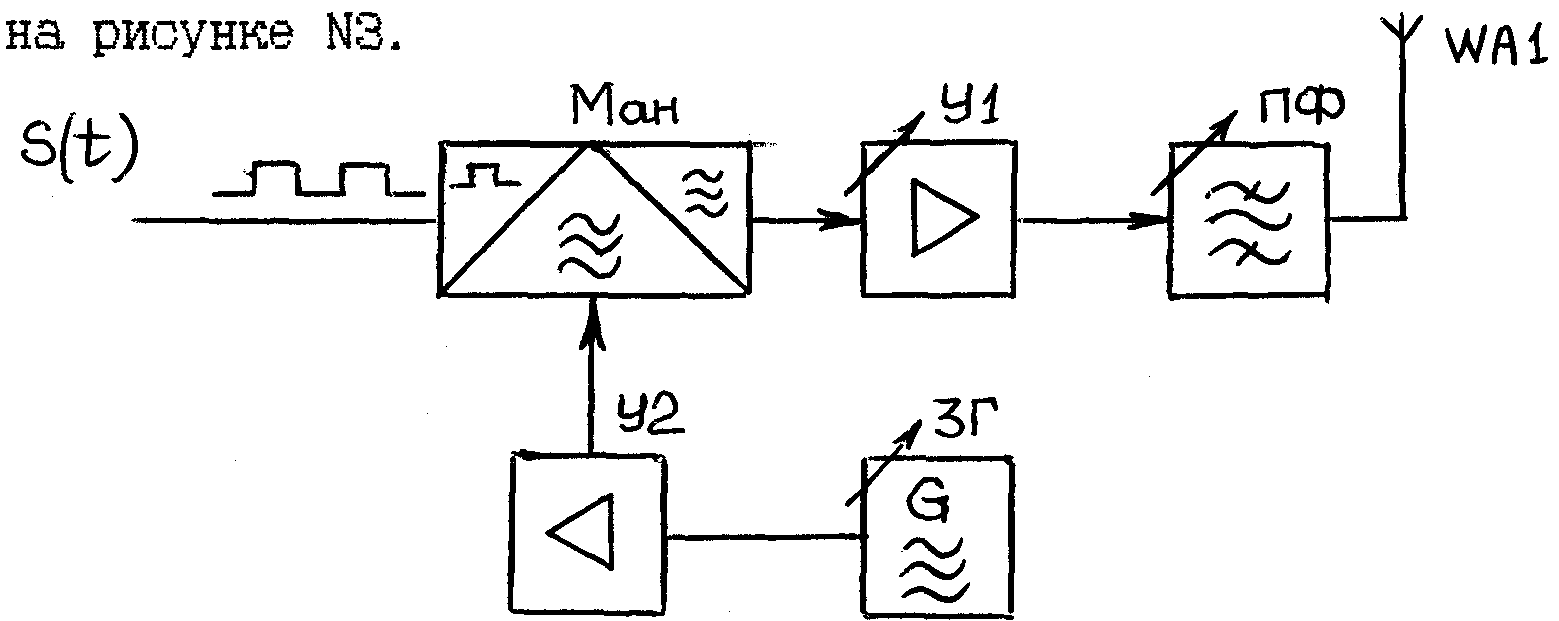
**1. Теоретический материал к лабораторной работе.**

**1.1. Дискретные сигналы слуховых видов работ. Методы формирования и обработки.**

Несмотря на широкое внедрение автоматических видов ТЛГ связи с применением буквопечатающих аппаратов (ТЛГ аппараты, телетайпы и др.) слуховой приём по-прежнему находит применение благодаря его высокой помехозащищённости, обусловленной высокоэффективной решающей схемой, основным элементом которой является орган слуха человека-оператора.

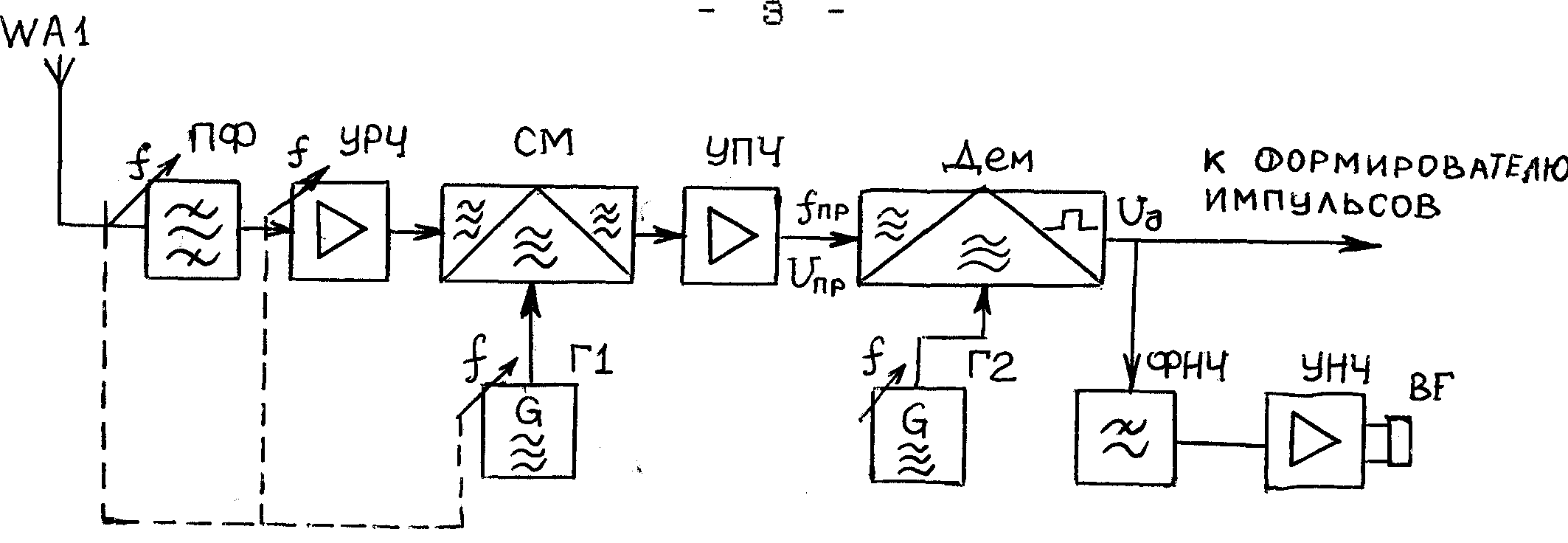
При использовании двоичных кодов (код Морзе, код Бодо и др.) в радиосистемах документальной электросвязи с АМн высокочастотный сигнал переносчика сообщений принимает два фиксированных дискретных значения, соответствующих токовой и бестоковой посылкам. На практике применяются сигналы АМн двух видов: амплитудная манипуляция незатухающими колебаниями и амплитудная манипуляция тонально - модулированными колебаниями.

Структурные схемы передающего и приёмного устройств радиосистемы документальной электросвязи с амплитудной манипуляцией приведены соответственно на рисунках 1 и 2, а временные диаграммы, поясняющие их работу, представлены на рисунке 3.

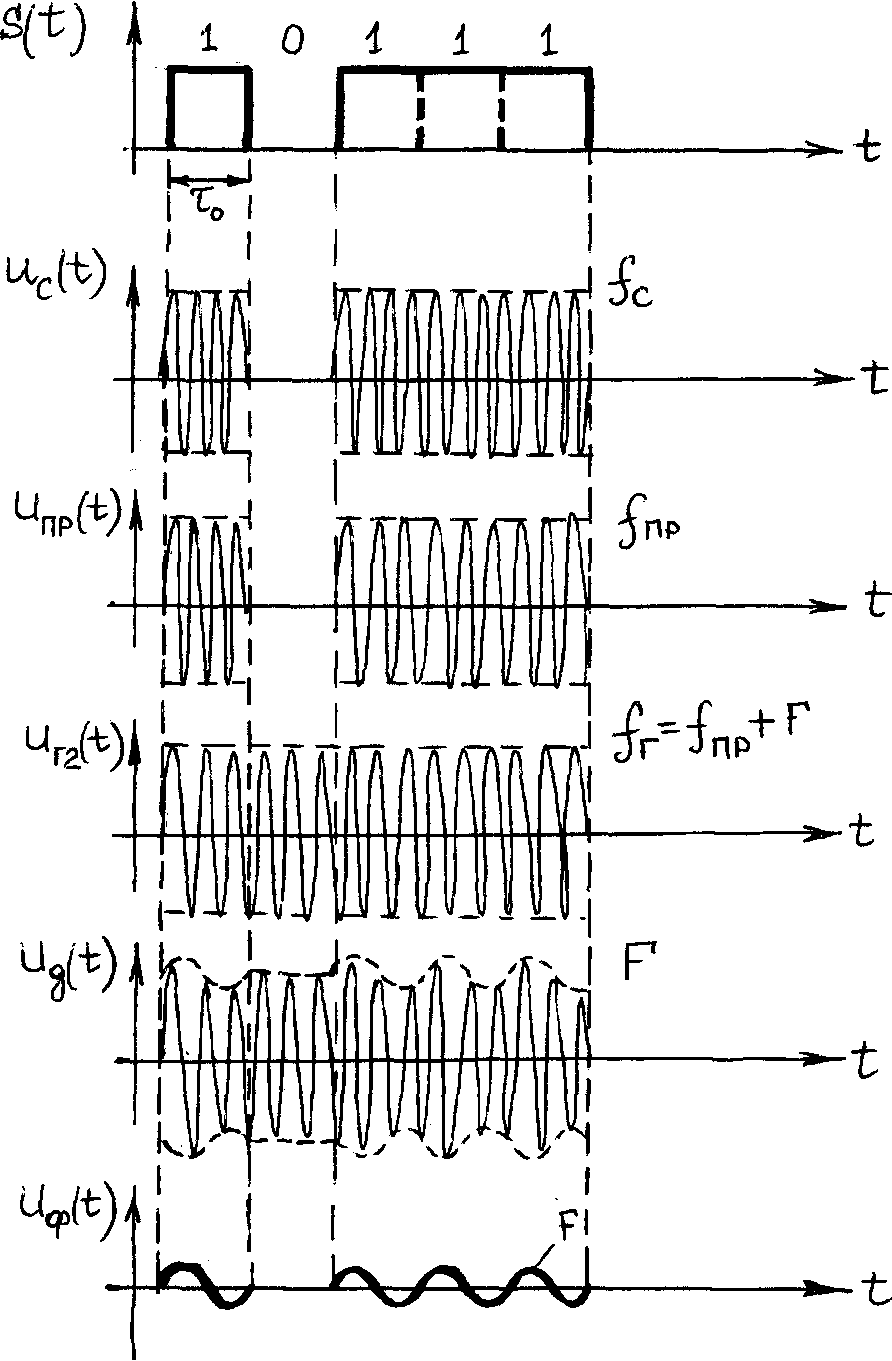


# 

**Рисунок 1**



# Рисунок 2

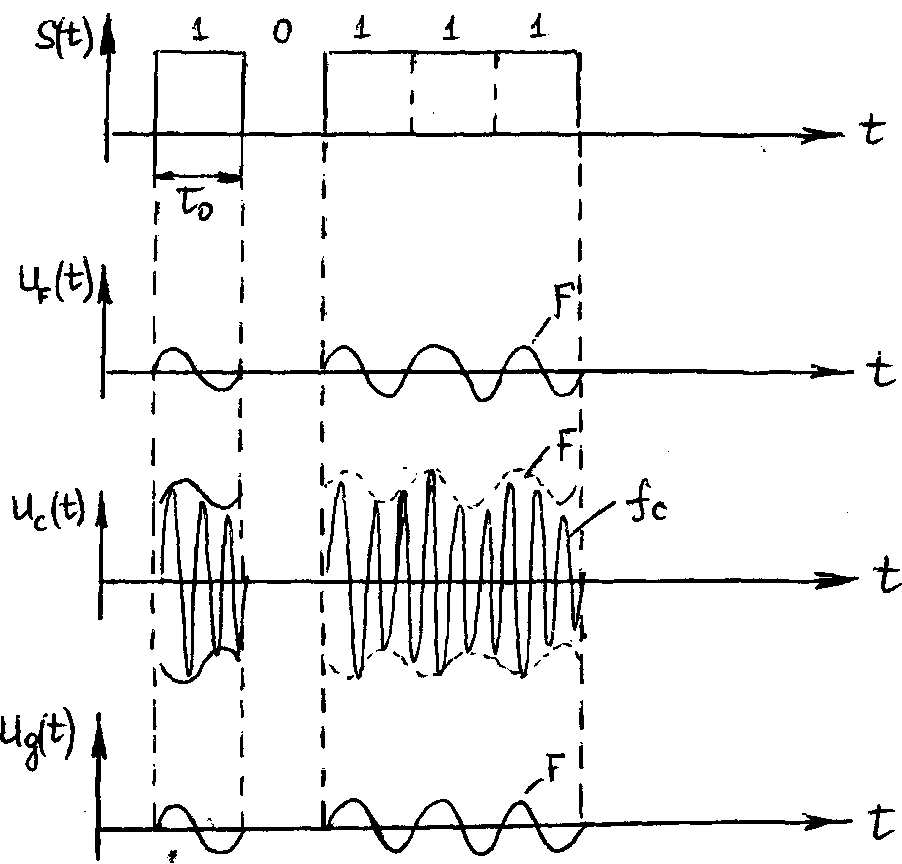


# Рисунок 3

При работе незатухающими колебаниями импульсы постоянного тока от оконечной аппаратуры (телеграфный аппарат, автоматический датчик) воздействуют на манипулятор (МН), управляющий высокочастотными колебаниями выходного каскада передатчика в соответствии с токовыми и бестоковыми посылками. При токовой посылке на выходе передатчика формируется высокочастотный сигнал, при бестоковой посылке сигнал на выходе передатчика отсутствует.

Однако такие сигналы принимать непосредственно на слух оператору крайне затруднительно, так как в головных телефонах импульсы тока воспроизводятся в виде резких щелчков. Поэтому в приемнике предусма­тривается вспомогательный, так называемый местный, генератор (МГ), час­тота которого отличается от промежуточной частоты *fПР* на 1÷2 кГц. В качестве амплитудного детектора используется второй смеситель (СМ2), в котором образуются различные гармоники сигналов частот *fПР* и *fМГ*, в том числе и разностная частота, называемая частотой биений: *fБ* = *fМГ* – *fПР* = 1÷2 кГц, которую выделяет фильтр низкой частоты, стоящий на выходе второго смесителя. Таким образом, детектированное колебание в моменты следования посылок частотой 1÷2 кГц поступает на головные телефоны и вызывает в них ток звуковой частоты. Для регулировки значения звуковой частоты (регулировка тона) в приёмниках предусматривается орган управления частотой местного генератора.

Другой способ передачи АМн сигналов основан на предварительной модуляции токовых посылок модулирующим напряжением звуковой частоты в передатчике. При этом значение звуковой частоты составляет 800-12000 Гц, а глубина модуляции выбирается в пределах 30-60%, затем осуществляется амплитудная манипуляция результирующим сигналом высокочастотного сигнала передатчика. Полученный таким образом сигнал на выходе передатчика называется тонально - модулированным. Для слухового приёма сигналов вида А2 не требуется дополнительного местного генератора, так как колебания звуковой частоты, содержащиеся в посылках, выделяются непосредственно амплитудным детектором. Такой способ амплитудной манипуляции используется для передачи сигналов бедствия или оповещения.



**Рисунок 4**

Из сравнения двух способов передачи AMн сигналов можно отметить, что они определяют как структуру приёмо-передающих устройств, так и эффективность систем радиосвязи. Телеграфирование незатухающими коле­баниями отличается более эффективным использованием мощности передат­чика, отводимой полосы частот и относительной его простотой. Однако для приёма на слух таких сигналов усложняется схема приёмного устройства добавлением местного генератора.

При работе тональными AMн колебаниями схема приёмника упрощается, а частота тона принимаемых сигналов не зависит от стабильности качества передатчика. Однако неэффективное использование мощности передатчика приводит к уменьшению дальности радиосвязи, схема передатчика усложняется, и расширяется полоса спектра передаваемого сигнала. Поэтому на магистральных линиях большинство радиостанций используют режим работы незатухающими колебаниями.

**1.2. Анализ ширины спектра и оценка помехоустойчивости сигналов с амплитудной манипуляцией.**

При построении радиосистем документальной электросвязи с АМн сигналами важным является вопрос их технической реализации. Для обеспечения устойчивой работы в режиме амплитудной манипуляции необходимо обеспечить отсутс­твие тока в антенне в период передачи паузы (бестоковой посылки). С этой точки зрения манипуляцию целесообразно осуществлять на первые каскады передатчика, так как при этом легче добиться полного отсутствия высокочастотных колебаний на выходе передатчика. Однако, манипуляция на первые каскады приводит к понижению стабильности частоты и, следовательно, к расширению полосы пропускания приёмника. При манипу­ляции в выходных каскадах передатчика необходимо коммутировать цепи, находящиеся под более высоким напряжением, т.е. требуется управлять режимом работы более мощных каскадов передатчика. Поэтому такой способ манипуляции применяется в передающих устройствах малой и средней мощ­ностей. В передатчиках большой мощности и в тех случаях? когда приме­няется автоматическая подстройка частоты, манипуляция осуществляется на первые каскады (задающий генератор, буферный усилитель).

Известно, что сигнал AMн незатухающими колебаниями можно представить в виде

(1)



Здесь периодическая модулирующая функция *М(t)* на интервале *ТМ* = 2τ0 может принимать значения 1 или 0 на длительности τ0 в зависимости от передаваемой информации. Если функцию представить рядом Фурье в виде

**

(2)

тогда с учётом (2) выражение (1) при *φ0* = 0 запишется в виде



(3)

где  

Спектр сигнала АМн незатухающими колебаниями, полученный из (3), содержит несущее колебание на частоте *f*о и ряд боковых составляющих, кратных частоте манипуляции *FМ*, интенсивность которых сравнительно быстро убывает с ростом их порядкового номера k. Для точного воспроизведения манипулирующей функции *M(t)* необходимо обеспечить приём всего бесконечного спектра частот, что практически невозможно. Поэтому целесообразно определить оптимальную полосу частот передаваемого сигнала, обеспечивающую воспроизведение функции *M(t)* с допустимыми искажениями.

Согласно рекомендациям МРР необходимая полоса частот при АМн незатухающими колебаниями ограничивается третьей гармоникой модулирующего сигнала и для каналов с постоянными параметрами определяется из выражения

Δ*f*АМН = 6*FМ* = 3*VМ* ,

а для каналов с замираниями соответственно из выражения

Δ*f*АМН = 6*FМ* + 4*FМ* = 5*VМ* ,

где *Vм* - скорость манипуляции (телеграфирования).

Тогда необходимая полоса пропускания приёмника с учётом неста­бильности частоты передатчика и гетеродина приёмника для каналов с постоянными параметрами должна быть не менее

(4)



Так, при тональном телеграфировании спектр амплитудно-модулированного телеграфного сигнала (АМТ) расширяется и имеет вид, изображённый на рисунке 5б. Исходя из условий неискаженного приёма АМн сигналов, следует, что ширина спектра таких сигналов для каналов с постоянными параметрами должна определяться из выражения

Δ*f*АМТ =3*VМ*+ 2*FТ*= 6*FМ*+ 2*FТ* ,

а для каналов с замираниями соответственно из выражения

Δ*f*АМТ=5*VМ*+ 2*FТ* = 10*FМ*+ 2*FТ* .

Используя выражения для полосы пропускания приёмника (4), можно определить её для случая передачи сигналов тонального телеграфирования. Так, при *VМ* = 75 Бод, *f*ПРД = 20 МГц, Δ*f* *ПЧ*  = 0, *fГЕТ =* 22 МГц, , *FТ* = 1 кГц , ∆*f* АМН = 225 Гц, получим для каналов с постоянными параметрами *Π*АМТ ≈ 2250 Гц, т.е. больше, чем в случае приёма сигналов АМн незатухающими колебаниями.

При оценке помехоустойчивости систем радиосвязи с амплитудной ма­нипуляцией следует иметь в виду, что приёмники АМн сигналов реализуют­ся без синхронного детектирования, что соответствует случаю некоге­рентного приёма, при котором приёмник не реагирует на фазу высокочастотного сигнала, а о наличии или отсутствии посылки принимается решение лишь по амплитуде огибающей принятого колебания. Из теории потенциальной помехоустойчивости известно, что при когерентном приёме АМн сигналов и действии флюктуационных помех вероятность ошибки находится из выражения

,

где – отношение сигнала к помехе;

- интеграл вероятности.

Помехоустойчивость радиосистем документальной электросвязи при когерентном приёме выше, чем при некогерентном. Однако построение и использование когерентных приёмников оказываются сложной задачей, поэтому в ряде случаев с целью снижения стоимости и упрощения аппаратуры применяют некогерентные приёмники. При этом делают всё возможное, чтобы путём выбора соответствующих характеристик приёмника получить их помехоустойчивость близкой к потенциальной.

Принцип регистрации АМн сигналов состоит в том, что если огибаю­щая детектированного колебания превысит некоторый порог Uо, то регистрируется посылка, а если она окажется ниже порога, то ре­гистрируется пауза (рисунок 6). Таким образом, для получения мини­мального значения, что соответствует максимальной помехоустойчивости, система радиосвязи с АМн сигналами должна иметь возможность автомати­ческого регулирования порога регистрации, которая в зависимости от от­ношения сигнал I/I помеха изменяла бы не только абсолютное значение порога Uо, но и его относительную величину Uо / Umc .

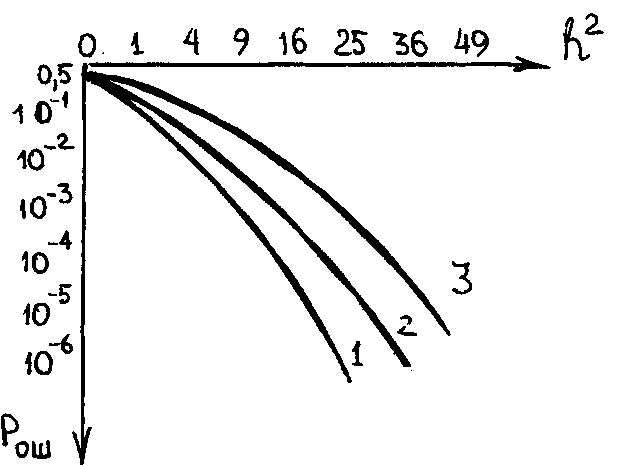
Решить эту задачу довольно сложно, поэтому в радиосистемах документальной электросвязи с АМн сигналами порог регистрации не оптимален, что и является причиной низкой помехоустойчивости амплитудной манипуляции.

При автоматическом приёме на регистрирующую аппаратуру изменение оптимального порога регистрации АМн сигналов необходимо производить при *h* = 3 - 4 . При значениях h > 4 - 6 оптимальный порог может быть установлен постоянным и равным Uо.опт = 0,5 Umc

При слуховом приёме АМн сигналов удовлетворительные данные могут быть получены при отношении сигнал/помеха, равном 

В радиосистемах документальной электросвязи с АМн сигналами для получения максимального отношения сигнала к помехе необходимо полосу пропускания приёмника выбирать оптимальной в соответствии с выражением (4).

На рисунке 7 приведены графики зависимости вероятности ошибки приёма АМн сигналов для каналов с постоянными параметрами и для кана­лов с замираниями. Из сравнения кривых видно, что некогерентный приём АМн сигналов при действии флуктуационных помех в отсутствие замираний (кривая 2) обладает меньшей помехоустойчивостью, чем когерентный (кри­вая 1). В случае замираний сигналов (кривая 3) помехоустойчивость приёма существенно снижается даже по отношению к некогерентному приёму при отсутствии замираний сигналов (кривая 2). Таким образом, замирания сигналов в каналах радиосвязи оказывают более вредное воздействие на помехоустойчивость и верность связи, чем действия флуктуационных или других непреднамеренных помех.



**Рисунок 5**

Для достижения заданной достоверности радиосвязи в условиях зами­раний требуется значительно больший уровень сигнала в точке приёма, чем в отсутствие замираний при одной и той же величине помех. Отсюда следует, что для повышения помехоустойчивости радиосистем документальной электросвязи с АМн сигна­лами при наличии замираний и флуктуационных помехах необходимо автоматически устанавливать оптимальный порог регистрации посылок и пауз как в зависимости от уровня сигнала, так и в зависимости от уровня помех.

Таким образом, низкая помехоустойчивость радиосистем документальной электросвязи с АМн сигналами не позволила использовать данный режим для приёма этих сиг­налов на автоматическую аппаратуру, однако в условиях сильных помех режим АМн является единственным видом телеграфирования, обеспечивающим слуховую телеграфную радиосвязь.

**1.3. Сигналы автоматической телеграфии F1, F6, F9.**

Сигналы этих видов работы находят наибольшее применение в радиосистемах документальной электросвязи. Они используются для передачи телекодовой информации (передачи данных), буквопечатающей телеграфии сигналов телеуправления, телеконтроля и телесигнализации.

Широкое применение этих сигналов для реализации автоматических видов работы обусловлено их высокой помехоустойчивостью по сравнению с сигналами амплитудной телеграфии.

Принципы частотной манипуляции состоит в том, что по закону дискретной манипулирующей функции изменяется частота передатчика.

**При формировании ЧТ радиосигналов стремятся реализовать следующие требования:**

- сохранить точность и устойчивость рабочих частот, определяемых синтезатором возбудителя передатчика;

- уложить спектр сигнала в пределы необходимой полосы частот;

- свести к минимуму нелинейные, амплитудно-частотные и фазово-частотные искажения.

АМн сигналы не позволяют добиться выполнения этих требований. ЧМн сигналы позволяют добиться (обеспечивают выполнение) этих требований.

Математическая модель ЧМн сигнала может быть представлена в виде:

«0» → u1 (t) = U0 cos (ω Б t + φ)

, 0 < t < T

«1» → u2 (t) = U0 cos (ω В t + φ)

где Т – длительность элемента сигнала.

В соответствие с рекомендациями МСЭ

ω В > ω Б ,

где ω Б = 2π*f* Б, а ω В = 2π*f* В

Для передачи ЧМн сигналов, также, как и для АМн сигналов, используется двоичная система счисления.

При отсутствии «0» или «1» информации передается несущее колебание

u0 (t) = U0 cos (ω0 t + φ),

причём

ω Б < ωо < ω В ,

ωо лежит посередине полосы частот ω Б ÷ ω В ,

*f* В– называют частотой нажатия, а *f* Б- частотой отжатия.

В отличие от АМн частотная манипуляция является работой с активной паузой на частоте *fо.*

ЧМн называют также частотной телеграфией (ЧТ).

В радиосистемах документальной электросвязи актуальной является задача передачи информации от нескольких источников сообщений одновременно.

Как это сделать?

* использовать еще один комплект приёмопередатчиков?

НЕТ! УПЛОТНЯТЬ РАДИОКАНАЛ СВЯЗИ.

Наиболее простым по технической реализации оказалось комбинационное уплотнение:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| к а н а л ы | | частота переносчика *fо* |
| I | II |
| 0 | 0 | *f1* (*fА*) |
| 0 | 1 | *f2* (*fБ*) | *fГ >f*В *>f*Б  *>fА* |
| 1 | 0 | *f3* (*fВ*) |
| 1 | 1 | *f4* (*fГ*) |

Это двойная частотная телеграфия (ДЧТ).

**В зависимости от основания кода при ЧТ различают:**

1. Системы ЧТ с двоичными частотным кодом

(*f*Б *-* частота нажатия *f1*),

(*f*В– частота отжатия *f2* )

1. Системы двойного частотного телеграфирования ДЧТ, основание кода у которых равно 4:

*fА,  , f*Б  *,  f*В *, fГ* , работающие с двумя источниками сообщений.

1. Системы многочастотного телеграфирования (МЧТ), основание кода у которых более 4-х.

Сигналы ЧТ принято обозначать F1, а сигналы ДЧТ - F6.

При этом, F1 – это ЧТ с разрывом фазы, а для ЧТ без разрыва фазы используют обозначение F2.

Для формирования сигналов F1используется следующая схема:

*f1*

У

Г1

Г2

выход

*f2*

к

S (t)

**Рисунок 6**

Используются 2 независимых задающих генератора Г1 и Г2 с частотами колебаний *f1* и *f2* .

Переключение осуществляется синхронно с передачей посылок сообщения S (t).

Фазы *f1* и *f2*  случайны и при переключении наблюдаются скачки фаз, что приводит к расширению спектра.

**Д о с т о и н с т в а м е т о д а:**

- простота реализации.

**Н е д о с т а т к и:**

- необходимость расширения полосы пропускания приёмника из-за расширения спектра сигнала со скачками фаз;

- трудность стабилизации частотного сдвига Δ*fСДВ* = *f1 -f2* ;

- нестабильность параметров генераторов Г1 и Г2 ограничивает частоту манипуляции и скорость телеграфирования;

- необходимость одновременной замены кварцев обоих генераторов при переходе на новую рабочую частоту.

Из-за недостатков этот способ, несмотря на простоту реализации, не нашел широкого применения.

**Основным является способ ЧТ без разрыва фазы**.

В этом способе по закону информационного сообщения дискретно изменяется частота резонансного контура задающего генератора путём переключения одного из его реактивных элементов («реактивная» лампа, варикап, р-n переходы).

При таком способе разрывов фазы не будет, т.к. основой колебательной системы служит один резонансный контур.

Схема устройства может быть такой:

к ЗГ

С1 С2

L

k

S(t)

**Рисунок 7**

Распределение частот для сигналов ЧТ и ДЧТ называется планом частот ∆*fСДВ*

∆*fСДВ =2∆fдевиации* Это ЧТ

*fБ fо fВ* *f*

*2∆fД 2∆fД  2∆fД*

*∆fСДВ=* *2∆fД=∆fР*

*fА fБ fо fВ* *fГ* *f*

Это ДЧТ

Несмотря на высокую помехоустойчивость, сигналы ЧТ и ДЧТ не всегда в полной мере удовлетворяют этому требованию.

Для решения задачи получения ещё большей помехоустойчивости был разработан метод фазовой манипуляции (ФМн) или, как его ещё называют, фазовой телеграфии (ФТ), а затем – относительной фазовой телеграфии (ОФТ).

1.4. Методы формирования и обработки сигналов автоматической телеграфии в аппаратуре радиосвязи.

Передача сигналов ЧМн осуществляется методами с разрывом и без разрыва фазы.

##### Приём ЧМн сигналов осуществляется радиоприёмными устройствами супергетеродинного типа с двойным или тройным преобразованием частоты.

**К этим радиоприёмным устройствам предъявляются повышенные требования:**

* к стабильности частот гетеродинов;
* к необходимости борьбы с импульсными помехами;
* к качеству воспроизведения ТЛГ посылок на выходах каналов приёма.

Для эффективной борьбы с импульсными помехами тракты УПЧ в приёмниках ЧТ сигналов строятся по схеме ШОУ (широкая полоса пропускания – ограничитель амплитуды сигнала - узкая полоса пропускания).

Функциональная схема приёмного устройства ЧТ сигналов изображена на слайде.

ЧТ сигнал с выхода широкополосного УПЧ, являющегося первым элементом схемы ШОУ, поступает через АО на 2 разделительных канальных фильтра. Оба фильтра являются полосовыми и настроены на частоты *f*Б и *fВ*

АО устраняет паразитную амплитудную модуляцию.

Фильтры ПФ1 и ПФ2 совместно с диодами образуют частотный детектор, выходной сигнал которого управляет пусковым устройством, формирующим в выходных каналах импульсы прямоугольной формы.

РУ - решающее устройство;

ФИ - формирователь импульсов.

Кроме автоматического приёма ЧТ сигналов возможен их слуховой приём. Для этого ЧТ сигнал необходимо преобразовать в АТ сигнал, детектировать, усилить и подать на ТЛФ.

Спектр сигнала при ЧТ бесконечен, но при индексе частотной манипуляции mЧТ ≤ 1 спектры ЧТ и АТ сигналов практически не отличаются:

Δ *f* ЧМН ≈ ∆ *fАМН =*6FМ =3VМ - для канала с постоянными параметрами

Δ *f* ЧМН ≈ ∆ *fАМН =*10FМ =5VМ - для канала с переменными параметрами.

При увеличении mЧТ спектр сигнала расширяется, уменьшается амплитуда несущей, энергия распределяется между боковыми составляющими, чем обеспечивается повышение помехоустойчивости.



*f1 - fо =fо - f2*



При *mЧТ* > 1 эффективная полоса частот ЧТ сигнала определяется формулой Манаева:



Полоса пропускания радиоканала находится из выражения:

Πчт  = 

Самым важным параметром в системах с ЧТ является девиация частоты. Она определяет:

* помехоустойчивость;
* скорость передачи информации;
* допустимую нестабильность частот передатчика, гетеродина;
* степень влияния многолучевого распространения радиоволн;
* возможность физической реализации разделительных фильтров с требуемыми характеристиками.

В канале радиосвязи действуют помехи, спектр которых совпадает по фазе и частоте с гармониками «нажатия» и «отжатия». При больших амплитудах помех может произойти искажение части или всей посылки в ограничителе амплитуды перед частотным детектором.

Таким образом, возникают преобладание:

**,

где ∆τ - абсолютная величина изменения длительности посылки.

Из этого выражения видно, что помехоустойчивость уменьшается при увеличении VM.

Кроме того, помехоустойчивость уменьшается при уменьшении разноса частот ∆*f С ДВ  = f1 − f2  ,*

т.е. при увеличении девиации частоты вероятность ложного приёма уменьшается, т.к. 

На практике девиацию частоты выбирают из соответствия:

**

VM - скорость телеграфирования.

Для уменьшения искажений сигналов в результате дробления посылок девиацию частоты выбирают из соотношения

,



где = – частота замираний сигналов;



- скорость замираний сигналов;



- время задержки сигналов вследствие замираний.



**2. Практическая часть лабораторной работы**

**В соответствии с номером учебного расчёта выполнить следующие**

**задания:**

**Расчёт № 1**

**Задание 1.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А1, если F0 = 1000 Гц, k = 3.

**Задание № 2.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А2, если F0 = 1000 Гц, FМ = 100 Гц, k = 3.

**Задание № 3.** Сравнить результаты заданий 1 и 2 и сделать выводы.

**Задание № 4.** Рассчитать необходимую полосу частот для сигнала вида работы А1 в канале с замираниями, если *Vм* = 50 Бод, k=3. Сделать выводы.

**Задание № 5.** Рассчитать *Π*АМТ для канала с постоянными параметрами и для канала с замираниями, если:

*VМ* = 50 Бод, *f*ПРД = 10 МГц, Δ*f* *ПЧ*  = 0, *fГЕТ =* 12 МГц, , *FТ* = 1 кГц , ∆*f* АМН = 200 Гц.

Сделать выводы из полученных результатов.

**Задание 6.** Нарисовать план частот сигналов видов работы F1-200 и F6-200, если *f0=10МГц.* Сравнить планы частот и сделать выводы.

**Задание 7.** Ответить на контрольные вопросы

**Расчёт № 2**

**Задание 1.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А1, если F0 = 10000 Гц, k = 4.

**Задание № 2.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А2, если F0 = 10000 Гц, FМ = 500 Гц, k = 4.

**Задание № 3.** Сравнить результаты заданий 1 и 2 и сделать выводы.

**Задание № 4.** Рассчитать необходимую полосу частот для сигнала вида работы А1 в канале с замираниями, если *Vм* = 100 Бод, k=4. Сделать выводы.

**Задание № 5.** Рассчитать *Π*АМТ для канала с постоянными параметрами и для канала с замираниями, если:

*VМ* = 100 Бод, *f*ПРД = 5 МГц, Δ*f* *ПЧ*  = 0, *fГЕТ =* 8 МГц, , *FТ* = 1 кГц , ∆*f* АМН = 100 Гц.

Сделать выводы из полученных результатов.

**Задание 6.** Нарисовать план частот сигналов видов работы F1-100 и F6-100, если *f0=5МГц.* Сравнить планы частот и сделать выводы.

**Задание 7.** Ответить на контрольные вопросы

**Расчёт № 3**

**Задание 1.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А1, если F0 = 5000 Гц, k = 3.

**Задание № 2.** Нарисовать спектральную диаграмму амплитуд сигнала вида работы А2, если F0 = 5000 Гц, FМ = 100 Гц, k = 3.

**Задание № 3.** Сравнить результаты заданий 1 и 2 и сделать выводы.

**Задание № 4.** Рассчитать необходимую полосу частот для сигнала вида работы А1 в канале с замираниями, если *Vм* = 75 Бод, k=3. Сделать выводы.

**Задание № 5.** Рассчитать *Π*АМТ для канала с постоянными параметрами и для канала с замираниями, если:

*VМ* = 75 Бод, *f*ПРД = 8 МГц, Δ*f* *ПЧ*  = 0, *fГЕТ =* 10 МГц, , *FТ* = 1 кГц , ∆*f* АМН = 500 Гц.

Сделать выводы из полученных результатов.

**Задание 6.** Нарисовать план частот сигналов видов работы F1-100 и F6-100, если *f0=1МГц.* Сравнить планы частот и сделать выводы.

**Задание 7.** Ответить на контрольные вопросы

**Контрольные вопросы для всех расчётов**

1. Виды и сущность сигналов с амплитудной манипуляцией.

2. Достоинства и недостатки сигналов видов работы А1 и А2.

3. Пояснить сущность сигналов видов работы F1, F2, F6, F9.

4. Записать достоинства и недостатки сигналов видов работы F1 и F2.