

Лекция 7

Тема лекции: Методы формирования и

обработки дискретных радиосигналов слуховых видов работ в аппаратуре радиосвязи

- **Учебные вопросы:**
- **1. Дискретные сигналы слуховых видов работ. Методы формирования и обработки.**
- **2. Системы радиосвязи с дискретными сообщениями. Сравнительная оценка. Область применения.**
- **3. Основные правила слуховой радиосвязи.**

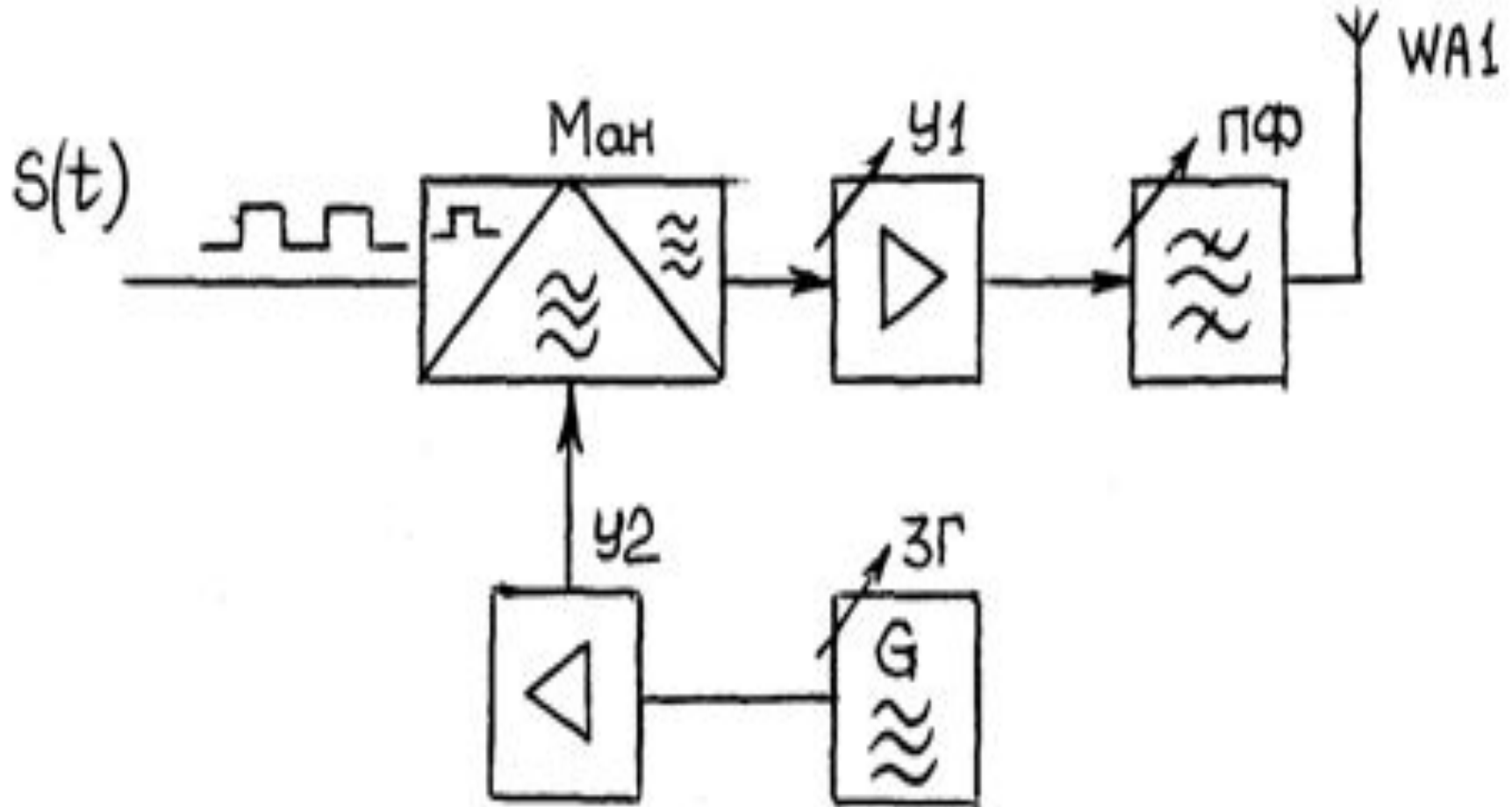
1-й вопрос: Дискретные сигналы слуховых видов работ. Методы формирования и обработки

1. Актуальность амплитудной манипуляции.
2. Передающее устройство вида работы А1.
3. Временные диаграммы для А1.
4. Сущность вида работы А1.
5. Особенности приёма сигнала вида А1.
6. Формирование и приём сигнала вида А2.
7. Временные диаграммы для А2.
8. Сравнение видов работы А1 и А2.

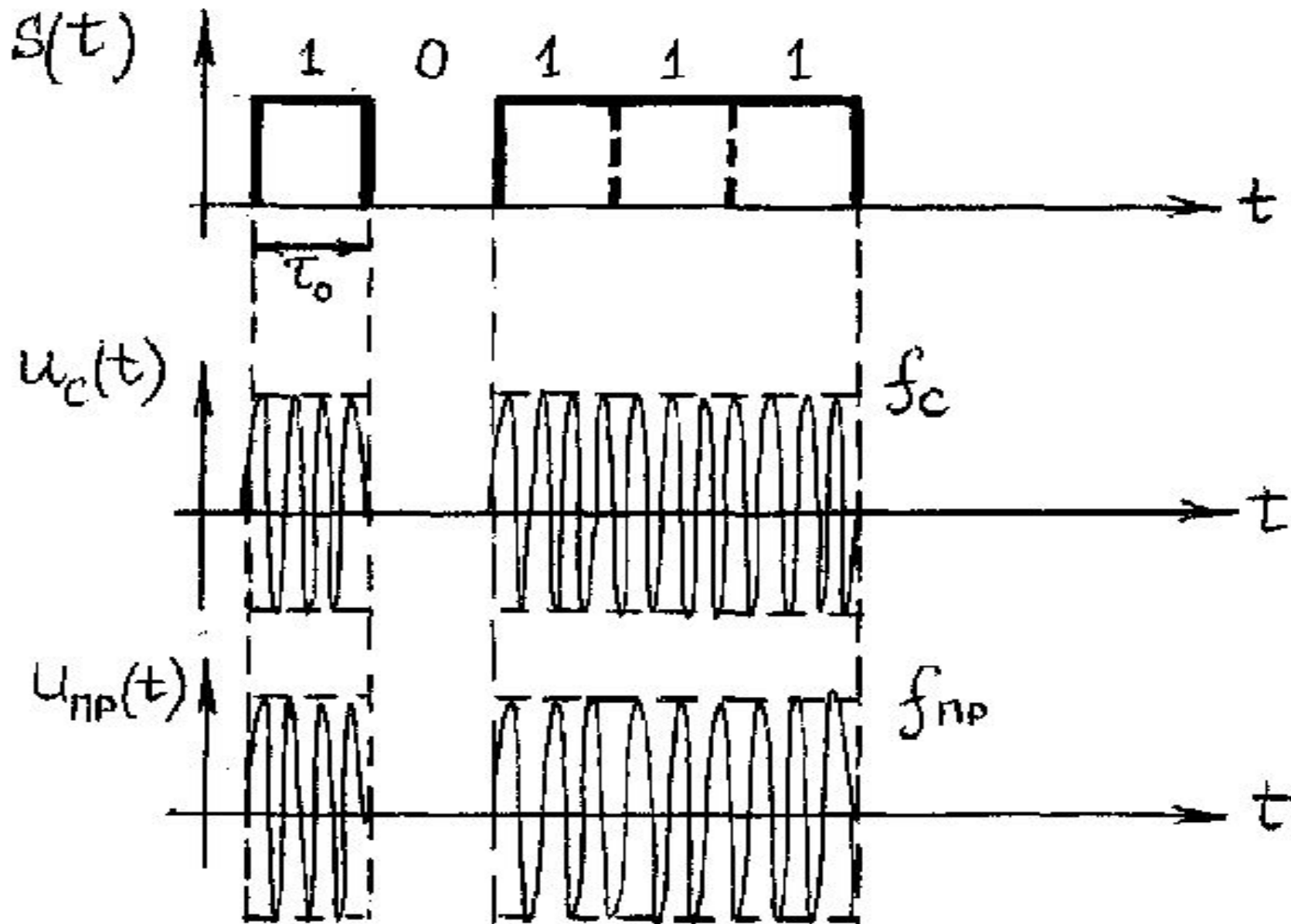
Актуальность амплитудной манипуляции

- Несмотря на широкое внедрение автоматических видов ТЛГ связи с применением буквопечатающих аппаратов (ТЛГ аппараты, телетайпы и др.) слуховой прием по-прежнему находит применение благодаря его высокой помехозащищенности, обусловленной высокоэффективной решающей схемой, основным элементом которой является орган слуха человека-оператора.
- При использовании двоичных кодов (код Морзе, код Бодо и др.) в системах радиосвязи 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 (А1) и амплитудная манипуляция

Передающее устройство вида работы А1



Временные диаграммы



Сущность вида работы А1

- 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.

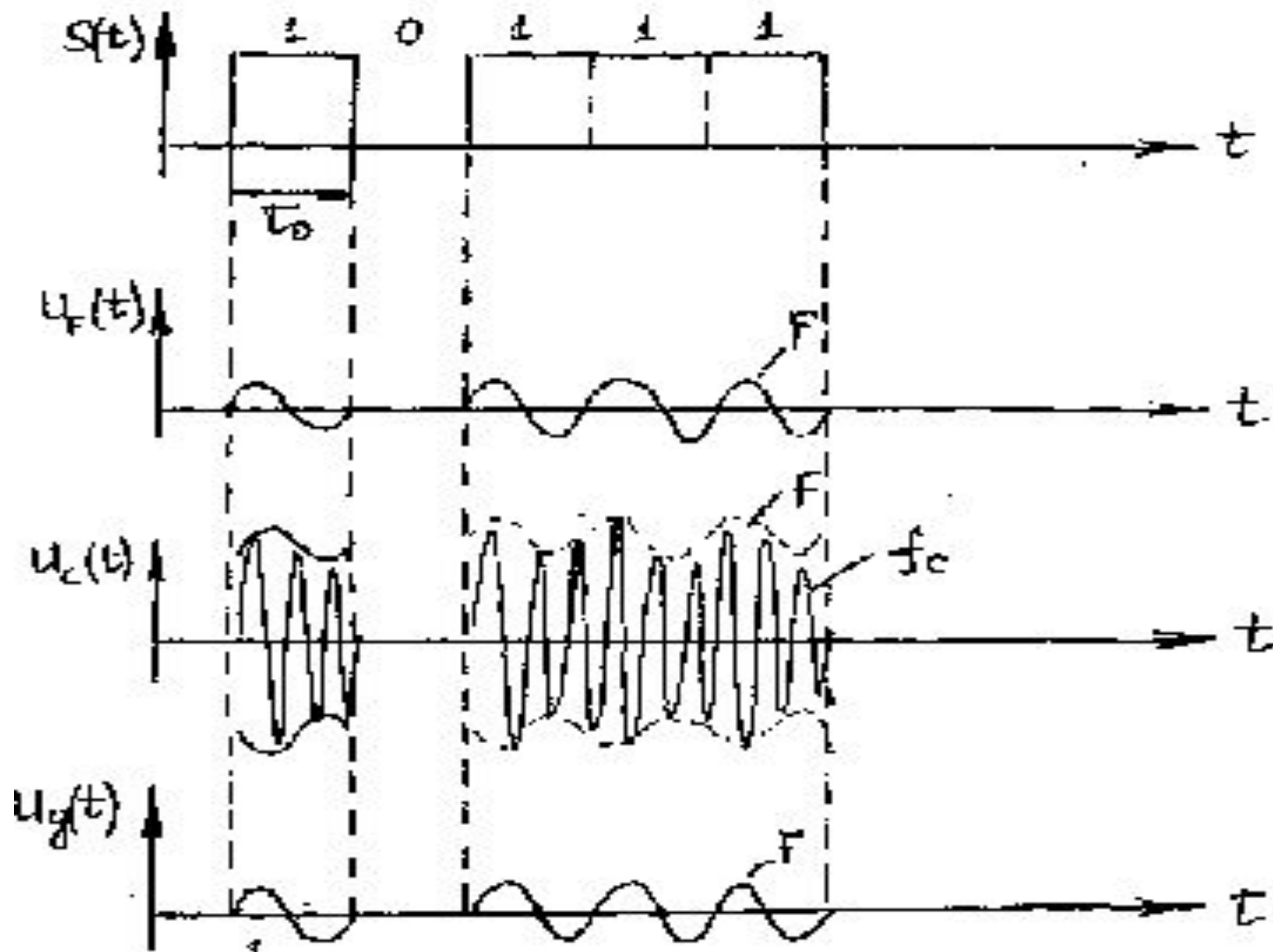
Особенности приёма сигнала вида А1

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 $f_{ПР}$ на $1\div 2$ кГц. В качестве амплитудного детектора используется второй смеситель (СМ2), в котором образуются различные гармоники сигналов частот $f_{ПР}$ и $f_{МГ}$, в том числе и разностная частота, называемая частотой биений: $f_{Б} = f_{МГ} - f_{ПР} = 1\div 2$ кГц, которую выделяет фильтр низкой частоты, стоящий на выходе второго смесителя. Таким образом, продетектированное колебание в моменты следования посылок частотой $1\div 2$ кГц поступает на головные телефоны и вызывает в них ток звуковой частоты. Для регулировки значения звуковой частоты (регулировка тона) в приемниках предусматривается орган управления частотой местного генератора.

Формирование и приём сигналов вида А2

- Другой способ передачи АМн сигналов основан на пред-варительной 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 приема 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

Временные диаграммы сигналов вида А2



Математическая модель АМН сигнала

Сигнал АМ незатухающими колебаниями можно представить в виде

$$U_{\text{АМН}}(t) = U_c M(t) \sin(\omega_c t + \varphi_c)$$

Здесь периодическая модулирующая функция $M(t)$ на интервале $T_M = 2\tau_0$ может принимать значения 1 или 0 на длительности τ_0 в зависимости от передаваемой информации. Если функцию представить рядом Фурье в виде

$$M(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1,3,5}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi}{2} k}{\frac{\pi k}{2}} \cos k\Omega_M t \quad (2)$$

тогда с учётом (2) выражение (1) при $\varphi_0 = 0$ запишется в виде

$$U_{\text{АМН}}(t) = \frac{U_c}{2} \sin \omega_c t + \frac{U_c}{\pi} \sum_{k=1,3,5}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi k}{2}}{\frac{\pi k}{2}} \cdot [\sin(\omega_c + k\Omega_M)t + \sin(\omega_c - k\Omega_M)t] \quad (3)$$

где $\omega_c = 2\pi f_c$; $\Omega_M = 2\pi F_M$

Спектр сигнала АМн незатухающими колебаниями содержит несущее колебание на частоте f_c и ряд боковых составляющих, кратных частоте манипуляции F_M , интенсивность которых сравнительно быстро убывает с ростом их порядкового номера k .

Ширина спектра сигнала вида А1

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

$$\Delta f_{\text{АМн}} = 6F_M = 3V_M$$

а для каналов с замираниями соответственно из выражения

$$\Delta f_{\text{АМн}} = 6F_M + 4F_M = 5V_M,$$

где V_M - скорость манипуляции (телеграфирования).

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

$$\Pi_{\text{АМн}} = \Delta f_{\text{АМн}} + 2\sqrt{\Delta f_{\text{ПРД}}^2 + \Delta f_{\text{ГЕТ}}^2 + \Delta f_{\text{ПЧ}}^2}$$

Ширина спектра сигнала вида А2

При тональном телеграфировании спектр амплитудно-модулированного телеграфного сигнала (АМТ) расширяется. Исходя из условий неискаженного приёма АМТ сигналов, следует, что ширина спектра таких сигналов для каналов с постоянными параметрами должна определяться из выражения

$$\Delta f_{\text{АМТ}} = 3V_M + 2F_T = 6F_M + 2F_T$$

а для каналов с замираниями соответственно из выражения

$$\Delta f_{\text{АМТ}} = 5V_M + 2F_T = 10F_M + 2F_T$$

Используя выражения для полосы пропускания приёмника, можно определить ее для случая передачи сигналов тонального телеграфирования.

Сравнение видов работы А1 и А2

- Из сравнения двух способов передачи АМ сигналов можно отметить, что они определяют как структуру приемопередающих устройств, так и эффективность систем радиосвязи. Телеграфирование незатухающими колебаниями отличается более эффективным использованием мощности передатчика, отводимой полосы частот и относительной его простотой. Однако для приема на слух таких сигналов усложняется схема приемного устройства добавлением местного генератора.
- При работе тональным АМ колебаниями схема приемника 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 военных радиостанций используют режим работы незатухающими колебаниями.

**2-й вопрос: Системы радиосвязи с дискретными сообщениями.
Сравнительная оценка. Область применения**

1. Особенности построения передатчиков АМН сигналов.
2. Математическая модель АМН сигнала.
3. Описание спектра сигнала вида А1.
4. Ширина спектра сигнала вида А1.
5. Ширина спектра сигнала вида А2.
6. Оценка помехоустойчивости.
7. Принцип регистрации АМН сигналов.
8. Приём АМН сигналов.

Особенности построения передатчиков АМН

СИГНАЛОВ

При построении систем радиосвязи 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 его частоты и, следовательно, к расширению полосы пропускания приемника. 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).

Математическая модель АМН сигнала

Известно, что сигнал АМ незатухающими колебаниями можно представить в виде

$$U_{\text{АМН}}(t) = U_o M(t) \sin(\omega_o t + \varphi_o) \quad (1)$$

Здесь периодическая модулирующая функция $M(t)$ на интервале $T_M = 2\tau_0$ может принимать значения 1 или 0 на длительности τ_0 в зависимости от передаваемой информации. Если функцию представить рядом Фурье в виде

$$M(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=1,3,5}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi}{2} k}{\frac{\pi k}{2}} \cos k \Omega_M t \quad (2)$$

тогда с учётом (2) выражение (1) при $\varphi_o = 0$ запишется в виде

$$U_{\text{АМН}}(t) = \frac{U_o}{2} \sin \omega_o t + \frac{U_o}{\pi} \sum_{k=1,3,5}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi}{2} k}{\frac{\pi k}{2}} \cdot [\sin(\omega_o + k \Omega_M)t + \sin(\omega_o - k \Omega_M)t] \quad (3)$$

где $\omega_o = 2\pi f_o$; $\Omega_M = 2\pi F_M$

Описание спектра сигнала А1

- Спектр сигнала АМн незатухающими колебаниями содержит несущее колебание на частоте f_0 и ряд боковых составляющих, кратных частоте манипуляции F_M , 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

Ширина спектра сигнала вида А1

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

$$\Delta f_{\text{АМн}} = 6F_M = 3V_M$$

а для каналов с замираниями соответственно из выражения

$$\Delta f_{\text{АМн}} = 6F_M + 4F_M = 5V_M$$

где V_M - скорость манипуляции (телеграфирования).

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

$$\Pi_{\text{АМн}} = \Delta f_{\text{АМн}} + 2\sqrt{\Delta f_{\text{ПРД}}^2 + \Delta f_{\text{ГЕТ}}^2 + \Delta f_{\text{ПЧ}}^2}$$

Ширина спектра сигнала вида А2

- При тональном телеграфировании спектр амплитудно-модулированного телеграфного сигнала (АМТ) расширяется. Исходя из условий неискаженного приёма АМТ сигналов, следует, что ширина спектра таких сигналов для каналов с постоянными параметрами должна определяться из выражения

$$\Delta f_{\text{АМТ}} = 3V_M + 2F_T = 6F_M + 2F_T$$

- а для каналов с замираниями соответственно из выражения

$$\Delta f_{\text{АМТ}} = 5V_M + 2F_T = 10F_M + 2F_T$$

- Используя выражения для полосы пропускания приёмника, можно определить её для случая передачи сигналов тонального телеграфирования. Так, при $V_M = 75$ Бод, $f_{\text{прд}} = 20$ МГц, $\Delta f_{\text{пч}} = 0$, $f_{\text{ГЕТ}} = 22$ МГц, $F_T = 1$ кГц, $\Delta f_{\text{АМН}} = 225$ Гц, получим для каналов с постоянными параметрами $\Pi_{\text{АМТ}} \approx 2250$ Гц, т.е. больше, чем в случае приёма сигналов АМн незатухающими колебаниями.

Оценка помехоустойчивости

- 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.
- Помехоустойчивость систем радиосвязи при когерентном приеме 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 приемники. При этом делают все возможное, чтобы путём выбора соответствующих характеристик приемника получить их помехоустойчивость близкой к потенциальной, определяемой из выражения.

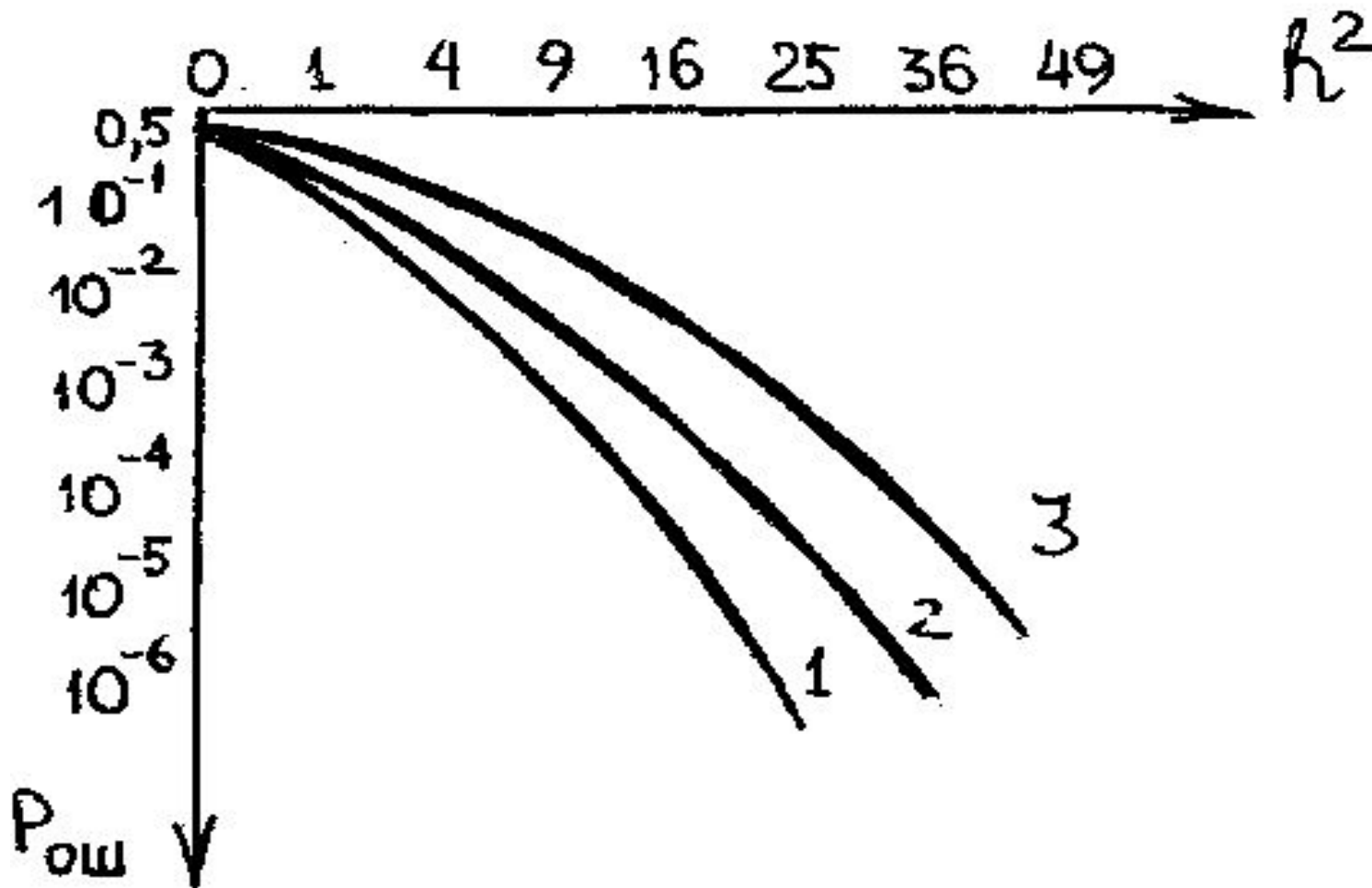
Принцип регистрации АМН сигналов

- Принцип регистрации АМн сигналов состоит в том, что если огибающая продетектированного колебания превысит некоторый порог U_0 , 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 - помеха изменяла бы не только абсолютное значение порога U_0 , но и его относительную величину
- $U_0 / U_{мс}$.
- Решить эту задачу довольно сложно, поэтому в системах радиосвязи с АМн сигналами порог

Приём АМН сигналов

- 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 $U_{o.опт} = 0,5 U_{мс}$
- При слуховом приеме АМн сигналов удовлетворительные данные могут быть получены при отношении сигнал/помеха, равном

1- когерентный приём, 2- некогерентный приём,
3- приём в случае замираний



3-й вопрос: Основные правила слуховой радиосвязи

- 1. Основные достоинства радиосвязи.**
- 2. Основные недостатки радиосвязи.**
- 3. Виды радиосвязи.**
- 4. Способы организации радиосвязи.**

Основные достоинства радиосвязи

- - возможность установления связи с объектами, место местонахождение которых неизвестно;
- - установление связи через территорию, занятую противником;
- - установление связи через непроходимые и зараженные участки местности;
- - возможность передавать информацию одновременно неограниченному числу корреспондентов
- - установление непосредственной связи через несколько инстанций вверх и вниз

Основные недостатки радиосвязи

- - зависимость ее качества и устойчивости от уровня радиопомех в пункте приёма;
- - зависимость радиосвязи на больших расстояниях от условий прохождения ионосферных волн;
- - малая пропускная способность (малоканальность);
- - возможность перехвата передач посторонними;
- - подверженность радиолиний воздействию средств радиодавления;
- - возможность определения посторонними лицами мест нахождения работающих на передачу радиостанций;
- - влияние условий ЭМС радиоэлектронных средств,
- - уменьшение дальности при работе радиосредств в движении;
- - влияние на радиосвязь состояния атмосферы.

Виды радиосвязи

- В зависимости от типа радиостанций и применяемой оконечной аппаратуры по радиоканалам могут обеспечиваться следующие виды связи: телефонная, телеграфная, передача данных, факсимильная и видеотелефонная. Телеграфная связь может быть слуховой и буквопечатающей. Радиосвязь может быть двухсторонняя или односторонняя.
- При двухсторонней радиосвязи работа между радиостанциями осуществляется как на прием, так и на передачу. При односторонней радиосвязи одна или несколько радиостанций (передатчиков) работают только на передачу, а остальные только на прием.
- По характеру обмена радиосвязь может быть симплексной одночастотной, симплексной двухчастотной дуплексной.
- При симплексной одночастотной радиосвязи работающие между собой радиостанции передачу и прием ведут поочередно на одной частоте.
- При симплексной двухчастотной радиосвязи передача и прием ведутся поочередно на разнесенных частотах приема и передачи. При этом принимающая станция может иметь возможность перебить работу передающей, не дожидаясь, когда она закончит свою передачу.
- При дуплексной радиосвязи работающие между собой радиостанции передачу и прием ведут одновременно на разнесенных частотах приема и передачи.

Способы организации радиосвязи

- Радиосвязь в зависимости от потребности управления и наличия сил и средств может быть организована по радионаправлению и по радиосети.
- Радионаправление - способ организации радиосвязи между двумя радиостанциями.
- Радиосеть - способ организации радиосвязи между тремя и более радиостанциями.