

Практическое занятие 5

Организация передающих и приемных устройств.

Тема 1. Антенно-фидерные системы.

Антенна – это неотъемлемая часть любой приемной или передающей радиосистемы. Передающая антенна радиопередатчика предназначена для преобразования тока высокой частоты в энергию излучаемых радиоволн. Приемная антенна предназначена для преобразования принятых радиоволн в энергию тока высокой частоты. Функции приемной и передающей антенн обратимы, т. е. передающая антенна может работать как приемная и наоборот, приемная антенна может быть использована как передающая. Это свойство антенн используется в большинстве передвижных радиостанций.

Все устройства, предназначенные для передачи энергии от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику, называются **фидером**. Конструкция фидера зависит от диапазона передаваемых частот.

При передаче высокочастотного сигнала по линии стремятся уменьшить излучение самой линии. Для этого провода линии располагают по возможности ближе друг к другу, например, свивают их в виде витой пары. При этом поля двух одинаковых по значению, но противоположно направленных токов взаимно компенсируют друг друга, и излучение электромагнитной энергии в пространство минимально.

При создании антенны решается противоположная задача: получение как можно большего излучения. Для этого можно раздвинуть провода линии на некоторый угол, при этом их поля не будут компенсировать друг друга. На этом основана работа V-образных и ромбических антенн, излучающие провода которых расположены под углом друг другу (рис.10, а, б).

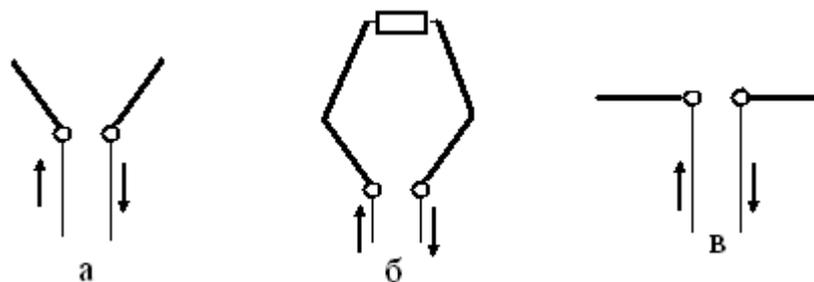


Рис. 10

У симметричного вибратора провода разводятся на 180° (рис.10, в). Компенсирующее действие одного из проводов можно устранить, исключив его из схемы. Это приводит к построению несимметричного вибратора (Рис.11, а).

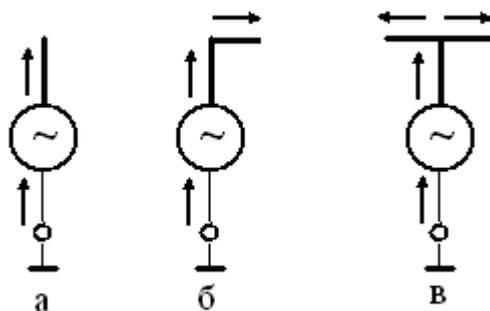


Рис. 11

Все антенны, использующие этот принцип, называются несимметричными антеннами. К ним относятся Г-образные Т-образные антенны (Рис.11, б, в).

Основные характеристики антенн.

Для оценки качества работы антенн необходимо хорошо представлять некоторые характеристики.

Излучаемая мощность ($P_{и}$) – мощность электромагнитных волн, излучаемых в пространство.

Мощность потерь ($P_{п}$) – мощность, бесполезно теряемая передатчиком во время прохождения тока по проводам антенны, Земле и предметам, расположенным вблизи антенны.

Мощность в антенне ($P_{а}$) – мощность, подводимая к антенне от передатчика. Эту мощность можно представить в виде суммы $P_{а} = P_{и} + P_{п}$.

Коэффициент полезного действия (КПД) – отношение излучаемой мощности к мощности, подводимой к антенне.

$$\text{КПД} = P_{и} / (P_{и} + P_{п})$$

Коэффициент направленного действия D – это отношение плотности потока мощности, излучаемой антенной в определенном направлении, к плотности потока мощности, которая излучалась бы ненаправленной антенной в любом направлении. Наибольший интерес представляет коэффициент направленного действия в направлении максимального излучения $D = P_{и \max} / P_{и \text{ ср}}$.

Антенны длинных и средних волн.

На ДВ и СВ земная поверхность имеет обычно хорошую проводимость. У поверхности хорошего проводника электрическое поле может быть направлено только перпендикулярно его поверхности. Поэтому как передающие, так и приемные антенны должны обладать развитой вертикальной частью. Для того чтобы антенна была резонансной, ее размеры должны быть хотя бы $0,25L$, т.е. на ДВ ее высота равна нескольким сотням метров. Практически удается построить антенны высотой не более 200 – 300 м (рис.12, а).

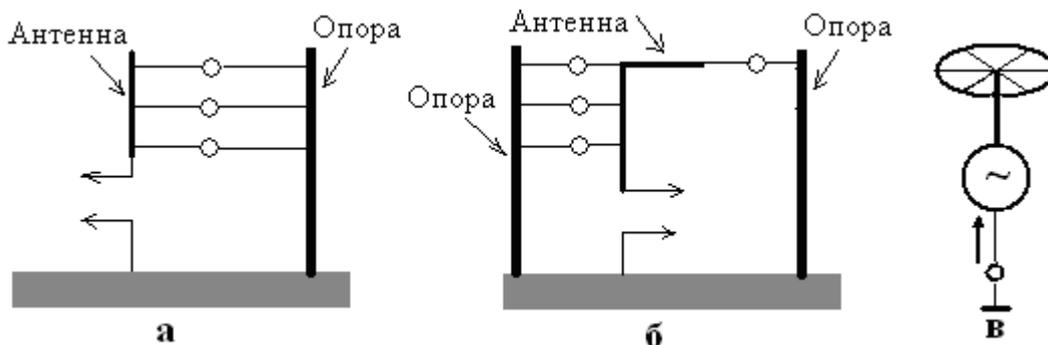


Рис.12

Для повышения КПД часто применяют Г-образную антенну, которая требует второй опоры, что удорожает конструкцию. Кроме этого находят применение зонтичные антенны в виде антенн – мачт (Рис.12,б, в).

Антенны коротких волн.

В диапазоне КВ (10 – 100 м) отношение длины антенны к длине волны может быть получено достаточно большим при хорошем КПД. Более важным является вопрос о диаграмме направленности, к которой предъявляется несколько требований.

Она должна быть достаточно постоянной во всем диапазоне волн передатчика. Направление максимального излучения должно обеспечивать минимальное количество отражений от ионосферы. Для уменьшения влияния промышленных помех максимум диаграммы направленности приемной антенны не должен быть слишком близок к земной поверхности.

В этом диапазоне наиболее широко используют симметричные вибраторы как элемент сложных и разнообразных антенн.

Антенны метровых, дециметровых и сантиметровых волн.

В диапазоне УКВ используются антенны, обладающие направленными свойствами хотя бы в одной плоскости. При малой длине волны такие антенны достаточно компактны. Они могут быть вращающимися, что позволяет получить выигрыш в мощности.

В диапазоне метровых волн наиболее часто используются различные симметричные и несимметричные вибраторы. В качестве примера рассмотрим некоторые типы телевизионных антенн.

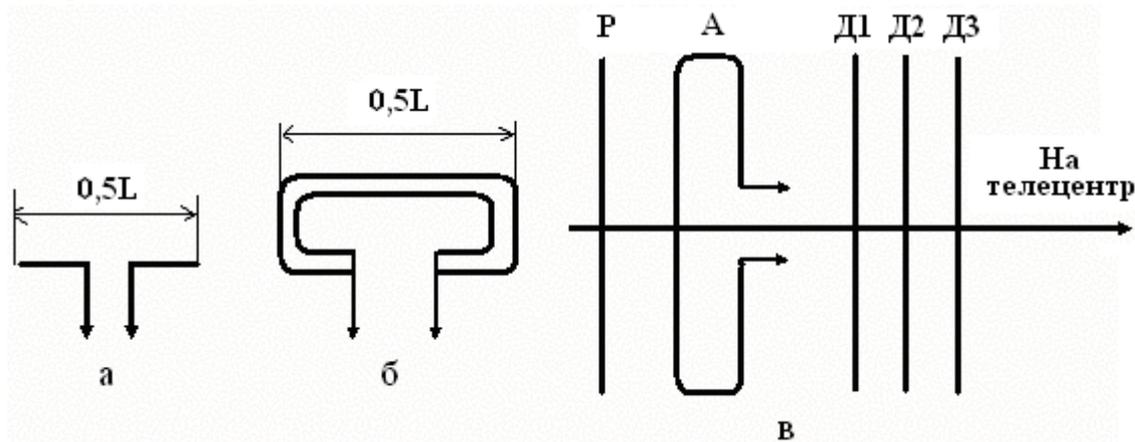


Рис.13

Самой простой телевизионной антенной является дипольная антенна (линейный полуволновой вибратор) представленный на Рис.13,а. Чаще всего он применяется в качестве настольной антенны для приема в черте города. В качестве выносных антенн часто применяется петлевой вибратор (Рис.13, б).

В диапазоне метровых волн в качестве направленных антенн большое распространение получили антенны типа «волновой канал» (Рис.13,в). Они состоят из активного вибратора А, рефлектора Р, выполняющего функции отражателя волны, и директоров Д1, Д2, Д3, применяемых для улучшения диаграммы направленности.

В диапазоне дециметровых и сантиметровых волн широко применяются рупорные антенны. В качестве самостоятельных антенн рупоры применяют редко, но зато они входят составной частью более сложных антенн. Одной из них является зеркальная параболическая рефлекторная антенна (Рис. 14).

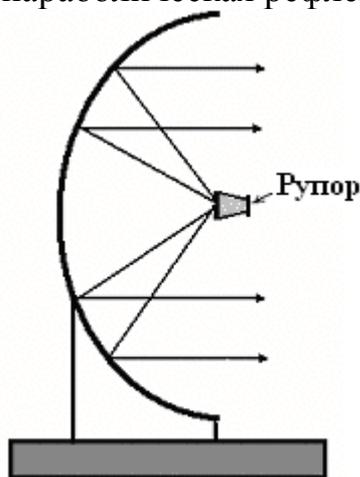


Рис. 14

В этой антенне роль отражателя выполняет металлическое зеркало, имеющее форму параболоида вращения или параболического цилиндра. При этом антенна излучает почти параллельный пучок лучей.

Тема 2. Организация передающих устройств. Модуляция сигналов.

Для организации связи с помощью радиоволн необходимо иметь радиопередающее устройство и устройство для приема радиоволн. В зависимости от выбранного диапазона техническая реализация этих устройств может сильно различаться, однако, во многом их функции совпадают.

Определим основные функции передатчика.

1. Получение высокочастотных колебаний требуемой частоты и мощности.
2. Модуляция высокочастотных колебаний передаваемым сигналом.
3. Фильтрация побочных колебаний, частоты которых выходят за пределы необходимой полосы излучения и могут создать помехи другим радиостанциям.
4. Излучение колебаний через антенну.

Функциональная схема радиопередатчика имеет вид (Рис. 15).



Рис. 15

Задающий генератор представляет собой опорный автогенератор высокой частоты. Частота задающего генератора обычно жестко стабилизирована с заданной степенью погрешности.

Синтезатор преобразует частоту задающего генератора в частоту, необходимую для установления связи. Он работает на более низкой частоте, чем задающий генератор и в современных системах оснащен системой автоматизированной настройки, не затрагивающей опорный генератор. Таким образом, обеспечивается удобство перестройки рабочей частоты передатчика и высокая стабильность частоты.

Промежуточный усилитель высокой частоты необходим по следующим причинам:

- благодаря промежуточному усилителю с достаточно большим коэффициентом усиления от опорного генератора и синтезатора не требуется большой мощности;
- применение промежуточного усилителя между синтезатором и усилителем мощности ослабляет влияние на генератор и синтезатор возможных регулировок в мощных каскадах передатчика и в антенне.
- **Усилитель мощности** увеличивает мощность радиосигнала до уровня, определяемого требованиями системы радиосвязи. Основными требованиями к усилителю мощности являются низкие искажения передаваемого сигнала и высокой КПД.
- **Выходная цепь** служит для передачи колебаний с выхода усилителя мощности в антенну, фильтрации высокочастотных колебаний и для обеспечения условий максимальной передачи мощности в антенну.

В состав передатчика входит модулятор. Понятие модуляции сигнала применяется не только в радиосвязи, поэтому рассмотрим его подробнее.

Модуляция сигнала. Обычно в качестве переносчика сигнала применяются колебания высокой частоты – несущие колебания.

Преобразование каких-либо параметров несущих колебаний по закону изменения первичного сигнала называется **модуляцией**.

Если амплитуда несущих колебаний изменяется во времени пропорционально первичному сигналу, то такой процесс называется **амплитудной модуляцией** (Рис.16).

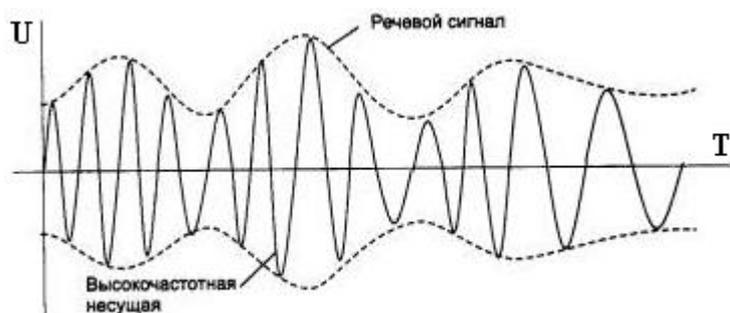


Рис. 16

Если частота несущего колебания изменяется во времени пропорционально первичному сигналу, то такой процесс называется **частотной модуляцией**.

Фазовая модуляция (PSK - Phase Shift Keying) двумя уровнями сигнала (1 и 0) осуществляется переключением между двумя несущими, сдвинутыми на полпериода друг относительно друга.

Квадратурно-амплитудная модуляция (QAM - Quadrature Amplitude Modulation, ее также называют квадратурно-импульсной), основана на передаче одним элементом модулированного сигнала n бит информации, где $n = 4...8$ (т.е. используются 16... 256 дискретных значений амплитуды). Однако для надежного различения этих значений амплитуды требуется малый уровень помех (отношение сигнал/помеха не менее 12 дБ при $n = 4$).

В системах цифрового телевидения применяют дифференциальную квадратурную фазовую модуляцию. При этом последовательность битов с выходов внутреннего кодера превращается в параллельный двухбитовый поток.

Модуляцию гармонических несущих колебаний первичным сигналом называют непрерывной. Часто в качестве несущих колебаний используют периодическую последовательность импульсов. При модуляции первичным сигналом последовательности импульсов процесс называют импульсной модуляцией.

Сравнение различных видов модуляции показывает, что ширина спектра сигнала при амплитудной модуляции значительно меньше, чем при частотной модуляции. На сигналы с амплитудной модуляцией сильнее влияют помехи при передаче их по радиоканалу, чем на сигналы с частотной модуляцией.

Тема 3. Организация приемных устройств. Демодуляция сигналов.

Радиоприемные устройства используют для связи, звукового и телевизионного вещания, радиолокации, радионавигации и т.д. Радиоприемник должен содержать совокупность узлов для выполнения следующих функций:

- выделения сигналов необходимой частоты;
- усиления высокочастотного сигнала;
- детектирования, т. е. демодулирования высокочастотного сигнала и выделения из него первичного сигнала;
- усиления выделенного сигнала.

Радиоприемные устройства можно классифицировать:

- по роду работы (телефонные, телеграфные, телевизионные, навигационные, радиолокационные и др.);
- по виду модуляции (АМ, ЧМ и др.);
- по диапазону волн принимаемых сигналов (ДВ, СВ, КВ, УКВ и др.);
- по месту установки (стационарные, переносные, самолетные, автомобильные и др.);
- по схеме электропитания (от сети переменного тока, от батарей и т. д.).

Основные характеристики радиоприемных устройств.

Чувствительность – это свойство приемника принимать слабые сигналы. Чувствительность радиовещательных радиоприемников находится в пределах 50 – 300 мкВ в зависимости от класса.

Избирательность – это способность радиоприемника выделять из различных сигналов, отличающихся по частоте, сигнал принимаемой станции. Избирательность реализуется в основном колебательными контурами и фильтрами, входящими в состав приемника.

Понятие избирательности поясняет рис. 17.

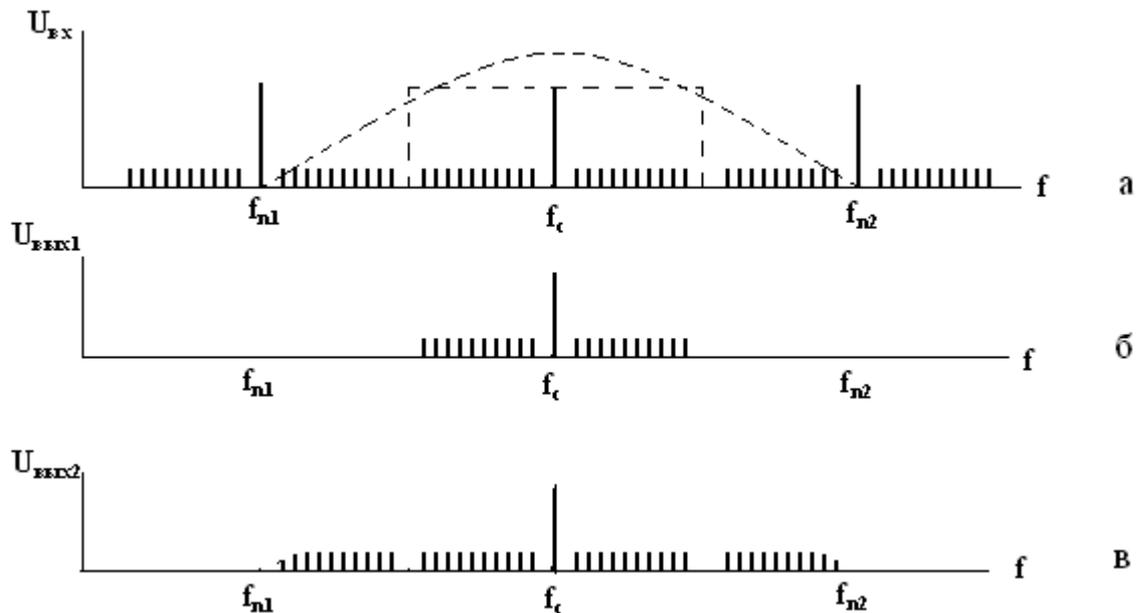


Рис. 17

На рисунке видно, что если фильтры приемника обладают прямоугольной частотной характеристикой, то соседние радиостанции на частотах f_{n1} и f_{n2} не создадут на выходе никакого сигнала (Рис. 17, б).

Если частотная характеристика фильтра далека от прямоугольной, то на выходе приемника будут прослушиваться сигналы других станций (Рис. 17, в).

Функциональные схемы радиоприемников.

Рассмотрим функциональные схемы двух основных видов приемников.

Приемник прямого усиления (Рис. 18).



Рис. 18

Входная цепь выделяет полезный сигнал высокой частоты и ослабляет сигналы соседних станций.

Усилитель радиочастоты усиливает полезный сигнал и еще сильнее ослабляет помехи. Усилителей радиочастоты может быть несколько в зависимости от количества диапазонов приемника.

Детектор преобразует модулированные колебания высокой частоты в первичные колебания (звуковые, телеграфные и др.).

Усилитель звуковой частоты усиливает низкочастотный сигнал по напряжению и мощности.

Оконечное устройство преобразует электрический сигнал в выходную информацию (звук, текст, видео и т. д.).

Приемник прямого усиления не может обеспечить хорошую избирательность и высокую чувствительность, особенно в диапазонах КВ и УКВ потому, что по мере повышения частоты возрастает полоса пропускания резонансной цепи. Эти недостатки ограничивают области применения приемников прямого усиления.

Супергетеродинный приемник.

Функциональная схема супергетеродинного приемника приведена на Рис. 19.

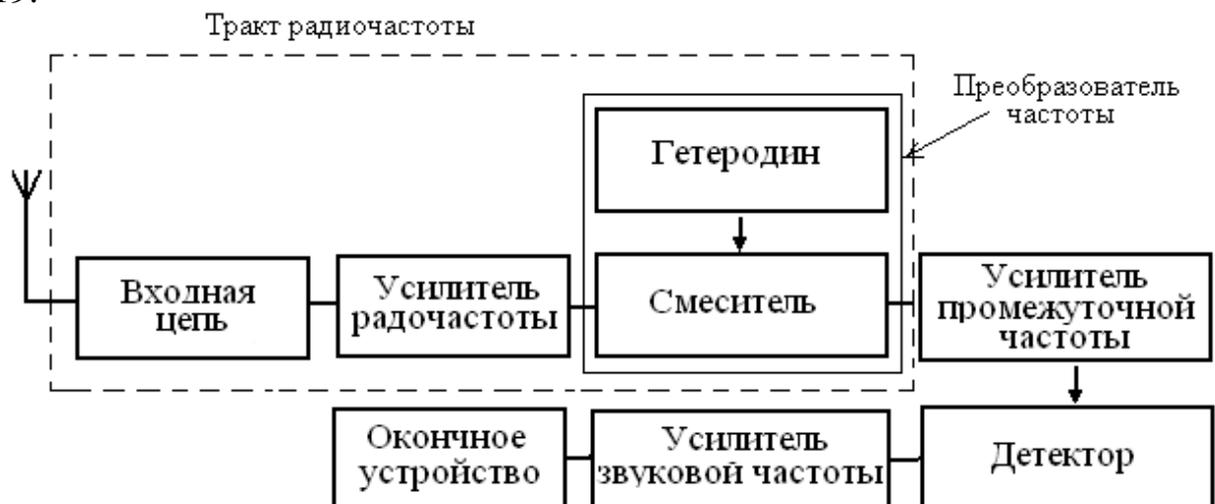


Рис.19

Отличительной способностью этого приемника является применение в нем преобразователя частоты, состоящего из смесителя и гетеродина. На выходе

преобразователя получается промежуточная частота, поступающая на вход усилителя промежуточной частоты (УПЧ).

Преобразователем частоты называется устройство, предназначенное для переноса спектра сигнала из одной области частот в другую без изменения амплитудных и фазовых соотношений между компонентами спектра. При этом не меняется только несущая частота, которая называется промежуточной.

Гетеродин представляет собой маломощный автогенератор с частотой несколько большей, чем принимаемая частота. В смесителе получается разностная частота, модулированная первичным сигналом, которая и называется промежуточной.

В супергетеродинных приемниках основное усиление и избирательность реализуются на промежуточной частоте, которая остается постоянной при работе приемника на любой частоте диапазона. При этом достигается очень хорошая частотная характеристика контуров УПЧ и высокая избирательность. Усилители промежуточной частоты обеспечивают большой коэффициент усиления при малых искажениях, поэтому, супергетеродинные приемники имеют хорошую чувствительность (до 1мкВ).