

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Радиосвязь – это связь, осуществляемая посредством радиоволн.

Радиосвязь является основным средством управления подвижными силами и средствами при решении оперативных задач различными службами и ведомствами.

Все системы, применяемые для радиосвязи с подвижными объектами, условно можно разделить на следующие группы:

- радиотелефонные системы общего пользования,
- диспетчерские радиотелефонные системы,
- автономные радиотелефонные системы,
- системы персонального вызова,
- системы аварийной радиосвязи.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Радиотелефонные системы общего пользования - системы, которые посредством радиолиний продлевают городские телефонные линии до подвижных объектов, т. е. по сути дела являются городскими радио АТС.

Отличительными особенностями радиотелефонных систем общего пользования является:

- наличие в подвижном объекте устройства для автоматического набора номера телефонной сети и приемопередатчика для передачи и приема сигналов взаимодействия и речевой информации;
- наличие в системе связи центральной радиостанции, обеспечивающей прием и передачу сигналов взаимодействия и речевой информации от подвижного объекта;
- наличие в системе связи устройства для автоматического соединения центральной радиостанции с городской АТС.

Примером подобной системы являются сотовые радиотелефонные системы, в которых роль центральной радиостанции играет комплекс, состоящий из нескольких стационарных радиостанций, объединенных в единую сеть с помощью управляющих ЭВМ.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Диспетчерские радиотелефонные системы - системы радиосвязи внутри, ведомства, службы, предприятия. Примерами диспетчерских радиотелефонных систем являются системы радиосвязи, применяемые в пожарной охране, милиции. службах такси, скорой помощи и др.

К основным особенностям таких систем относят следующее:

- обеспечение радиосвязи только с абонентами данной системы;
- связь подвижного абонента с абонентами телефонной сети обеспечивается, как правило, через диспетчера центральной радиостанции;
- диспетчер центральной радиостанции может вызывать подвижных абонентов индивидуально или всех сразу (с помощью группового вызова);
- связь между подвижными абонентами возможна и без участия центральной радиостанции.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Автономные радиотелефонные системы - системы, предназначенные для непосредственного и оперативного участия в процессах производства или управления.

Им характерен:

- небольшой радиус действия (1-3 км);
- малое количество абонентов в системе (от 2-3 до 20-30);
- отсутствие необходимости выхода в автономные радиотелефонные системы.

Автономные радиотелефонные системы применяются для обеспечения радиосвязи на небольшой территории, например при проведении выставок, спортивных и культурно-массовых мероприятий и т. п.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Системы персонального вызова - системы, позволяющие в простейшем случае передать подвижному абоненту только "звонок", после которого вызываемый абонент должен выполнить заранее обусловленные действия или с ближайшего телефонного аппарата связаться с вызывающим его диспетчером и обменяться более подробной информацией.

Особенности систем персонального вызова:

- однонаправленность действия (от центрального пункта к подвижному абоненту);
- наличие приемника персонального вызова, имеющего свой индивидуальный вызывной номер;
- центральный вызывной пункт состоит из передатчика и устройства, обеспечивающего набор номера любого приемника персонального вызова, входящего в систему;
- возможность передачи не только «звонка», но и информации ограниченного объема, которая отражается на дисплее приемника.

Современные системы персонального вызова более известны под названием «пейджер».

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

Системы аварийной радиосвязи - системы, обеспечивающие немедленную передачу сигналов бедствия в случае аварийной ситуации.

В настоящее время системы аварийной радиосвязи используются в основном в морской и авиационной службах. Радиостанции имеют возможность автоматически передавать телефонные или телеграфные сигналы бедствия на специально выделенных частотах.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ РАДИОТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

Основной частью системы радиосвязи является радиоканал, включающий в себя следующие функционально необходимые составные части:

- радиопередающее устройство, преобразующее сообщение в электрический сигнал высокой частоты и излучающее его в пространство в виде радиоволн;
- линию связи - физическая среда (свободное пространство, провода, кабели и т.д.), а также совокупность аппаратных средств, используемых в процессе передачи сигналов от передатчика к приемнику;
- радиоприемное устройство, принимающее сигнал передатчика и преобразующее его в сообщение.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ РАДИОТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

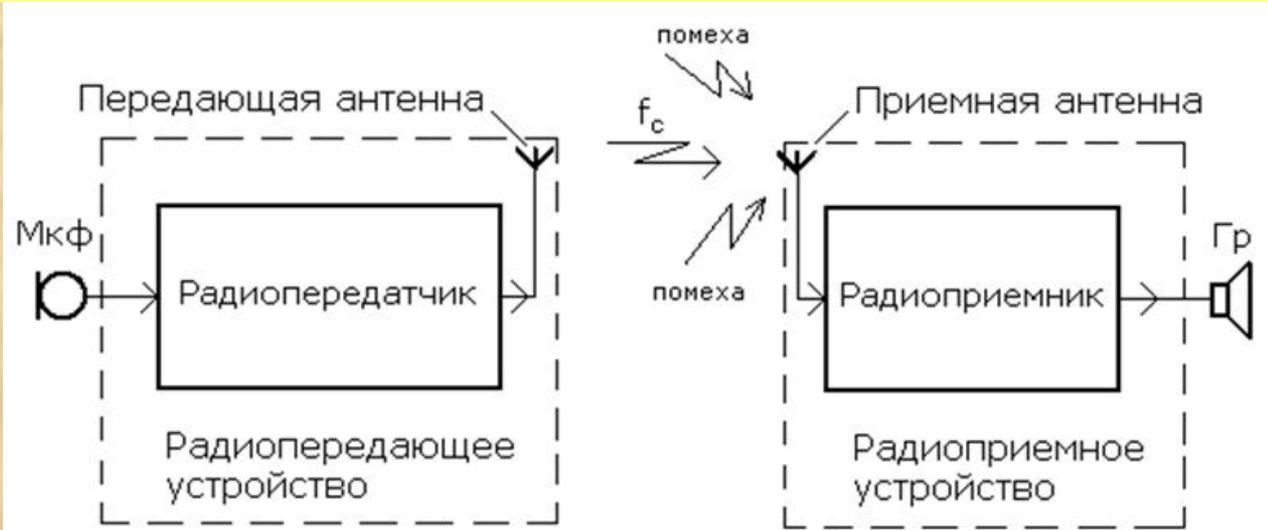


Рис. 7.2. Упрощенная схема телефонной радиосвязи

С помощью микрофона производится преобразование передаваемого речевого сообщения в электрический сигнал низкой (звуковой) частоты. Под воздействием этого сигнала в радиопередатчике осуществляется формирование модулированных колебаний высокой частоты, т.е. электрического сигнала, содержащего передаваемую информацию. С помощью передающей антенны производится преобразование данного сигнала в электромагнитные колебания и излучение их в пространство в виде радиоволн.

Радиоволны, принятые приемной антенной преобразуются в электрические сигналы высокой частоты. В радиоприемнике происходит выделение полезного сигнала среди помех и других сигналов, его усиление и преобразование в колебания низкой (звуковой) частоты. Эти колебания затем поступают на оконечное устройство, например, громкоговоритель, где переданное сообщение воспроизводится в виде речи.

Тема 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСВЯЗИ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ РАДИОТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ

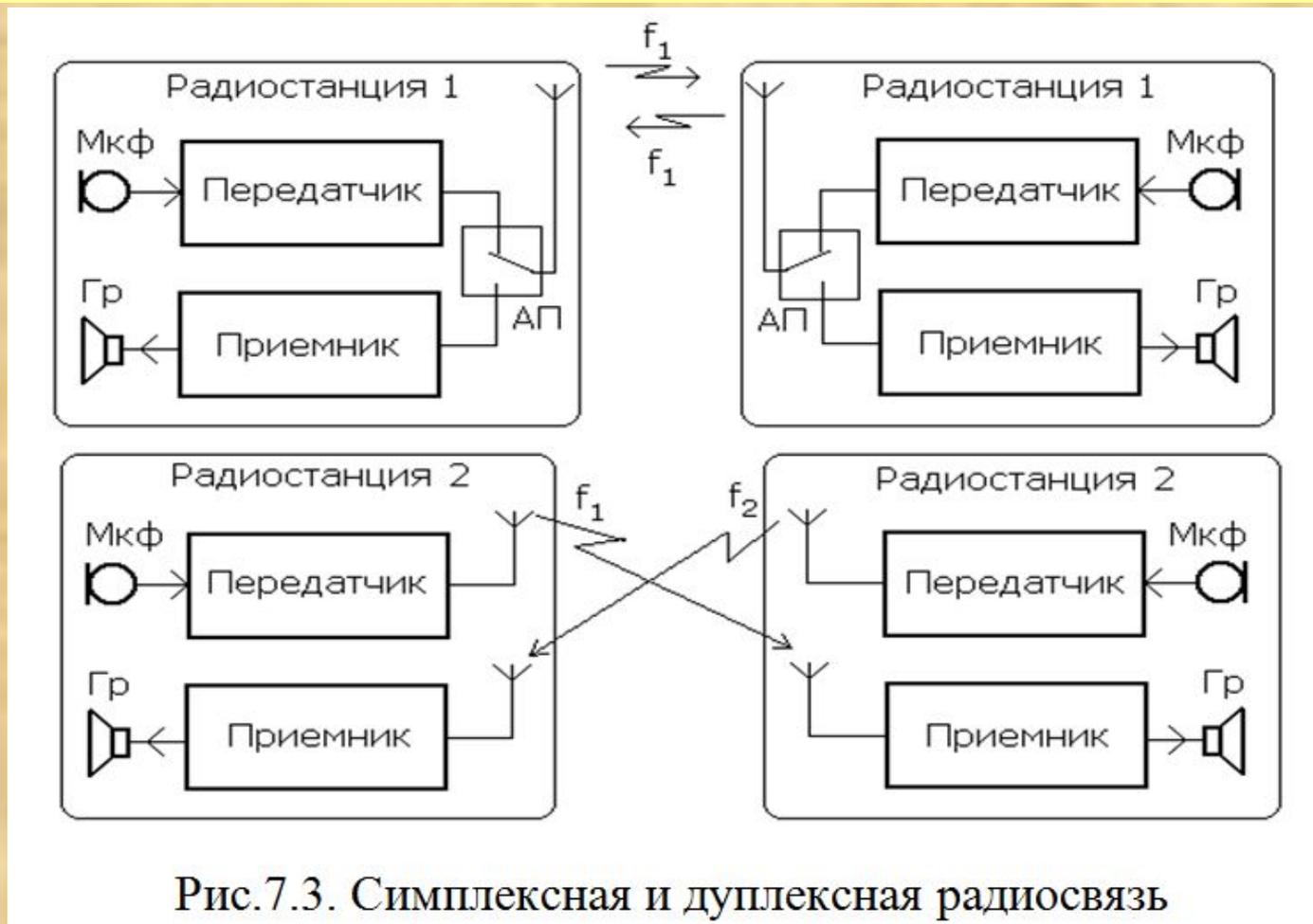


Рис.7.3. Симплексная и дуплексная радиосвязь

Симплексной называется связь между двумя пунктами, при которой в каждом из них передача и прием сообщений осуществляется поочередно.

Дуплексная связь – это связь между двумя пунктами, при которой в каждом из них передача и прием сообщений осуществляется одновременно, но уже на разных несущих частотах.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОВОЛН

Электромагнитные волны представляют собой комбинацию колебаний электрического E и магнитного H полей.

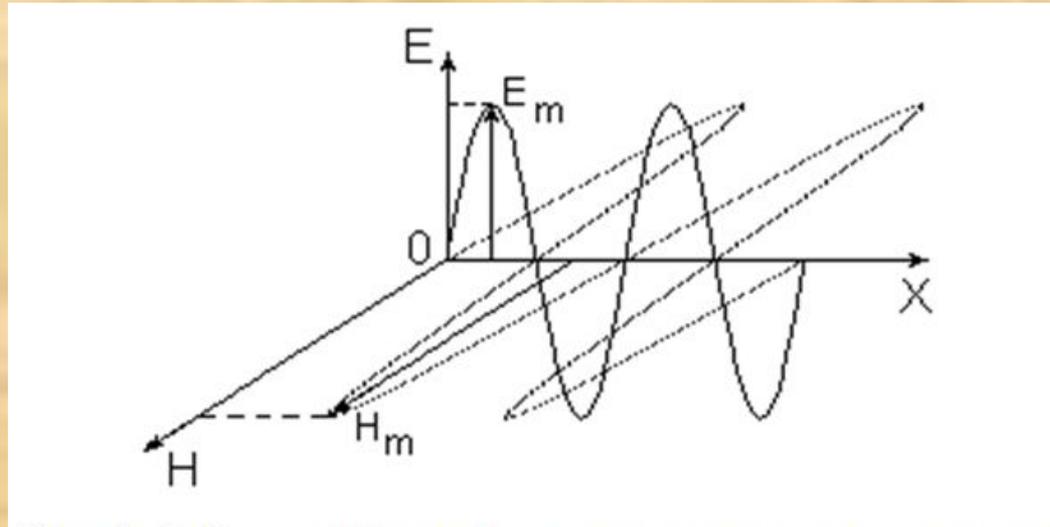


Рис.8.1. Составляющие электромагнитного поля.

Между амплитудами магнитной и электрической составляющих электромагнитного поля, распространяющегося в пространстве, имеется определенная количественная связь, выражаемая соотношением

$$E_m / H_m = Z_0 = 120\pi,$$

где: E_m — измеряется в вольтах на метр;

H_m — в амперах на метр;

Величина Z_0 имеет размерность сопротивления $Z_0 = 120\pi = 376,6$ Ом.

По своему физическому смыслу оно представляет волновое сопротивление пространства, которое оно оказывает распространяющейся в этом пространстве электромагнитной волне.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОВОЛН

В зависимости от направления вектора E электромагнитной волны радиоволны делятся на вертикально и горизонтально поляризованные радиоволны

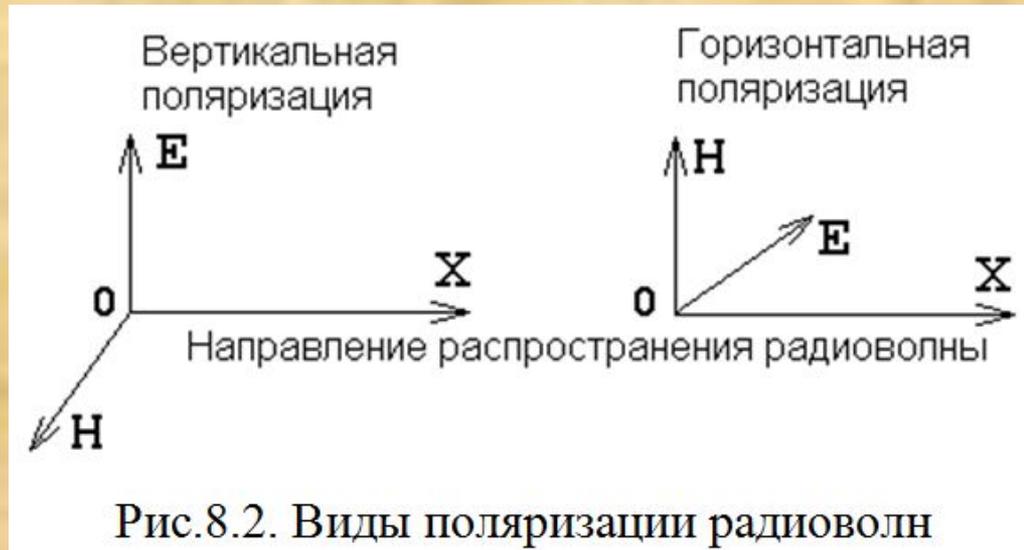


Рис.8.2. Виды поляризации радиоволн

Радиоволны классифицируют также в зависимости от длины волны. Расстояние, которое волна распространяется за время одного периода колебаний, называется длиной волны.

$$\lambda = cT = \frac{1}{f},$$

где: c – скорость света;

T – период электромагнитных колебаний;

f – частота электромагнитных колебаний.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОВОЛН

В соответствии с величиной длины волны согласно Международного Регламента радиосвязи принято деление радиоволн

Классификация радиоволн

| Номер диапазона | Наименование радиоволн | Диапазон радиоволн | Диапазон частот | Наименование частот |
|-----------------|--------------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| 1 | <u>Мириаметровые</u> | 10 ... 100 км | 3 ... 30 кГц | Очень низкие (ОНЧ) |
| 2 | Километровые | 1 ... 10 км | 30 ... 300 кГц | Низкие (НЧ) |
| 3 | Гектометровые | 100 ... 1000 м | 300 ... 3000 кГц | Средние (СЧ) |
| 4 | <u>Декаметровые</u> | 10 ... 100 м | 3 ... 30 МГц | Высокие (ВЧ) |
| 5 | Метровые | 1 ... 10 м | 30 ... 3000 МГц | Очень высокие (ОВЧ) |
| 6 | Дециметровые | 10 ... 100 см | 300 ... 3000 МГц | Ультравысокие (УВЧ) |
| 7 | Сантиметровые | 1 ... 10 см | 3 ... 30 ГГц | Сверхвысокие (СВЧ) |
| 8 | Миллиметровые | 1 ... 10 мм | 30 ... 300 ГГц | Крайне высокие (КВЧ) |
| 9 | <u>Децимиллиметровые</u> | 0,1 ... 1 мм | 300 ... 3000 ГГц | Гипервысокие (ГВЧ) |

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОВОЛН



Рис. 8.3. Виды радиоволн.

Обычно выбор диапазона радиоволн для конкретной системы радиосвязи во многом определяется рядом факторов, связанных в первую очередь с особенностями излучения и распространения электромагнитных колебаний

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Дифракция радиоволн – явление отклонения радиоволн от прямолинейного распространения при прохождении мимо края препятствий. Это значит, радиоволны могут огибать препятствия на пути распространения. Степень дифракции тем меньше, чем меньше длина волны. Отсюда следует, что радиоволны могут распространяться вдоль земной поверхности. Такие волны называются **поверхностными**.

Поглощение радиоволн земной поверхностью - Электромагнитная волна проникает в толщу земли, хотя и на небольшую глубину. При этом происходит частичное поглощение энергии радиоволн, распространяющихся в почве, сопровождающееся затуханием интенсивности электромагнитных колебаний по мере удаления от места излучения, что сказывается на дальности распространения поверхностных радиоволн, а следовательно, и на дальности радиосвязи.

Радиоволны, излученные в направлении верхних слоев атмосферы называются **пространственными**.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Атмосферу, окружающую Землю, принято делить на три характерных слоя – тропосферу, стратосферу и ионосферу

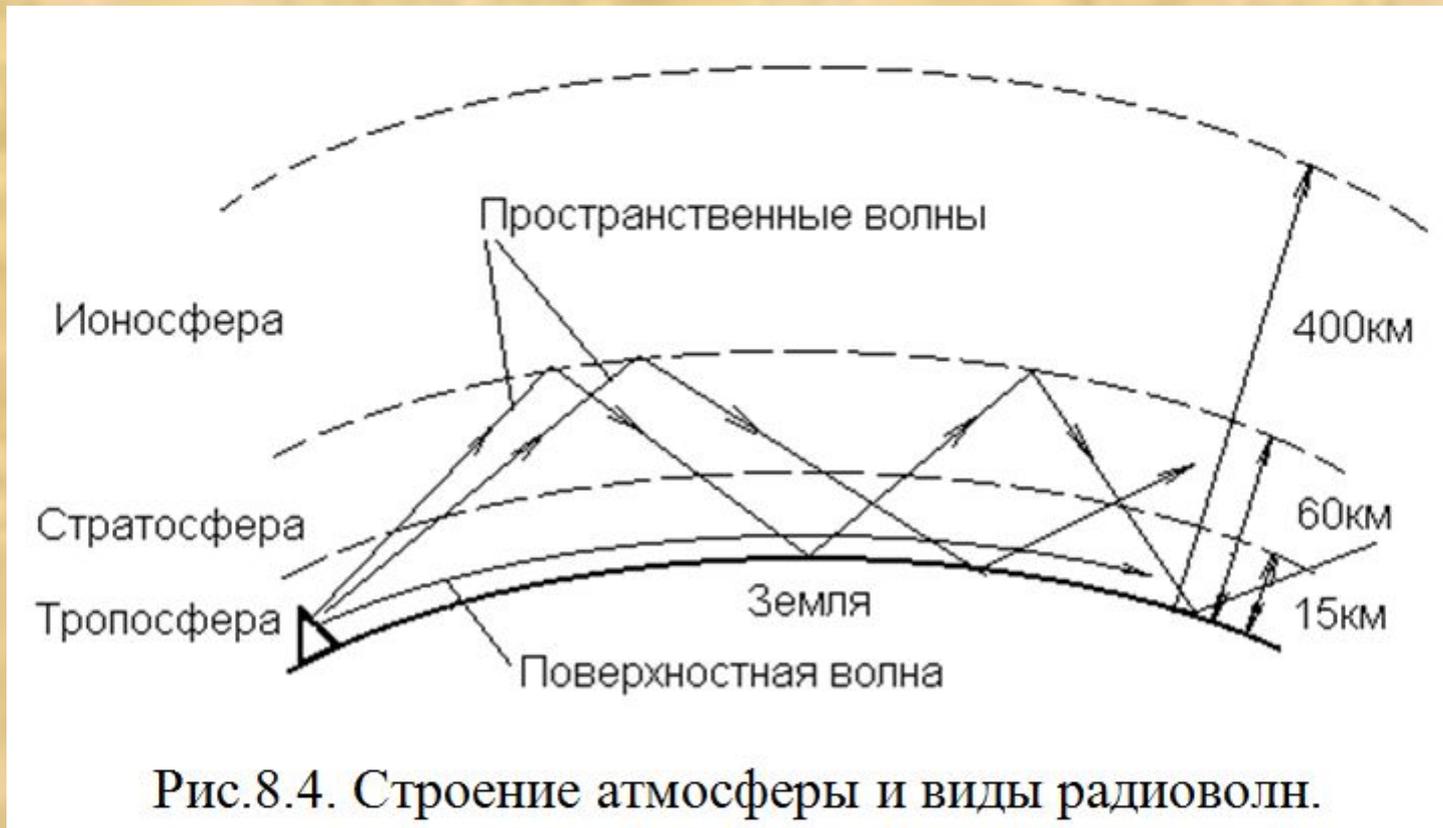


Рис.8.4. Строение атмосферы и виды радиоволн.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Изменение плотности атмосферы с увеличением расстояния от Земли и сложная зависимость ее температуры от высоты приводит к тому, что в результате ионизации в ионосфере образуются четыре ярко выраженных слоя - D , E , F_1 и F_2 .

Самый нижний слой ионосферы D расположен на высотах 60...90 км. Он существует в летнее время, причем только в дневные часы, когда велика солнечная активность и представляет собой нерегулярное образование ионосферы.

На высотах 100...120 км от поверхности Земли находится ионосферный слой E . Этот слой характеризуется переменной концентрацией свободных электронов, которая может изменяться в зависимости от времени года и суток. Днем слой E располагается несколько ниже, а ночью значительно выше.

Слои F_1 и F_2 занимают области ионосферы на высотах от 120 до 450 км и выше от земной поверхности. Обычно их рассматривают как один слой ионосферы, имеющий наибольшую концентрацию свободных электронов.

Явление искривления направления распространения радиоволн в неоднородной среде получило название **атмосферной рефракции**.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН



Степень преломления радиоволн зависит от угла падения радиоволны на ионосферу α с поверхности Земли и частоты колебаний f . При этом возможны различные траектории распространения пространственных радиоволн в зависимости от величины угла падения α

$$\alpha_{кр} = \arcsin \sqrt{1 - 80,8N_3 / f^2}$$

Если углы падения меньше критического $\alpha_1 < \alpha_{кр}$, то преломление лучей будет невелико, и радиоволны проникают через ионосферу в космос (луч 1). При углах падения, больших критического угла $\alpha_3 > \alpha_{кр}$, преломление настолько велико, что радиоволны полностью отразятся и вернуться на Землю (луч 3).

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Интерференция - это явление, возникающее при наложении двух или нескольких волн и состоящее в устойчивом (во времени) их взаимном усилении в одних точках пространства или ослаблении - в зависимости от соотношения между фазами этих волн.

Рассеяние энергии. С увеличением расстояния от излучателя (антенны) плотность потока энергии в определяемой точке пространства уменьшается.

Часть энергии радиоволн теряется при образовании токов проводимости в почве и в различных металлических предметах, так как под действием изменяющегося электрического и магнитного полей в проводниках появляется электрический ток вихревого характера, энергия которого частично превращается в тепло. Явление преобразования энергии радиоволн в другие виды энергии получило название **поглощения энергии.**

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДЛИННЫХ И СРЕДНИХ РАДИОВОЛН

Длинные волны обладают явно выраженной дифракцией вокруг поверхности Земли и больших препятствий, хорошо отражаются от ионосферы и Земли. Поэтому длинные волны могут распространяться в виде поверхностных и пространственных радиоволн на большие расстояния

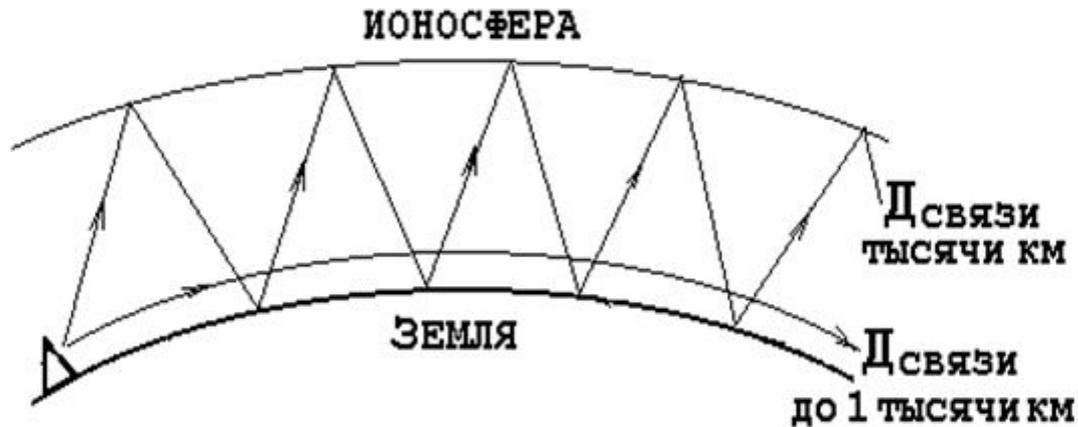


Рис. 8.6. Распространение длинных и средних радиоволн.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН

Для коротких радиоволн характерна незначительная дифракция, преломление в ионосфере и отражение от Земли. Поверхностные короткие радиоволны затухают еще в большей степени, чем на среднее. Поэтому радиосвязь поверхностными волнами при обычных мощностях передатчиков вблизи нижней границы коротковолнового диапазона возможна лишь на расстоянии в несколько десятков километров. Связь на больших расстояниях осуществляется только пространственными волнами, которые могут распространяться на очень большие расстояния вдоль земной поверхности путем однократного или многократного отражения от ионосферы и Земли.

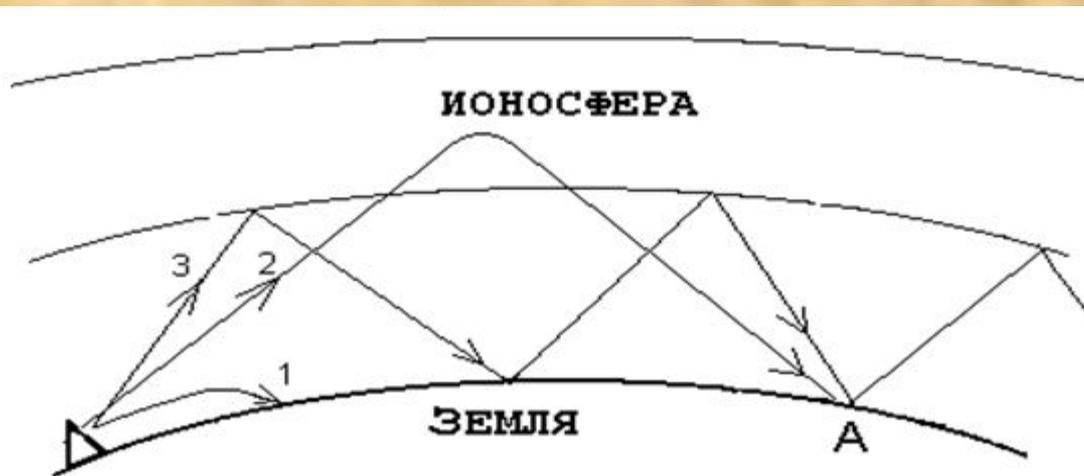


Рис. 8.7. Траектории распространения коротких радиоволн.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН

При радиосвязи в коротковолновом диапазоне длин волн образуются так называемые зоны молчания («мертвые» зоны), где поверхностных волн уже нет, а пространственные волны, отражаясь от ионосферы, еще не действуют на этих дальностях



Рис. 8.8. Образование зона молчания в диапазоне коротких волн.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

Ультракороткие волны не испытывают отражений от ионосферы. Поэтому радиосвязь на УКВ может осуществляться только посредством поверхностной волны. Вследствие слабой дифракции можно считать, что УКВ распространяются вблизи земной поверхности прямолинейно, если не учитывать влияния неоднородности тропосферы. Это ограничивает область радиосвязи только прямой видимостью (оптическим горизонтом). Дальность прямой видимости при этом определяется высотой подъема антенн

$$r_{пв} = 3.73(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \text{ км},$$

где: $h_{1,2}$ - высота подъема антенн в передающем и приемном пунктах соответственно, м;

3.73- число, которое учитывает естественную кривизну земной поверхности и ее радиус.



Рис. 8.9. Дальность прямой видимости.

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

В тропосфере имеет место явление преломления УКВ, что обусловлено ее неоднородностью по своим электрическим свойствам. Показатель преломления n различных слоев атмосферы изменяется, убывая с высотой.

Уменьшение величины показателя преломления приводит к тому, что радиоволны, излученные в точке А, будут при переходе из слоя в слой преломляться в направлении к земной поверхности

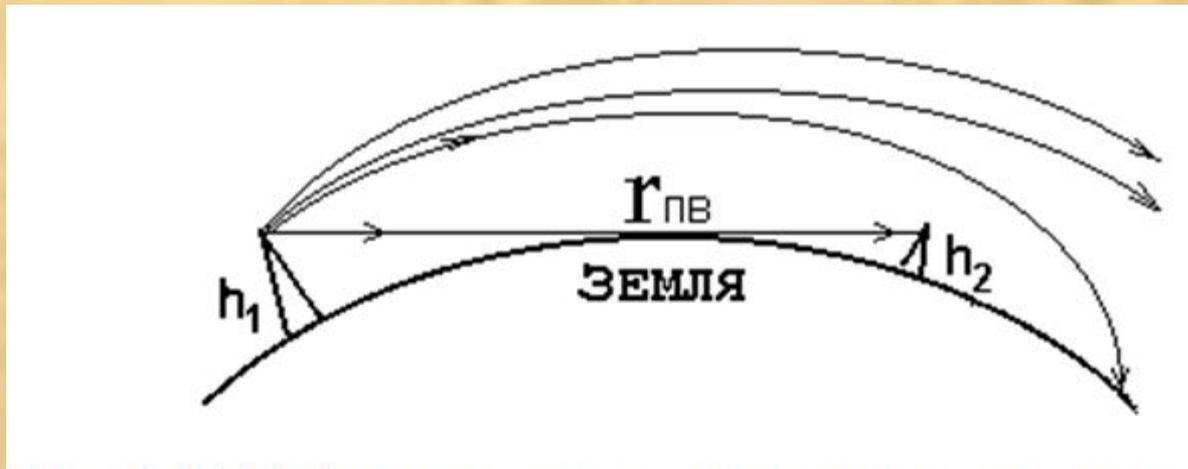


Рис. 8.10. Рефракция ультракоротких радиоволн.

Дальность радиосвязи с учетом нормальной атмосферной рефракции определяется формулой

$$r_{\text{рефр}} = 4.12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \text{ км.}$$

Тема 8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

Дальность УКВ радиосвязи может также превышать дальность прямой видимости за счет рассеянием радиоволн на неоднородностях тропосферы, что характерно ультракоротким радиоволнам. При падении радиоволны с плоским фронтом на область с вихревыми неоднородностями фронт волны искривляется

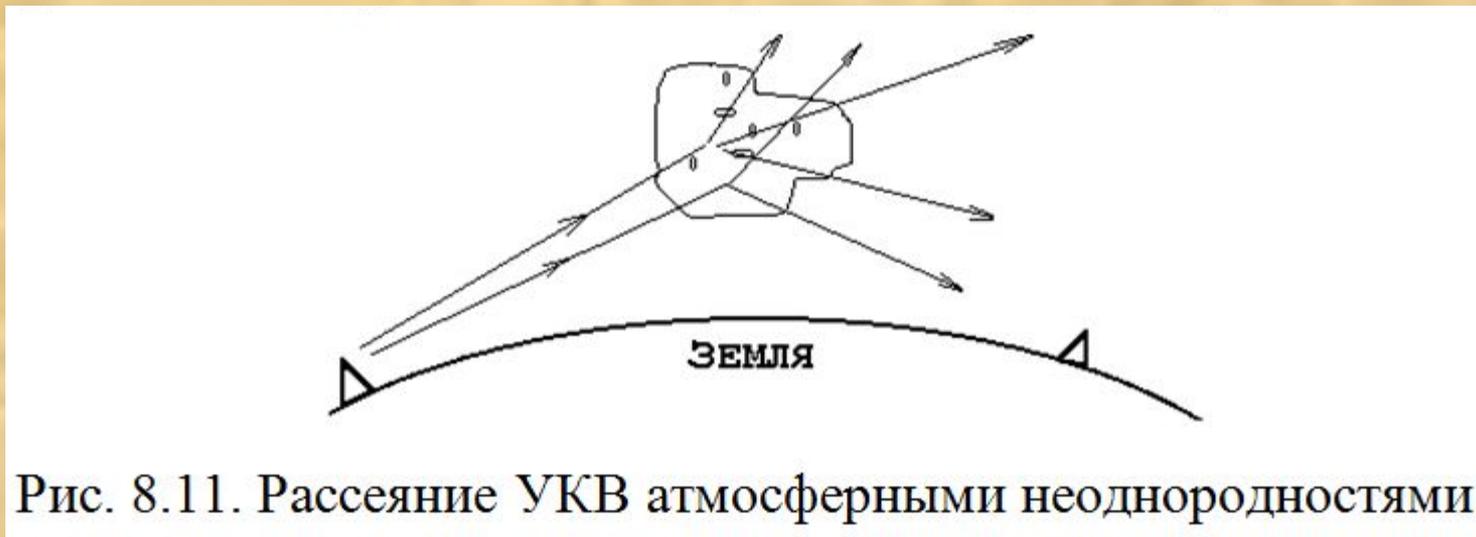


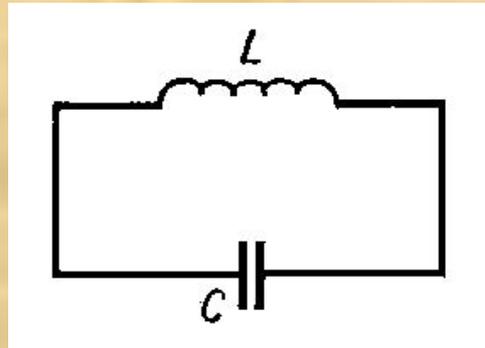
Рис. 8.11. Рассеяние УКВ атмосферными неоднородностями.

рассматривая распространение длинных, средних и коротких волн в атмосфере, обычно пренебрегают их затуханием в атмосфере. Это было допустимо, так как в указанных диапазонах волн затухание радиоволн в атмосфере ничтожно мало. Однако в диапазоне УКВ, особенно при использовании сантиметровых и миллиметровых волн, пренебрегать затуханием нельзя.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Колебательной называется система, в которой происходят периодические колебания, связанные с переходом одного вида энергии в другой. В электрических системах, колебания связаны с энергией электрического и магнитного полей. Электромагнитные системы могут быть закрытыми или открытыми.

Колебательным контуром называется электрическая цепь, состоящая из катушки индуктивности L и конденсатора C



Эти элементы называют реактивными. Они обладают сопротивлениями, зависящими от частоты, приложенного к ним напряжения:

$$x_L = j\omega L = jX_L, \quad x_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\frac{1}{\omega C} = -jX_C$$

Они связаны с периодическим преобразованием энергии заряженного конденсатора в магнитную энергию

$$W_C = \frac{1}{2}CU^2 \quad W_L = \frac{1}{2}LI^2,$$

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

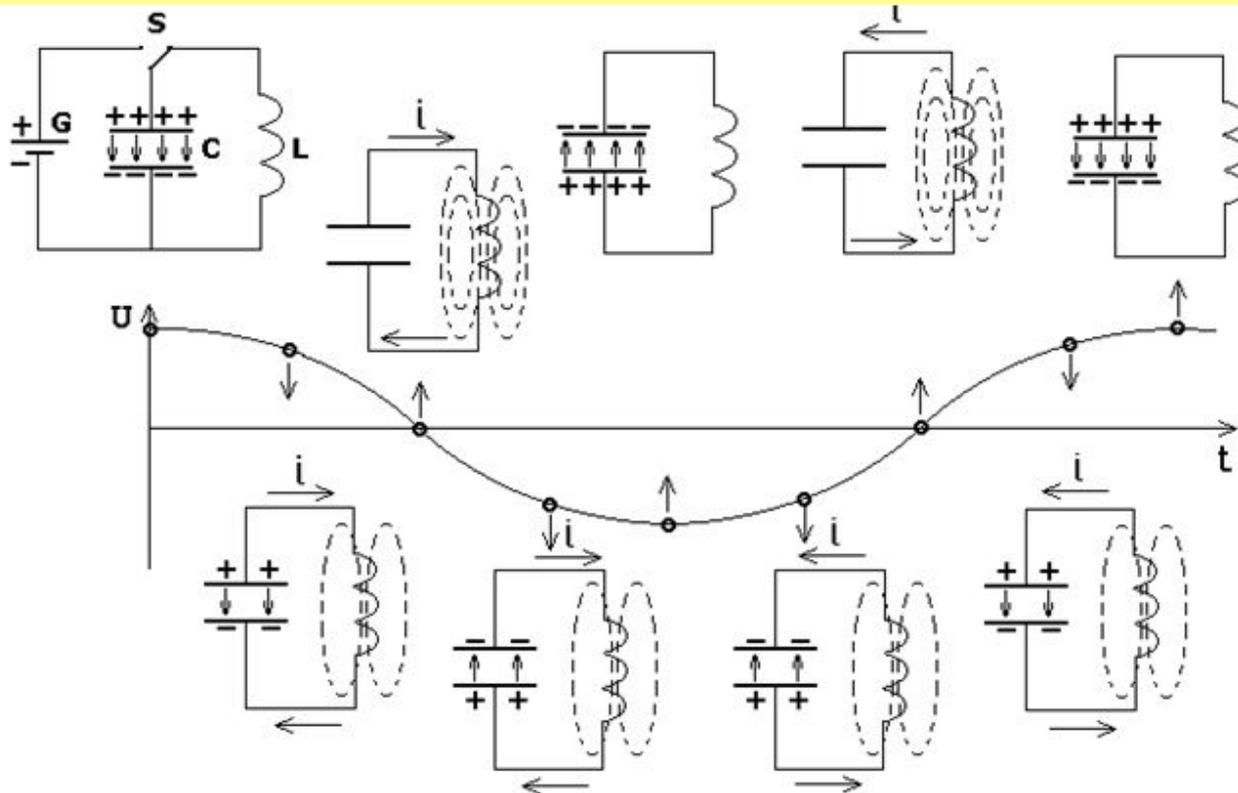


Рис. 9.1. Физические процессы в колебательном контуре

Период и частота собственных колебаний контура определяется формулой Томсона

$$T_0 = 2\pi LC, \text{ [с];}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \text{ [Гц].}$$

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На частоте f_0 , когда сопротивления реактивных элементов равны и их сумма равна нулю, в контуре наступает резонанс.

$$X_L = X_C \quad \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \rho, [\text{Ом}]$$

Волновое сопротивление контура

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}, [\text{Ом}].$$

Сопротивление потерь

$$R = R_{np.} + R_L$$

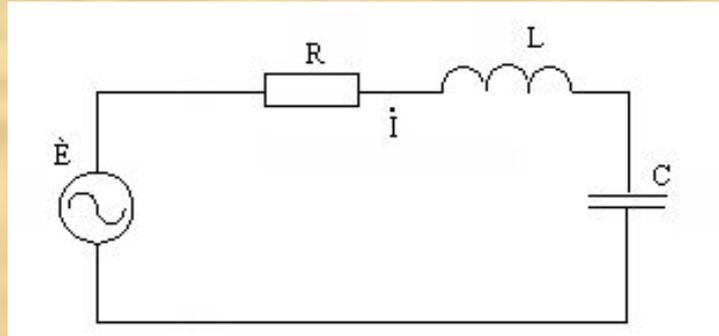
Добротностью называется отношение волнового сопротивления контура к его сопротивлению потерь

$$Q = \frac{\rho}{R}$$

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Последовательным называется контур, элементы которого включены последовательно генератору



Под действием ЭДС источника E по цепи протекает переменный ток. Его амплитуда зависит от сопротивления контура

$$z_k = R + j\omega_e L - j\frac{1}{\omega_e C} = R + j\left(\omega_e L - \frac{1}{\omega_e C}\right)$$

$$Z_k = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$

$$I_m = \frac{U_e}{Z_k}$$

При равенстве частоты генератора частоте собственных колебаний контура $\omega_r = \omega_o$, в контуре возникает резонанс. При этом сопротивление контура минимально и носит только активный характер. Амплитуда тока контура становится максимальной.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

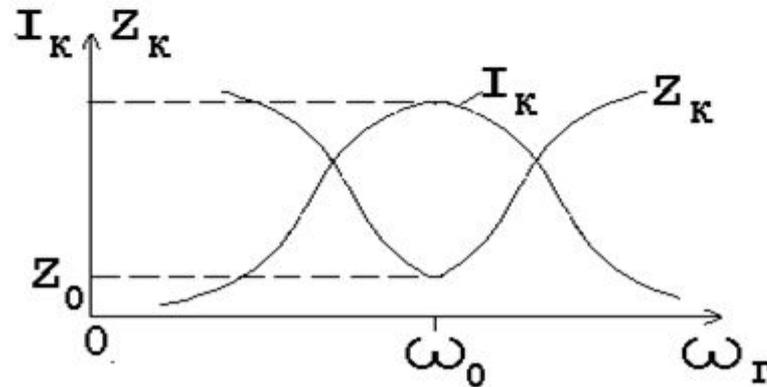


Рис. 9.2. Сопротивление последовательного контура

$$I_{m_0} = \frac{U_z}{Z_{k_0}} = \frac{U_z}{R}$$

Амплитуды напряжений на элементах контура в этом случае будут также максимальны.

$$U_L = I_m X_L \Big| = U_z \frac{\rho}{R} = QU_z$$

$$U_C = I_m X_C \Big| = U_z \frac{\rho}{R} = QU_z$$

Резонанс в последовательном контуре называют резонансом напряжений.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

При изменении частоты генератора относительно резонансной частоты сопротивление контура Z_k увеличивается, при этом ток I_m , а следовательно и напряжения на элементах контура уменьшаются.

Колебательный контур обладает свойством частотной избирательности. Количественно это свойство оценивается полосой пропускания контура.



Полоса частот, в пределах которой колебания в контуре поддерживаются на определенном уровне, называется полосой пропускания.

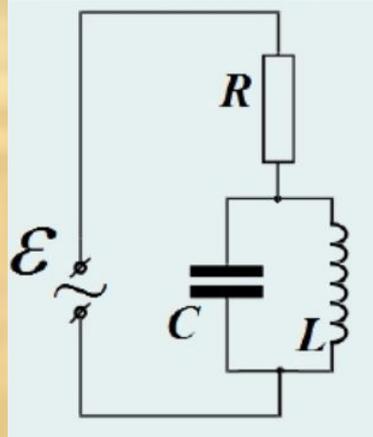
Полоса пропускания численно равна $\Delta f = \frac{f_0}{Q}$

Чем уже полоса пропускания, тем выше частотная избирательность колебательного контура.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Контур называется параллельным, если его элементы подключены к генератору параллельно.



На резонансной частоте сопротивление контура носит активный характер и достигает максимального значения

$$Z_k = \frac{(R + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \approx \frac{\rho^2}{R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

При $\omega = \omega_0$

$$Z_k = Z_{k_0} = \frac{\rho^2}{R}$$

Отсюда следует, что амплитуда напряжения U_m на контуре при резонансе будет максимальна.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Ток в неразветвленной части цепи будет минимален, а токи ветвей контура максимальны

$$I_o = \frac{E}{Z_o}$$
$$I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\rho} \quad I_C = \frac{E}{X_C} = \frac{E}{\rho}$$
$$I_L = QI_o \quad I_C = QI_o$$

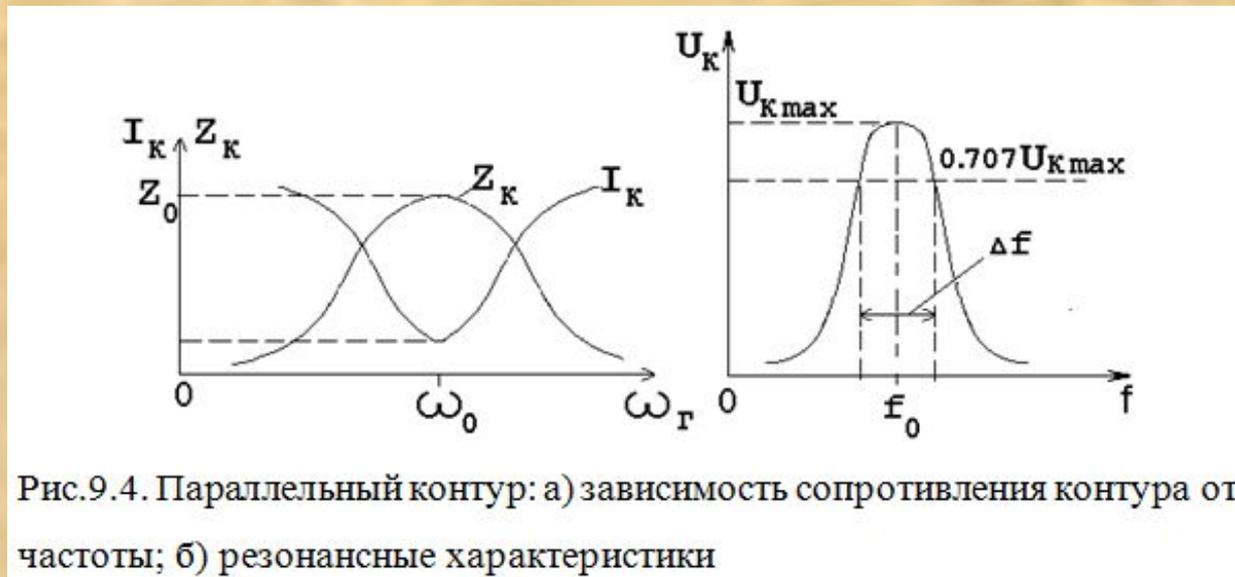


Рис.9.4. Параллельный контур: а) зависимость сопротивления контура от частоты; б) резонансные характеристики

При резонансе амплитуда тока, протекающего в элементах параллельного контура становится максимальной и в Q раз превышает амплитуду протекающего по контуру тока. Поэтому резонанс в параллельном контуре называют резонансом токов.

Тема 9. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

Контуры называются связанными, если колебания в одном из них воздействуют на другой контур и вызывают в нем колебательный процесс. Связь между контурами может быть индуктивной, емкостной и автотрансформаторной

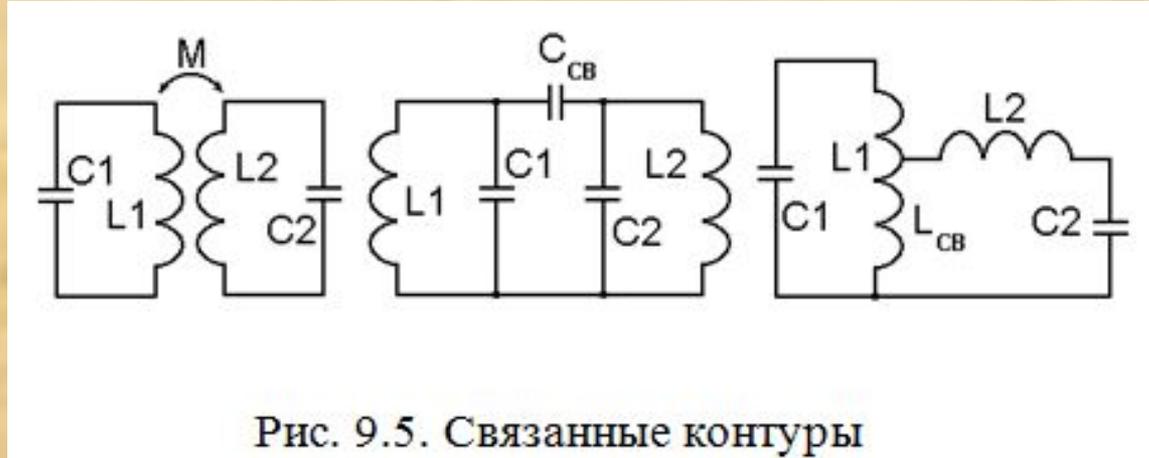


Рис. 9.5. Связанные контуры

Регулируя степень связи, можно изменять форму частотной (резонансной) характеристики связанных контуров, а, тем самым, изменять их частотную избирательность (полосу пропускания), обеспечивая при этом высокий коэффициент прямоугольности.

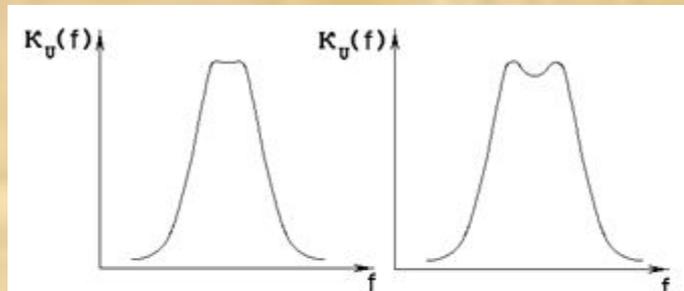


Рис. 9.6. АЧХ связанных контуров

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНТЕНН

Антенна – это устройство для излучения и приема радиоволн. Излучение радиоволн осуществляется посредством передающих антенн, которые преобразуют возбуждаемые в антенне колебания тока высокой частоты в свободные электромагнитные волны.

Переменный электрический ток, проходящий по проводнику, порождает в пространстве переменное магнитное поле H , силовые линии которого замыкаются вокруг проводника в плоскости перпендикулярной этому проводнику.

Согласно закону электромагнитной индукции переменное магнитное поле создает в области, окружающей силовые линии H , переменное электрическое поле E , в том числе и в более удаленных точках.

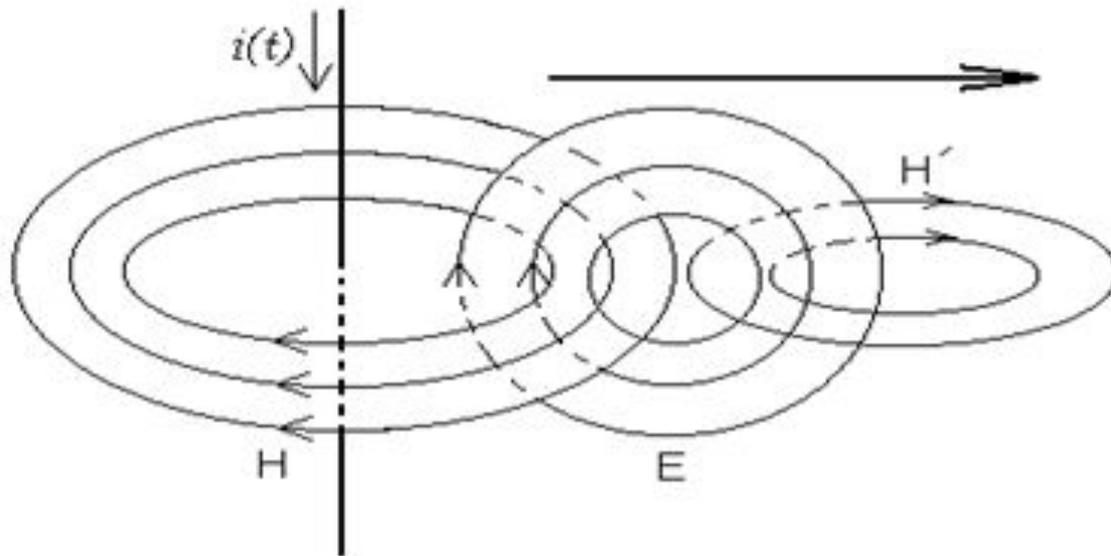
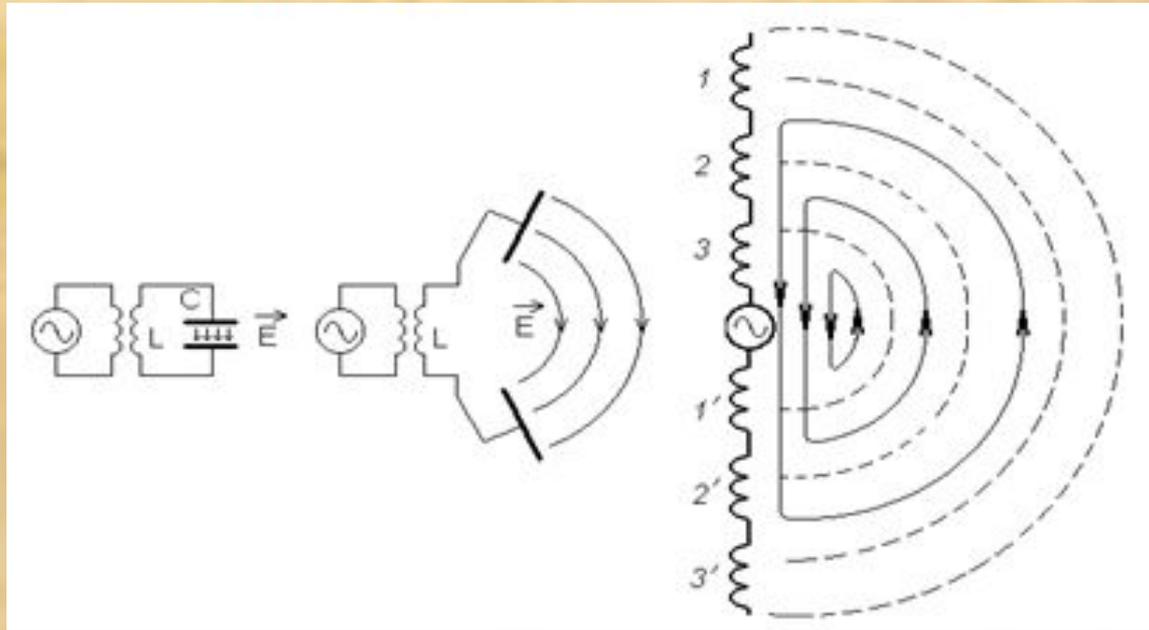


Рис. 10.1. Условная картина излучения электромагнитной волны.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНТЕНН

В общем случае антенна представляет собой колебательный контур открытого типа, к которому можно перейти от замкнутого контура, условно раздвигая пластины конденсатора и одновременно увеличивая их длину для сохранения неизменной собственной частоты контура. В полученных проводниках симметричные участки 1—1', 2—2', 3—3', обладают некоторой индуктивностью L , распределенной вдоль проводов, и некоторой емкостью C между проводами



Поляризация электромагнитных волн, излучаемых рассмотренной антенной будет вертикальной, так как электрическое поле замыкается вдоль оси антенны. Поэтому радиоволны распространяются в направлениях, перпендикулярных оси антенны. Чтобы антенна эффективно излучала электромагнитную энергию, размеры ее должны быть сравнимы с длиной волны. ($l = \lambda/2$)

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Простейшей антенной служит система из двух, разведенных в разные стороны проводников, подключенных к генератору (рис.10.3). Линейная длина проводников составляет $\lambda/2$.

Данная антенна называется симметричным полуволновым вибратором или элементарным диполем. Здесь колебательный контур образован индуктивностью проводов L и межвитковой емкостью C проводов.

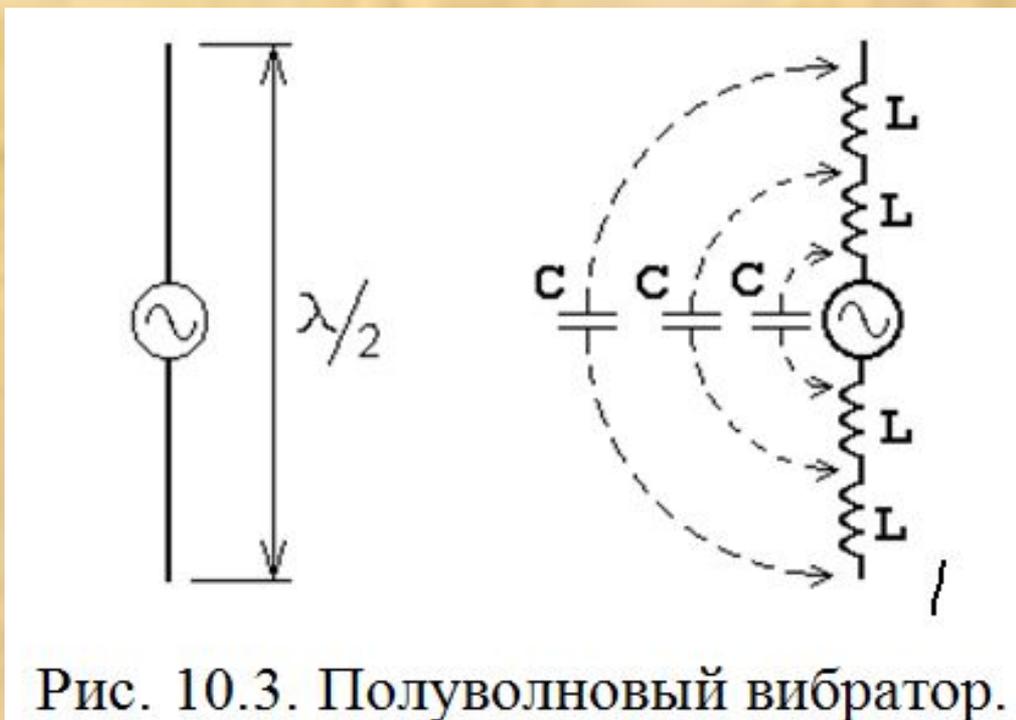


Рис. 10.3. Полуволновый вибратор.

Направленные свойства антенн описывают с помощью диаграммы направленности и ее ширины, коэффициента направленного действия антенны и других параметров.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Диаграмма направленности – это зависимость напряженности (мощности) электромагнитного поля от направления излучения волн. При этом измерение напряженности (мощности) производится в равноудаленных от антенны точках.



Рис. 10.4. Диаграмма направленности полуволнового вибратора:

а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости.

Ширина диаграммы направленности – это угол 2Θ , на границах которого мощность излучения уменьшается в 2 раза (напряженность поля – в $\sqrt{2}$ раз) по сравнению с направлением максимума. Чем уже ширина диаграммы направленности, тем выше направленные свойства антенны

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Для увеличения направленности и создания однонаправленного излучения используются антенны, состоящие из нескольких симметричных полуволновых вибраторов. Поле, создаваемое системой таких вибраторов, является результатом сложения полей, создаваемых отдельными вибраторами с учетом их фазовых сдвигов, определяемых как разностью хода лучей до рассматриваемой точки, так и разностью фаз токов в вибраторах.

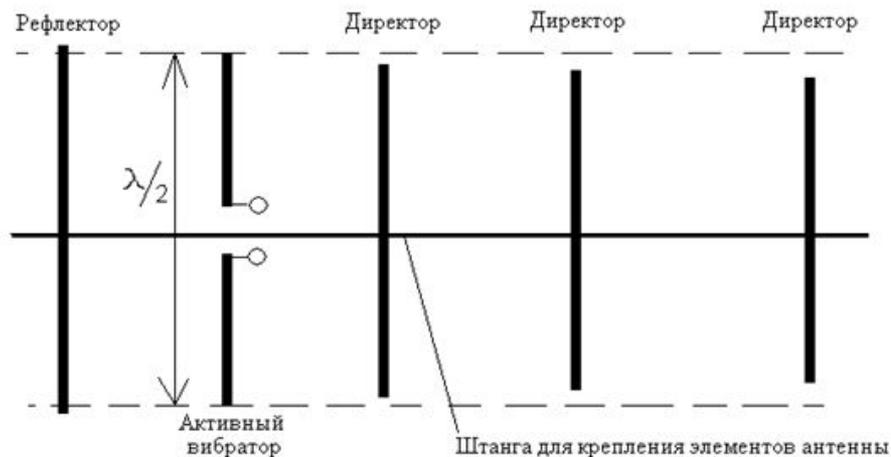


Рис.10.5. Расположение элементов директорной антенны.

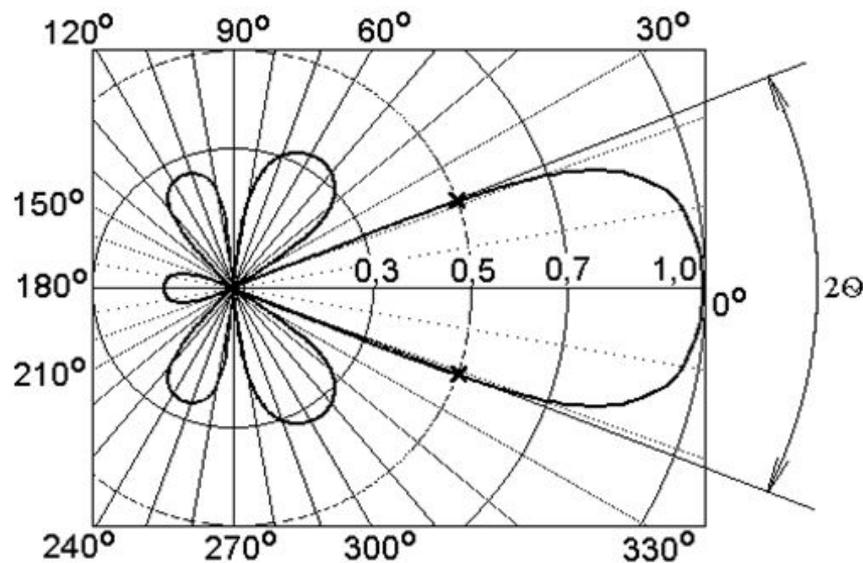


Рис. 10.6. Диаграмма направленности директорной антенны

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Коэффициент направленного действия антенны (КНД) характеризует концентрацию электромагнитной энергии, излученной ею в пространство. Его величина D определяется отношением плотности потока мощности Π_a , создаваемой антенной в выбранной точке пространства, находящейся в направлении максимального излучения, к плотности мощности Π_0 в той же точке, создаваемой воображаемой антенной, излучающей равномерно по всем направлениям (потребляемая мощность обеих антенн одинакова)

$$D = \frac{\Pi_a}{\Pi_0}.$$

КНД показывает во сколько раз необходимо увеличить мощность излучения антенны при переходе от направленной к абсолютно ненаправленной антенне, чтобы сохранить неизменной напряженность поля в выбранной точке приема.

У симметричного полуволнового вибратора КНД антенны в вертикальной плоскости составляет 1,64. Современные остронаправленные антенны в диапазоне коротких волн имеют КНД в пределах 150...250, а в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн его значение может достигать нескольких десятков тысяч.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПАРАМЕТРЫ АНТЕНН

Входное сопротивление антенны — это сопротивление на входных зажимах антенны, которое имеет активную, и реактивную составляющие.

$$Z_{вх} = R_{вх} + X_{вх}$$

Коэффициент полезного действия η

$$\eta = P_{изл.} / P_{п.}$$

Коэффициент усиления антенны G характеризует ее и с точки зрения эффективности преобразования энергии, и с точки зрения ее направленных свойств. Коэффициент G численно равен произведению D на КПД антенны.

Поляризация антенны – направление вектора напряженности электрического поля E волны, излучаемой антенной. Поляризация антенны определяется ориентацией антенны в пространстве. Так, например, вертикально расположенный диполь излучает вертикально-поляризованные волны, а горизонтальный - горизонтально-поляризованные.

Частотная характеристика антенны устанавливает зависимость излучаемой (принимаемой) мощности от частоты сигнала поступающего на антенну.

Диапазон частот (длин волн) принимаемого сигнала, в пределах которого амплитуда наводимых в антенне колебаний не уменьшается ниже заданного уровня, называют полосой пропускания антенны.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА АНТЕНН СРЕДСТВ СВЯЗИ

Фидер – это проводная линия и вспомогательные устройства, с помощью которых высокочастотные колебания от передатчика подводятся к антенне или от антенны к приемнику.

Фидеры должны обеспечивать минимальные потери энергии передаваемого сигнала и не обладать антенным эффектом. Поэтому в радиосвязи, используются коаксиальные кабели, обладающие сравнительно малым затуханием и имеющие металлический экран.



Рис.10.7. Конструкция коаксиального кабеля

Для обеспечения минимума потери энергии производится согласование фидера с антенной. Согласование обеспечено, если волновое сопротивление фидера равно входному сопротивлению антенны. При соблюдении этого условия вдоль фидерной линии будут распространяться только падающие волны напряжения и тока, а отраженные волны будут отсутствовать. Такой режим, установившийся в антенно-фидерном устройстве, называется режимом бегущих волн. При этом в антенну будет поступать наибольшая часть вырабатываемой передатчиком энергии.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА АНТЕНН СРЕДСТВ СВЯЗИ

Для исключения потерь энергии между антенной и фидером включают специальное согласующее устройство, обеспечивающее равенство волнового сопротивления фидера и входного сопротивления антенны. В качестве согласующего устройства применяют четвертьволновые трансформаторы.

Четвертьволновый трансформатор представляет собой отрезок кабеля длиной $\lambda/4$. Сопротивление нагрузки, включенной на конце трансформатора (в данном случае входное сопротивление антенны), трансформируется на его входе в величину

$$R_{вх} = Z_{тр}^2 / R_A$$

где: - $R_{вх}$ – входное сопротивление четвертьволнового трансформатора;
 $Z_{тр}$ – волновое сопротивление отрезка кабеля;
 R_A – активная составляющая входного сопротивления антенны.

Тема 10. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА АНТЕНН СРЕДСТВ СВЯЗИ

Коаксиальные кабели являются несимметричными линиями, а антенна – симметричное устройство. Поэтому в состав фидера включают симметрирующее устройство, которое обеспечивает электрическую симметрию каждой половины вибратора относительно заземленного экрана кабеля.

Для предотвращения ответвления токов на наружную поверхность кабеля используются устройства в виде отрезков коаксиального кабеля. Симметрирующая петля представляет собой отрезок кабеля длиной $\lambda/2$, Центральный проводник петли подключают к вибраторам антенны, а экран соединяют с кабелем питания.

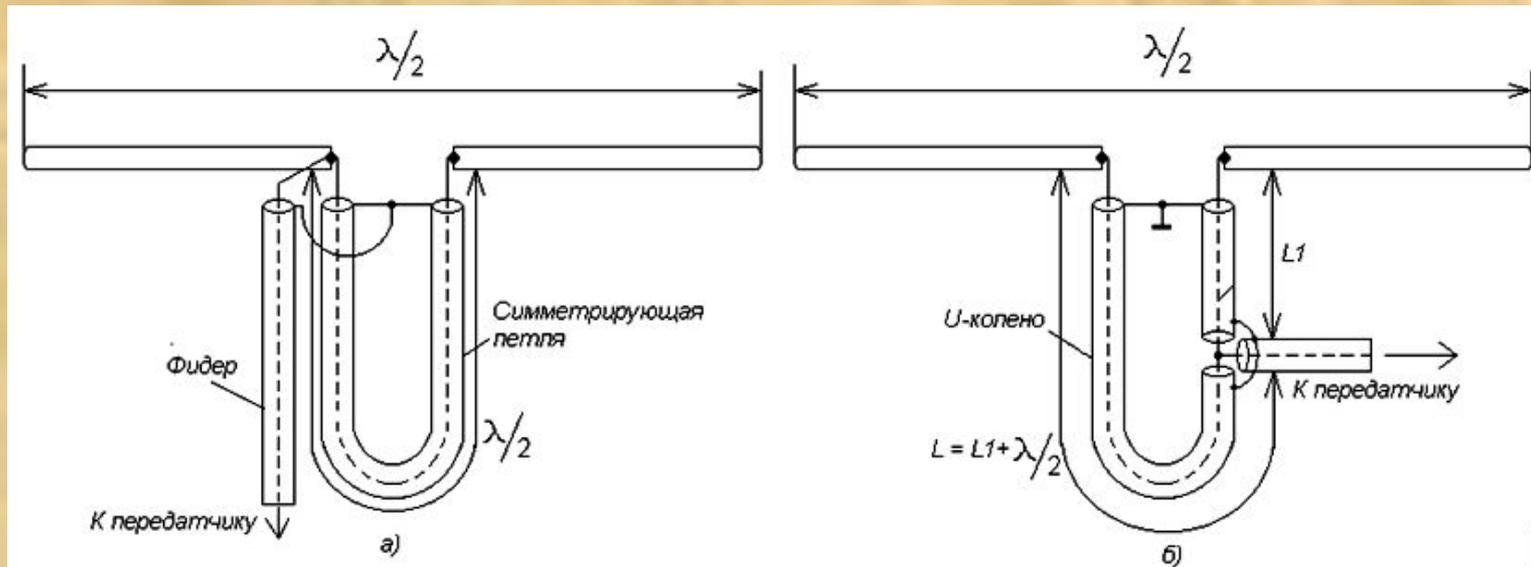


Рис. 10.8. Симметрирующие устройства на отрезках коаксиального кабеля: а) симметрирующая петля; б) симметрирующее «U-колесо».