

Міністерство освіти і науки України  
Державний Університет Телекомунікацій

Кафедра радіотехнологій

## **Лекція 1**

з дисципліни: “Основи телебачення та телевізійні системи”

на тему: “Принципи радіозв’язку”

Доцент Пархоменко В.Л.

Київ-2015

## Содержание

### 1. Принципы радиосвязи

- 1.1 Вступление
- 1.2 Исторический экскурс
- 1.3 Генератор высокой частоты
- 1.4 Радиосвязь
- 1.5 Радиолокация
- 1.6 Радиоволны
- 1.7 Антенны
- 1.8 Применение радиосвязи

#### 1.1 Вступление

Радиосвязь является наиболее распространенным способом передачи информации на расстояние. Телевидение, сотовая телефония, спутниковая связь – все это и многое другое работает на основе передачи сигналов посредством электромагнитных колебаний определенной частоты. Несомненно, она является предметом стратегического значения, и поэтому находится под контролем организаций разного ранга, и в конечном итоге – государственных.

#### 1.2 Исторический экскурс

Джеймс Максвелл в 1860-1865 создал теорию электромагнитного поля (ЭМП), которую он сформулировал в виде системы уравнений, описывающих все основные закономерности электромагнитных явлений:

- 1-е – уравнение выражало электромагнитную индукцию Фарадея;
- 2-е – магнитоэлектрическую индукцию, открытую Максвеллом и основанную на представлениях о токах смещения;
- 3-е – закон сохранения количества электричества;
- 4-е – вихревой характер магнитного поля.

Продолжая развивать эти идеи, Максвелл пришел к выводу, что любые изменения электрического и магнитного полей должны вызывать изменения в силовых линиях, пронизывающих окружающее пространство, т.е. должны существовать импульсы (или волны), распространяющиеся в среде. Скорость распространения этих волн (электромагнитного возмущения) зависит от диэлектрической и магнитной проницаемости среды и равна отношению электромагнитной единицы электричества к электростатической. По данным Максвелла и других исследователей, это отношение составляет примерно 300 000 000 м/с, что очень близко к скорости света, измеренной семью годами ранее французским физиком А. Физо. В октябре 1861 Максвелл сообщил Фарадею о своем открытии: свет - это электромагнитное возмущение, распространяющееся в непроводящей среде, т.е. разновидность электромагнитных волн (ЭМВ). Этот завершающий этап был отражен в работе Максвелла «Динамическая теория электромагнитного поля», а итог его работ по электродинамике подвел знаменитый «Трактат об электричестве и магнетизме» (1873). Таким образом, Максвелл математически обосновал существование ЭМВ.

Генрих Герц в 1888 году экспериментально открыл электромагнитные волны и опубликовал результаты своих работ. В результате экспериментов Герц создал источник электромагнитных волн, названный им «вибратором», который представлял собой так называемый открытый колебательный контур (ОКК).

В обычном колебательном контуре, чтобы уменьшить ёмкость конденсатора, надо увеличивать расстояние между пластинами и уменьшать площадь пластин. Чтобы уменьшить индуктивность катушки, надо уменьшать её число витков. В результате этих преобразований получается просто кусок провода или ОКК.

Суть происходящих в вибраторе явлений коротко заключается в следующем. Индуктор Румкорфа создает на концах своей вторичной обмотки очень высокое, порядка десятков киловольт, напряжение, заряжающее сферы вибратора зарядами противоположных знаков. В определенный момент в искровом промежутке вибратора возникает электрическая искра, делающая сопротивление его воздушного промежутка столь малым, что в вибраторе возникают высокочастотные затухающие колебания, продолжающиеся во все время существования искры. Поскольку вибратор представляет собой открытый колебательный контур, происходит излучение электромагнитных волн в окружающее пространство.

В качестве детектора, или приемника, Герц использовал кольцо с разрывом – искровым промежутком, который можно было регулировать. Диаметр кольца с величины более метра в первых опытах к их концу уменьшился до 7 см.

Приемное кольцо было названо Герцем «резонатором». опыты показали, что изменением геометрии резонатора – размерами, взаимоположением и расстоянием относительно вибратора – можно добиться резонанса между источником ЭМВ и приемником. Наличие резонанса выражалось в возникновении искр в искровом промежутке резонатора в ответ на искру, возникающую в вибраторе. В опытах Герца посылаемая искра была длиной 3-7 мм, а искра в резонаторе – всего несколько десятых долей миллиметра. Увидеть такую искру можно было только в темноте с помощью увеличительного стекла.

После огромной серии трудоемких и чрезвычайно остроумно поставленных опытов с использованием простейших, так сказать, подручных средств Герц достиг цели. Удалось измерить длины волн и рассчитать скорость их распространения. Были доказаны:

- отражение
- преломление
- дифракция
- интерференция
- поляризация
- измерена скорость ЭМВ

После своего доклада 13 декабря 1888 года в Берлинском университете и публикаций 1877 - 78 гг. Герц сделался одним из самых популярных ученых, а электромагнитные волны стали повсеместно именоваться «лучами Герца».

Таким образом, Генрих Герц экспериментально доказал существование ЭМВ.

Александр Степанович Попов с марта 1890 г. неоднократно выступал с лекциями об открытии Герцем ЭМВ и демонстрацией его опытов. В начале 1895 г. создал приемник этих волн, показав возможность регистрации последовательности электрических сигналов на расстоянии без проводов (радиосвязь). 7 мая 1895 г. сделал публичный доклад о результатах исследований в этой области и продемонстрировал

прием коротких и продолжительных сигналов, переданных с помощью вибратора Герца. На основе радиоприемника построил так называемый «грозоотметчик» (с автоматической записью атмосферных разрядов на бумажную ленту) и летом 1895 г. установил его на метеостанции Лесного института в Петербурге. В 1896-1899 гг. продолжал публичные демонстрации и эксперименты по радиосвязи, в том числе с 1897 г. на судах ВМФ. В июле 1899 г. разработал чувствительный телефонный приемник, основанный на детекторном эффекте (открытом его помощниками П.Н.Рыбкиным и Д.С.Троицким), на который получил патенты в России, Англии и Франции. В 1899-1900 гг. руководил созданием первой в мире практической радиолинии между г. Котка и островом Гогланд протяженностью 47 км. Во время опытов беспроводного телеграфирования на судах Балтийского флота, стоящих на Кронштадтском рейде, обнаружил явление отражения от кораблей ЭМВ и указал на возможность его практического использования в радиолокации (подробнее – далее).

Промышленное производство изобретенных им приборов радиотелеграфа началось в 1898 г. фирмой Э. Дюкрете (Париж, Франция), в 1901 г. Кронштадтской радиомастерской, в 1904 г. петербургской фирмой «Сименс и Гальске» (с участием капитала немецкой фирмы «Телефункен»).

В 1945 г. в СССР установлен праздник «День радио», ежегодно отмечаемый 7 мая. Именно А.С. Попов заложил основные принципы радиосвязи и доказал возможность практического применения ЭМВ – радиоволн – для передачи информации.

### **1.3 Генератор высокой частоты**

Как осуществляется связь «по радио»?

Для того чтобы передать информацию по радио нужно создать в пространстве ЭМВ. Для этого, в свою очередь, необходимо некое устройство, которое будет вырабатывать переменный ток высокой частоты. Дело в том, что энергия ЭМВ пропорциональна четвертой степени частоты. Следовательно, чем больше частота, тем мощнее волна, тем на большее расстояние она может распространиться и перенести информацию. Это рассуждение довольно примитивно и не отражает всех особенностей создания, передачи, распространения и приёма электромагнитных ВЧ -колебаний.

Схема Герца создавала свободные, т.е. затухающие колебания, а для передачи сколь-нибудь серьёзной информации надо создать незатухающие колебания. Устройство, генерирующее незатухающие колебания, в физике называется «автогенератор».

Общий принцип действия автогенератора таков: из источника энергия поступает порциями через регулятор в колебательную систему. Величина порции энергии (кванта) такова, что её хватает как раз на то, чтобы скомпенсировать затраты колебательной системы на преодоление сопротивления (трения) за одно колебание. Затем колебательная система через обратную связь посылает сигнал регулятору о том, что надо подать следующий квант энергии. Этот квант поступает в колебательную систему, снова совершается полное колебание с прежней амплитудой, снова подаётся сигнал через обратную связь, снова поступает квант энергии и т.д. Таким образом, колебательная система совершает колебания с постоянной частотой и амплитудой до тех пор, пока не иссякнет энергия источника.

Поскольку для осуществления необходимо создать незатухающие электромагнитные колебания, рассмотрим классические схемы (на уровне средней школы) генераторов ВЧ на вакуумном триоде и транзисторе.

Итак, основой радиопередающего устройства – далее сокращённо «радиопередатчика» - является автогенератор. Генератор вырабатывает незатухающие колебания ВЧ, называемые «несущей» .

Если передатчик излучает незатухающую ЭМВ, то в антенне приёмника электромагнитные колебания будут регистрироваться, но никакой информации при этом нести не будут. Для того, чтобы передавать какие-либо сигналы, речь, музыку, надо менять определённый параметр ВЧ-колебаний, например, амплитуду или частоту. Этот процесс называется модуляцией. Например, телеграфная модуляция состоит в прерывании излучения с помощью ключа, т.е. в посылке коротких (точка) и длинных (тире) сигналов – азбука Морзе.

Посмотрим, каким образом можно реализовать автогенератор на транзисторе. Транзистор последовательно соединяют с колебательным контуром, который и является колебательной системой, при этом эмиттер подключают к «+», а коллектор – к «-» источника питания. Базу транзистора соединяют катушкой связи LCB, которая индуктивно связана с контурной катушкой LK. В этом случае в процессе ЭМК в контуре поступающий на базу потенциал периодически меняет свой знак относительно потенциала эмиттера.

Когда на базу подаётся отрицательный потенциал, транзистор открыт и пропускает ток, который в этот момент совпадает по направлению с током в контуре и усиливает его за счёт энергии источника. Когда ток в контуре меняет направление на обратное, на базу поступает положительный потенциал, транзистор закрывается и прерывает ток. Ток в цепи прекращается и не препятствует перезарядке контурного конденсатора СК.

Таким образом, за счёт периодически поступающих порций энергии от источника в колебательном контуре поддерживаются незатухающие ЭМК.

С помощью ключа Кл можно прерывать этот процесс в соответствии с азбукой Морзе. Для передачи звука нужно подать в генератор ВЧ электрические колебания звуковой частоты так, чтобы при их наложении амплитуда колебаний ВЧ менялась бы в такт звуковым колебаниям или колебаниям НЧ. Этот процесс называется амплитудной модуляцией (АМ).

#### **1.4. Радиосвязь**

Когда-то радио называли «беспроводным телеграфом» или «газетой без бумаги» за то, что информация передавалась от передатчика к приёмнику без посредства какой-либо среды. Итак, каков же принцип работы радиосвязи :

Микрофон передатчика под воздействием звуковых колебаний вырабатывает слабый электрический ток низкой частоты . С УНЧ сигнал поступает в модулятор М. ГВЧ вырабатывает незатухающие колебания ВЧ , которые также поступают в модулятор, где они модулируются по амплитуде колебаниями НЧ и поступают в антенну . Антенна излучает в окружающее пространство ЭМВ, амплитуда которых также модулирована по НЧ. Частота ГВЧ является несущей, она и определяет частоту передающей станции. Итак, радиоволна «запущена» в эфир. Теперь надо её «поймать».

В антенне приёмника радиоволны возбуждают переменные ЭДС индукции разных частот. Для выделения частоты нужной радиостанции применяется входной колебательный контур, который может иметь конденсатор переменной ёмкости или катушку с изменяемой индуктивностью. В любом случае изменение ёмкости или индуктивности приводит к изменению собственной частоты входного контура и, в тот момент, когда эта частота совпадает с несущей частотой радиостанции, наблюдается резонанс. Этот эффект позволяет выделить сигнал какой-то определённой радиостанции среди других. Тем не менее, сигнал остаётся очень слабым и его усиливает

УВЧ приёмника. Детектор выделяет одну половинку амплитудно-модулированного сигнала, сглаживает пульсации, превращая его в низкочастотный сигнал. УНЧ усиливает НЧ-сигнал, а громкоговоритель преобразует усиленный электрический сигнал в звуковые колебания.

Так осуществляется радиосвязь с амплитудной модуляцией.

Существует радиосвязь с частотной модуляцией (ЧМ или FM), когда амплитуда несущей остаётся постоянно, за то меняется её частота.

## 1.5. Радиолокация

Суть радиолокации заключается в следующем - передатчик вырабатывает высокочастотный импульс и с помощью специальной параболической антенны посылает его в направлении объекта, например, самолёта. Радиоволна, достигая объекта, отражается от него во все стороны. Часть отражённой волны, энергия которой очень мала, улавливает приёмная параболическая антенна. Зная время  $t$  между моментом излучения и

моментом приёма сигнала, легко рассчитать  $R$  расстояние до объекта:  $R = \frac{ct}{2}$ , где  $c$  – скорость распространения радиоволны.

Разумеется, это самая примитивная схема радиолокации. В настоящее время анализ принятого сигнала выполняется специализированным компьютером, который определяет не только расстояние, но и скорость, тип объекта, автоматически анализирует «свой-чужой», сравнивает с базой данных и выдает его тактико-технические характеристики и т.д.

## 1.6. Радиоволны

### 1.6.1. Что такое радиоволны

Радиоволны – это электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве со скоростью света (300 000 км/сек).

Радиоволны переносят через пространство энергию, излучаемую генератором электромагнитных колебаний. Электромагнитное излучение характеризуется частотой, длиной волны и мощностью переносимой энергии. Частота ЭМВ показывает, сколько раз в секунду изменяется в излучателе направление электрического тока и, следовательно, сколько раз в секунду изменяется в каждой точке пространства величина электрического и магнитного полей. Измеряется частота в герцах (Гц) – единицах, названных именем великого немецкого ученого Генриха Рудольфа Герца. 1 Гц – это одно колебание в секунду, 1 мегагерц (МГц) – миллион колебаний в секунду. Зная, что скорость движения электромагнитных волн равна скорости света, можно определить расстояние между точками пространства, где электрическое (или магнитное) поле находится в одинаковой фазе. Это расстояние называется длиной волны. Длина волны (в метрах) рассчитывается

по формуле:  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , где  $c$  – скорость света в м/с,  $\nu$  – частота в Гц.

Из формулы видно, что, например,  $\nu=1$  МГц соответствует  $\lambda=300$  м. С увеличением частоты длина волны уменьшается, с уменьшением – наоборот. Электромагнитные волны свободно проходят через воздух или космическое пространство (вакуум). Но если на пути волны встречается металлический провод, антенна или любое другое проводящее тело, то они отдают ему свою энергию, вызывая тем самым в этом проводнике переменный электрический ток. Не вся энергия волны поглощается проводником, часть ее отражается от поверхности. Еще одним полезным свойством электромагнитных волн (впрочем, как и всяких других волн) является их способность огибать тела на своем пути – это явление получило название дифракция. Оно возможно лишь в том случае, когда размеры тела меньше, чем длина волны, или сравнимы с ней.

Энергия, которую несут электромагнитные волны, зависит от мощности генератора (излучателя) и расстояния до него. По-научному это звучит так: поток энергии,

приходящийся на единицу площади, прямо пропорционален мощности излучения и обратно пропорционален квадрату расстояния до излучателя. Это значит, что дальность связи зависит от мощности передатчика, но в гораздо большей степени от расстояния до него. Например, поток энергии электромагнитного излучения Солнца на поверхность Земли достигает 1 киловатта на квадратный метр, а поток энергии средневолновой вещательной радиостанции – всего тысячные и даже миллионные доли ватта на квадратный метр.

### 1.6.2. Распределение спектра

Радиоволны (радиочастоты), используемые в радиотехнике, занимают область, или спектр от 10 000 м (30 кГц) до 0,1 мм (3 000 ГГц). Это только часть обширного спектра ЭМВ. Международными соглашениями весь спектр радиоволн, применяемых в радиосвязи, разбит на диапазоны:

Диапазон частот	Наименование диапазона (сокращенное наименование)	Наименование диапазона волн	Длина волны
3–30 кГц	Очень низкие частоты (ОНЧ)	Мириаметровые	100–10 км
30–300 кГц	Низкие частоты (НЧ)	Километровые	10–1 км
300–3000 кГц	Средние частоты (СЧ)	Гектометровые	1–0,1 км
3–30 МГц	Высокие частоты (ВЧ)	Декаметровые	100–10 м
30–300 МГц	Очень высокие частоты (ОВЧ)	Метровые	10–1 м
300–3000 МГц	Ультра высокие частоты (УВЧ)	Дециметровые	1–0,1 м
3–30 ГГц	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	Сантиметровые	10–1 см
30–300 ГГц	Крайне высокие частоты (КВЧ)	Миллиметровые	10–1 мм
300–3000 ГГц	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	Децимиллиметровые	1–0,1 мм

Но эти диапазоны весьма обширны и, в свою очередь, разбиты на участки, куда входят так называемые радиовещательные и телевизионные диапазоны, диапазоны для наземной и авиационной, космической и морской связи, для передачи данных и медицины, для радиолокации и радионавигации и т.д. Каждой радиослужбе выделен свой участок диапазона или фиксированные частоты.

### 1.6.3. Как распространяются радиоволны

Радиоволны излучаются через антенну в пространство и распространяются в виде энергии ЭМП. И хотя природа радиоволн одинакова, их способность к распространению сильно зависит от длины волны.

Земля для радиоволн представляет проводник электричества (хотя и не очень хороший). Проходя над поверхностью земли, радиоволны постепенно ослабевают. Это связано с тем, что электромагнитные волны возбуждают в поверхности земли электротоки, на что и тратится часть энергии. Т.е. энергия поглощается землей, причем тем больше, чем короче длина волны (выше частота). Кроме того, энергия волны ослабевает еще и потому, что излучение распространяется во все стороны пространства и, следовательно, чем дальше от передатчика находится приемник, тем меньшее количество энергии приходится на

единицу площади и тем меньше ее попадает в антенну.

Передачи длинноволновых (ДВ) вещательных станций можно принимать на расстоянии до нескольких тысяч километров, причем уровень сигнала уменьшается плавно, без скачков. Средневолновые (СВ) станции слышны в пределах тысячи километров. Что же касается коротких волн (КВ), то их энергия резко убывает по мере удаления от передатчика. Этим объясняется тот факт, что на заре развития радио для связи в основном применялись волны от 1 до 30 км. Волны короче 100 метров вообще считались непригодными для дальней связи. На рис. 24 показано прохождение коротких и длинных радиоволн в атмосфере Земли.

Однако дальнейшие исследования коротких и ультракоротких волн (УКВ) показали, что они быстро затухают, когда идут у поверхности Земли. При направлении излучения вверх, короткие волны возвращаются обратно.

Еще в 1902 английский математик Оливер Хевисайд и американский инженер-электрик Артур Эдвин Кеннелли практически одновременно предсказали, что над Землей существует ионизированный слой воздуха – естественное зеркало, отражающее электромагнитные волны. Этот слой был назван ионосферой. Ионосфера Земли должна была позволить увеличить дальность распространения радиоволн на расстояния, превышающие прямую видимость. Экспериментально это предположение было доказано в 1923 году. Радиочастотные импульсы передавались вертикально вверх, и принимались вернувшиеся сигналы. Измерения времени между посылкой и приемом импульсов позволили определить высоту и количество слоев отражения. Отразившись от ионосферы, короткие волны возвращаются к Земле, оставив под собой сотни километров «мертвой зоны». Пропутешествовав к ионосфере и обратно, волна не «успокаивается», а отражается от поверхности Земли и вновь устремляется к ионосфере, где опять отражается и т. д. Так, многократно отражаясь, радиоволна может несколько раз обогнуть земной шар.

Установлено, что высота отражения зависит в первую очередь от длины волны. Чем короче волна, тем на большей высоте происходит ее отражение и, следовательно, больше «мертвая зона». Эта зависимость верна лишь для коротковолновой части спектра (примерно до 25–30 МГц). Для более коротких волн ионосфера прозрачна. Волны пронизывают ее насквозь и уходят в космическое пространство.

Отражение зависит не только от частоты, но и от времени суток. Это связано с тем, что ионосфера ионизируется солнечным излучением и с наступлением темноты постепенно теряет свою отражательную способность. Степень ионизации также зависит от солнечной активности, которая меняется в течение года и из года в год по семилетнему циклу. Радиоволны УКВ диапазона по свойствам в большей степени напоминают световые лучи. Они практически не отражаются от ионосферы, очень незначительно огибают земную поверхность и распространяются в пределах прямой видимости. Поэтому дальность действия ультракоротких волн невелика. Но в этом есть определенное преимущество для радиосвязи. Поскольку в диапазоне УКВ

волны распространяются в пределах прямой видимости, то можно располагать радиостанции на расстоянии 150–200 км друг от друга без взаимного влияния. А это позволяет многократно использовать одну и ту же частоту соседним станциям.

Свойства радиоволн диапазонов ДЦВ и 800 МГц еще более близки к световым лучам и потому обладают еще одним интересным и важным свойством. Вспомним, как устроен фонарик. Свет от лампочки, расположенной в фокусе рефлектора, собирается в узкий пучок лучей, который можно послать в любом направлении. Примерно то же самое можно проделать и с высокочастотными радиоволнами. Можно их собирать зеркалами-антеннами и посылать узкими пучками. Для низкочастотных волн такую антенну построить невозможно, так как слишком велики были бы ее размеры (диаметр зеркала должен быть намного больше, чем длина волны). Возможность направленного излучения волн позволяет повысить эффективность системы связи.



Связано это с тем, что узкий луч обеспечивает меньшее рассеивание энергии в побочных направлениях, что позволяет применять менее мощные передатчики для достижения заданной дальности связи. Направленное излучение создает меньше помех другим системам связи, находящихся не в створе луча.

При приеме радиоволн также могут использоваться достоинства направленного излучения. Например, многие знакомы с параболическими спутниковыми антеннами, фокусирующими излучение спутникового передатчика в точку, где установлен приемный датчик. Применение направленных приемных антенн в радиоастрономии позволило сделать множество фундаментальных научных открытий.

Необходимо отметить, что с уменьшением длины волны возрастает их затухание и поглощение в атмосфере. В частности, на распространение волн короче 1 см начинают влиять такие явления как туман, дождь, облака, которые могут стать серьезной помехой, сильно ограничивающей дальность связи.

Таким образом, мы выяснили, что волны радиодиапазона обладают различными свойствами распространения, и каждый участок этого диапазона применяется там, где лучше всего могут быть использованы его преимущества.

## **1.7. Антенны**

Антенна — устройство, предназначенное для излучения или приёма радиоволн.

Антенны в зависимости от назначения подразделяются на приёмные, передающие и приёмопередающие. Антенна в режиме передачи преобразует энергию поступающего от радиопередатчика электромагнитного колебания в распространяющуюся в пространстве электромагнитную волну. Антенна в режиме приёма преобразует энергию падающей на антенну электромагнитной волны в электромагнитное колебание, поступающее в радиоприёмник. Таким образом, антенна является преобразователем подводимого к ней по линии питания электромагнитного колебания (переменного электрического тока, канализированной в волноводе электромагнитной волны) в электромагнитное излучение и наоборот.

Первые антенны были созданы в 1888 году Генрихом Герцем в ходе его экспериментов по доказательству существования электромагнитной волны (Вибратор Герца).[3] Форма, размеры и конструкция созданных впоследствии антенн чрезвычайно разнообразны и зависят от рабочей длины волны и назначения антенны.

Упрощённо принцип действия антенны состоит в следующем. Как правило, конструкция антенны содержит металлические (токопроводящие) элементы, соединённые электрически (непосредственно или через питающую линию — фидер) с радиопередатчиком или с радиоприёмником. В режиме передачи переменный электрический ток, создаваемый источником (например, радиопередатчиком), протекающий по токопроводящим элементам такой антенны, в соответствии с законом Ампера порождает в пространстве вокруг себя переменное магнитное поле. Это меняющееся во времени магнитное поле, в свою очередь, не только воздействует на породивший его электрический ток в соответствии с законом Фарадея, но и создаёт вокруг себя меняющееся во времени электрическое поле. Это переменное электрическое поле создаёт вокруг себя переменное магнитное поле и так далее — возникает взаимосвязанное переменное электромагнитное поле, образующее электромагнитную волну, распространяющуюся от антенны в пространство.

Тип конструкции антенны зависит от длины волн, на которых она должна работать. Чтобы эффективно излучать энергию, антенна должна иметь размеры, близкие к длине рабочей волны. Поэтому на низких частотах, использовавшихся в свое время для трансатлантической радиотелеграфной и радиотелефонной связи (частоты от 16 до 70 кГц, т.е. волны длиной от 19 до 4,3 км), огромная система антенных проводов общей протяженностью до 2 км представляла собой электрически короткую антенну и оказывалась, следовательно, неэффективным излучателем. Если такая антенна должна была иметь заметную направленность, то ее эффективность получалась очень низкой. Напротив, на сверхвысоких частотах (СВЧ) использование полуволнового симметричного вибратора длиной менее 1 см и отполированного металлического рефлектора диаметром всего лишь несколько сантиметров позволяет весьма эффективно фокусировать излучение такого вибратора в узкий луч.

Основные характеристики:

- характеристика направленности
- диаграмма направленности (ДН)
- ширина ДН по заданному уровню
- уровень боковых лепестков (УБЛ)
- коэффициент рассеяния
- фазовая диаграмма
- поляризационная диаграмма
- коэффициент направленного действия (КНД)
- коэффициент усиления (КУ)
- Коэффициент использования поверхности (КИП) апертуры антенны
- эффективная площадь рассеяния (ЭПР) антенны

Основные типы антенн

- Симметричный вибратор (диполь)
- Несимметричный вибратор
- Укороченная штыревая антенна
- Турникетная антенна
- Директорная антенна
- Щелевая антенна
- Рупорная антенна
- Зеркальная антенна
- Спутниковая антенна

## **1.8. Применение радиосвязи**

В наш технический век радиосвязь так глубоко проникла в повседневную жизнь, что многие люди не только не понимают, но даже не пытаются задумываться над тем, откуда что берётся, как и почему оно работает.

Приведу несколько примеров.

### **1.8.1. Мобильная связь**

Абсолютное большинство современных людей не мыслят своей жизни без мобильного телефона. Но редко кто из них догадывается о том, что мобильный телефон – это аппарат, совмещающий в себе функции приёмника и передатчика, а мобильная связь осуществляется с помощью тех же обыкновенных РАДИОВОЛН.

### **1.8.2. Радиотелефонная связь**

Там, где используют рации – различные приёмопередающие устройства (полиция, скорая помощь, МЧС и т.п.), связь также осуществляется с помощью радиоволн.

**1.8.3. Приём телевизионных сигналов** с помощью антенн, которые устанавливаются на крышах домов, постепенно уходит в прошлое. Тем не менее, те же самые радиоволны переносят изображение

**1.8.4. Спутниковое телевидение, телефонная связь, Интернет** – всё это существует, благодаря радиоволнам, которые излучаются передатчиком, ретранслируются спутником и достигают приёмника.

**1.8.5. Беспроводные мышь, клавиатура и гарнитура** также содержат миниатюрные приёмопередатчики, работающие в радиоволновом диапазоне.

**1.8.6. GPS, ГЛОНАСС** – глобальные системы позиционирования, с помощью которых можно определить не только своё место положения, но и многое другое – работают также в радиоволновом диапазоне.

**1.8.7. Bluetooth, Wi-Fi, беспроводные компьютерные сети** – это также передатчики и приёмники радиоволн.

**1.8.8. Различные радиоуправляемые модели** обязательно имеют блок управления (передатчик) и приёмник в самой модели.

## Список літератури

### 1.Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок , 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа , 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок , 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов , Г.Л. Глоріозов . Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок , 1989.
5. А.В. Виходець , В.І. Коваленко , М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення ; - М. : Радіо та зв'язок , 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок , 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок , 1988.
8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
- 10.Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
- 11.Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
- 12.Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1989.
- 13.Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1990.
- 14.Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
- 15.Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
- 16.Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
- 17.Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображения», 1988
- 18.Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
- 19.Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
- 20.Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйссенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
- 21.Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
- 22.Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001

- 23.Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
- 24.Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
- 25.Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»
- 26.Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
- 27.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014
- 28.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2 Радіопередавальні пристрої, 2014
- 29.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3 Радиоприймніе устройства, 2014
- 30.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4 Физические основы телевидения, 2014
- 31.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5 Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
- 32.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6 Формирование телевизионного сигнала, 2014
- 33.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7 Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
- 34.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8 Особенности построения телевизионных систем, 2014
- 35.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9 Сети телевизионного вещания, 2014

## **2.Додаткова**

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачьев Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачьев Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеєв М.І.Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.

7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.
8. Прийом телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Сєдов – Київ 1990.
10. В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.