



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«АМУРСКИЙ ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГОУ ВПО «АмППГУ»)

Факультет технологии и дизайна  
Кафедра общетехнических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ:  
Председатель УМС  
\_\_\_\_\_ А.Г. Никитин  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2008г.

**РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине: «Радиотехника»

по специальности 050502 «Технология и предпринимательство»

Факультет технологии и дизайна

Часть 2

Комсомольск-на-Амуре, 2008г.

РАЗРАБОТАНО

Составители рабочей учебной программы:  
к.т.н, доцент кафедры «ОТД»  
СОГЛАСОВАНО

Г.В. Оглоблин

Первый проректор

А.Г. Никитин

Учебно-методическое управление  
Начальник

В.Е. Бутрим

Декан факультета  
технологии и дизайна

С.Н. Веклич

Отдел менеджмента качества  
Начальник

Е.Г. Саливон

Учебная программа утверждена на заседании кафедры общетехнических дисциплин

Протокол № 20 «17» июня 2008 г

Зав. кафедрой ОТД

Г.В. Оглоблин

Одобрено научно-методическим советом по специальности 050502 «Технология и предпринимательство» факультета технологии и дизайна

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2008 г.

Председатель научно-методического  
совета по специальности  
«Технология и предпринимательство»

В.Ф. Иваненко

Учебная программа дисциплины составлена на основании ГОС ВПО специальности 050502 «Технология и предпринимательство» рекомендаций УМО вузов России и учебного плана ФГОУ ВПО «АмГПГУ».

### 3. Рабочая программа

#### 3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины распределяется по основным видам учебной работы и семестрам в соответствии с рабочим учебным планом, утвержденным ученым советом АмГПУ., следующим образом.

Для очного отделения

№ пп	Виды учебной работы	Всего, часов	в т.ч. по семестрам
			6
	Общая трудоемкость дисциплины	114	114
1.	Аудиторные занятия	64	64
1.1.	Лекции	32	32
1.2.	Лабораторные занятия	32	32
1.3.	Практические занятия	-	-
2.	Самостоятельная работа студентов	50	50
2.1.	Конспект	25	25
2.2.	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям и блочно-модульным зачетам	17	17
3.	Промежуточная аттестация	8	8
3.1.	Экзамен		+

Для заочного отделения

№ пп	Виды учебной работы	Всего, часов	в т.ч. по семестрам
			6
	Общая трудоемкость дисциплины	114	114
1.	Аудиторные занятия	18	18
1.1.	Лекции	10	10
1.2.	Лабораторные занятия	8	8
1.3.	Практические занятия	-	-
2.	Самостоятельная работа студентов	96	96
2.1.	Конспект	50	50
2.2.	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям и блочно-модульным зачетам	46	46
3.	Итоговый контроль		
3.1.	Экзамен		+

Раздел 2.2.1. Введение.

Радиотехника и научно – технический прогресс. Этапы развития радиотехники. Основные понятия. Курс радиотехники и его место в системе подготовки учителей технологии.

Раздел. 2.2.2.. *Передача и приём информации*

Распространение электромагнитных волн. Информационный обмен. Структурная схема канала связи. Необходимость модуляции. Управляющий сигнал и его спектр. Амплитудная, частотная, импульсная, фазовая модуляция. Преобразование сигнала в

канале связи. Характеристики канала связи. Согласование канала связи и сигнала. Структурная схема передатчика и приёмника.

### Раздел 2.2.3. Преобразование сигнала

Линейное и нелинейное преобразование сигнала. RC- цепи, их амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики; применение в качестве фильтров. RLC – цепи (контра). Полоса пропускания, добротность, резонансная частота. Модуляция и детектирование. Структурная схема модулятора и детектора. Усилительный каскад на транзисторе. Роль электронного прибора, нагрузочного элемента, источника питания, цепей смещения. Нагрузочная характеристика. Рабочая точка. Основные схемы каскада на электронной лампе, биполярном транзисторе, полевом транзисторе. Основные методы расчёта каскада.

### Раздел 2.2.4. Элементы радиоэлектронных устройств.

Пассивные элементы электронных устройств. Основные параметры резисторов. Постоянные, переменные, подстроечные, проволочные, непроволочные резисторы. Обозначения резисторов. Полупроводниковые резисторы. Конденсаторы и их классификация. Индуктивности.

Свойства p-n переходов. Полупроводниковые приборы. Диод. Биполярный транзистор, полевой транзистор, тиристоры их характеристики. Система обозначений. Интегральные микросхемы. Классификация интегральных микросхем. Система обозначений. Индикаторные приборы: электронно-лучевые, газоразрядные, полупроводниковые, жидкокристаллические, вакуумно-люминесцентные, Система обозначений. Фотоэлектрические: фоторезисторы, фотодиоды, электровакуумные фотоэлементы, оптоэлектронные, фотоумножители, Система обозначений.

### Раздел. 2.2.5. Усилители.

Усилители с резистивно-емкостной связью. Обратная связь в усилителях. Классификация усилителей. Широкополосные и узкополосные усилители. Усилители напряжения. Усилители мощности. Однотактные, двухтактные, бестрансформаторные усилители. Усилители с непосредственной связью (УПТ). Операционный усилитель.

### Раздел.2.2.6. Генераторы.

Структурная схема генератора как усилителя с обратной положительной связью. Условия самовозбуждения: баланс фаз и баланс амплитуд. Мягкий и жёсткий режим возбуждения. Классификация генераторов. Узкополосные LC-генераторы. Узкополосные RC-генераторы. Стабилизация частот. Широкополосные RC – генераторы – мультивибраторы. Широкополосные LC- генераторы – блокинг = генераторы. Релаксационные генераторы.

### Раздел.2.2.7 Элементы импульсной и вычислительной техники.

Общая характеристика импульсных устройств. Параметры импульсных сигналов. Электронные ключи и простейшие формирователи импульсных сигналов. Логические элементы. Триггеры. Цифровые счётчики импульсов. Регистры. Дешифраторы. Мультиплексоры. Компараторы и триггеры Шмидта. Цифроаналоговый и аналого-цифровой преобразователь. Микропроцессор и микро-ЭВМ.

### Раздел 2.2.8. Телемеханика

Основные понятия о телемеханике. Область применения. Дистанционное переключение. Дистанционное управление. Дистанционное измерение, Промышленное телевидение.

Дистанционное управление моделями. Дистанционное наведение модели. Дистанционное регулирование. Методы передачи команд: электрические, оптические, акустические; по проводам, с помощью электромагнитных и акустических волн. Способы кодирования команд: временной, комбинированный, частотный и широтный код. Декодирование, Структурная схема многоканальной аппаратуры дистанционного управления. Полосы частот электромагнитных волн, разрешённые для дистанционного управления моделями в странах мира.

#### Раздел 2.2.9. Электронные устройства в школе.

Общая характеристика школьного электронного оборудования: усилителей звуковой частоты, генератора звуковых сигналов, электронного осциллографа, счётчика-секундомера, генератора ультразвуковых колебаний, генератора СВЧ, интерактивных досок. Школьный радиоузел. Школьный телецентр. Устройства записи и воспроизведения звука и изображения.

### 2.3. Лабораторный практикум.

Работы проводятся в индивидуальной форме т.е. за стендом закреплена одна тема. Последующие стенды не повторяют её. В соответствии с правилами по технике безопасности за одним стендом работают только два человека. Отчёт о проделанной работе представляется к защите каждым студентом. Формы и требования к оформлению отчёта представлены в методических рекомендациях по лабораторным работам. Перечень лабораторных работ на новый учебный год утверждается на кафедре в зависимости от материального обеспечения курса.

#### Примерный перечень лабораторных работ

1. Изучение радиоизмерительной аппаратуры.
2. Исследование резонансных фильтров.
- 3.
4. Исследование свойств колебательных контуров.
5. Исследование фильтров нижних частот.
6. Исследование фильтров верхних частот.
7. Исследование усилителя постоянного тока.
8. Насыщенный автоколебательный мультивибратор.
9. Исследование двухтактного выходного каскада транзисторного усилителя.
10. Исследование каскада предварительного усиления на транзисторе.
11. Исследование полосы пропускания усилителя низкой частоты типа УНЧ-5.
12. Снятие характеристик полупроводникового диода.
13. Снятие характеристик и определение параметров транзистора по схеме с общим базой.
14. Снятие вольт-амперной характеристики полупроводникового диода.
15. Исследование терморезистора типа ТМТ - М

#### График выполнения лабораторных работ

п/№	Тема лабораторной работы	Недели семестра															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Изучение радиоизмерительной	*	защита														



	характеристики полупроводникового диода.																		
15	Исследование терморезистора типа ТМТ - М																*	<b>за щ ит а</b>	

Отчёт по лабораторной работе выполняется в соответствии с формой, которая вывешивается в уголке студента.

### 2.3. Рекомендуемая литература

#### Основная:

1. Гершензон Е.М., Полянина Г.Д., Соина Н.В., Радиотехника.- М., Просвещение, 1986 г.
2. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения / Под ред. В.И. Винокурова 2-е изд. Перераб. И доп. – М. Высшая школа, 1986.

3. Гершенский Б.С., Ранский, Лабораторный практикум по основам электронной и полупроводниковой техники. – М. Высшая школа, 1979.

#### Дополнительная:

1. Батушев В.А. Электронные приборы.- М.: Высшая школа, 1980.
2. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники. Учебное пособие для неэлектрических специальностей, 3 –изд.-М.: Высшая школа, 1998, 752 с.
3. Оглоблин Г.В.. Конструирование измерительной аппаратуры: Учебное пособие.- Комсомольск на Амуре: изд. КнаАГПУ 2001-55с
5. Оглоблин Г.В. Опыты со звуковыми и электромагнитными волнами: Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: изд. КнаАГПУ, 2001 г.- 92 с.
6. Оглоблин Г.В. Датчики Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: изд. КнаАГПУ, 2002 г.- 70 с.

**Журналы:** Сборник нормативно-методических материалов по «Технологии» Марченко А.В. Сасова И.А., Гуревич М.И. М. Вентана-Графф. 2002. – 224 с.

#### Литература для самостоятельного изучения

- Генис А.А., Гориштейн И.Л., Пугач А.Б. Приборы тлеющего разряда. Техника 1970, с. 404.
- Дж. Альтман. Устройства СВЧ. Мир. М. 1968.с.487.
- Рудольф Кюн. Микроволновые антенны. Судостроение. Ленинград .1967.с.517.
- Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: изд.КнаАГПУ, 2001 г.- 92 с.

Элементы радиоэлектронных устройств  
**3.3. Тематика лекций**

Тематика лекционного материала.

№ пп	Наименование раздела	Продолж., часов	Модуль
1.	Введение	2	
2.	<p>Передача и приём информации</p> <p><i>Лекция 1. Связь. Спектральное представление сигнала. Временное представление сигнала. Основные характеристики сигнала связи. Модуляция. Кодирование. Оптимальное кодирование..... Пропускная способность канала. Помехи радиосвязи Способы увеличения помехоустойчивости связи</i></p> <p><i>Лекция2.Радиоволны. Шкала радиоволн. Частота. Длина волны . Волновое сопротивление. Диапазон. Фронт радиоволны. Поляризация радиоволны. Фазовая скорость. Скорость распространения радиосигнала. Отражение радиоволн. Состав атмосферы. Строение атмосферы Земли. Структура и свойства ионосферы. Физические основы распространения радиоволн.</i></p>	4	1



3.	<p style="text-align: center;"><b>Преобразование сигнала</b></p> <p>Лекция 3  <i>Антенно –фидерное устройство. Типы антенн. Основные характеристики антенных устройств .Согласование антенных устройств с фидерной линией.</i></p> <p>Лекция 4  <i>Радиотехнические цепи. Линейные, нелинейные цепи. Методы анализа линейных цепей. Колебательный контур. Последовательный, параллельный. Полоса пропускания колебательного контура. Связанные контуры. Настройка связанных контуров. Четырёхполюсники. Фильтры. Переходные процессы в радиотехнических цепях. Двухпроводные однородные линии. Неоднородные линии. Фидеры. Волноводы.</i></p> <p><b>Лекция 5.</b> Линейное и нелинейное преобразование сигнала. RC- цепи, их амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики; применение в качестве фильтров. RLC – цепи (контур). Полоса пропускания, добротность, резонансная частота. Модуляция и детектирование. Структурная схема модулятора и детектора. Усилительный каскад на транзисторе. Роль электронного прибора, нагрузочного элемента, источника питания, цепей смещения. Нагрузочная характеристика. Рабочая точка. Основные схемы каскада на электронной лампе, биполярном транзисторе, полевом транзисторе. Основные методы расчёта каскада</p>	6	2
----	---	---	---

4.	<p>Элементы радиоэлектронных устройств  <b>Лекция 6.</b>  Пассивные элементы электронных устройств. Основные параметры резисторов. Постоянные, переменные, подстроечные, проволочные, непроволочные резисторы. Обозначения резисторов. Полупроводниковые резисторы. Конденсаторы и их классификация.  Индуктивности  Лекция 7. Свойства р-п переходов.  Полупроводниковые приборы. Диод.  Биполярный транзистор, полевой транзистор, тиристоры их характеристики. Система обозначений. Интегральные микросхемы. Классификация интегральных микросхем. Система обозначений. Индикаторные приборы: электронно-лучевые, газоразрядные, полупроводниковые, жидкокристаллические, вакуумно-люминесцентные, Система обозначений. Фотоэлектрические: фоторезисторы, фотодиоды, электровакуумные фотоэлементы, оптоэлектронные, фотоумножители, Система обозначений</p>	4	
5.	<p>Усилители.  <b>Лекция 8</b> Усилители с резистивно-емкостной связью. Обратная связь в усилителях. Классификация усилителей. Широкополосные и узкополосные усилители. Усилители напряжения  <b>Лекция 9.</b> Усилители мощности. Однотактные, двухтактные, бестрансформаторные усилители. Усилители с непосредственной связью (УПТ). Операционный усилитель</p>	4	
6.	<p>Генераторы  <b>Лекция 10.</b> Структурная схема генератора как усилителя с обратной положительной связью. Условия самовозбуждения: баланс фаз и баланс амплитуд. Мягкий и жёсткий режим возбуждения. Классификация генераторов.  <b>Лекция 11.</b> Узкополосные LC-генераторы. Узкополосные RC-генераторы. Стабилизация частот. Широкополосные RC – генераторы – мультивибраторы. Широкополосные LC-генераторы – блокинг = генераторы. Релаксационные генераторы.</p>	4	

7.	<p>Элементы импульсной и вычислительной технике.</p> <p><b>Лекция 12.</b> Общая характеристика импульсных устройств. Параметры импульсных сигналов. Электронные ключи и простейшие формирователи импульсных сигналов. Логические элементы. Триггеры..</p> <p><b>Лекция13</b> Цифровые счётчики импульсов. Регистры. Дешифраторы. Мультиплексоры. Компораторы и триггеры Шмидта. Цифроаналоговый и аналого-цифровой преобразователь. Микропроцессор и микро-ЭВМ.</p>	4	
8.	<p>Телемеханика</p> <p><b>Лекция 14</b> Основные понятия о телемеханике. Область применения. Дистанционное переключение. Дистанционное управление. Дистанционное измерение, Промышленное телевидение.</p> <p>Дистанционное управление моделями. Дистанционное наведение модели. Дистанционное регулирование. Методы передачи команд: электрические, оптические, акустические; по проводам, с помощью электромагнитных и акустических волн. Способы кодирования команд: временной, комбинированный, частотный и широтный код. Декодирование, Структурная схема многоканальной аппаратуры дистанционного управления. Полосы частот электромагнитных волн, разрешённые для дистанционного управления моделями в странах мира.</p>	2	3
9.	<p>Электронные устройства в школе</p> <p><b>Лекция 15</b> Общая характеристика школьного электронного оборудования: усилителей звуковой частоты, генератора звуковых сигналов, электронного осциллографа, счётчика-секундомера, генератора ультразвуковых колебаний, генератора СВЧ, интерактивных досок. Школьный радиоузел. Школьный телецентр. Устройства записи и воспроизведения звука и изображения.</p>	2	
	Итого	32	

## Введение

Линия связи по проводам была предложена в России П. Л. Шиллингом в 1828 г. Он использовал код: разные буквы передавались комбинацией импульсов тока по проводам. Прием осуществлялся по комбинациям отклонения магнитных стрелок в разные стороны в зависимости от полярности тока. Он использовал только восемь проводов (а позже даже два). П. Л. Шиллинг был знаком с А. С. Пушкиным, и, по мнению некоторых исследователей, именно под влиянием его работ были сочинены известные строки, начинающиеся словами: «О сколько нам открытий чудных готовит просвещения дух».

Однако подлинную революцию в деле электросвязи по проводам произвели русский ученый Б. С. Якоби и американец С. Морзе (вовсе не профессионал-инженер, а известный в свое время художник), создавшие независимо друг от друга пишущий телеграф. С. Морзе изобрел используемый и ныне код («азбуку Морзе») и применил ключ для замыкания тока при передаче. В приемнике был использован электромагнит, прижимавший перо к ленте, которая двигалась от пружинного механизма.

Морзе в 1835 г. был в России и, по рассказам очевидцев, «расстроился», увидев сходство русских аппаратов со своим изобретением.

Первая в США действующая линия связи Вашингтон — Балтимор длиной 63 км была построена в 1844 г. Линия для связи Петербурга с Царским Селом протяженностью в 25 км вошла в строй в 1843 г.

В 1850 г. Б. С. Якоби создал первый буквопечатающий аппарат, усовершенствованный в 1855 г. американским изобретателем Д. Юзом. В нем комбинации импульсов тока («кодовые комбинации») управляли поворотом типового колеса, на окружности которого были расположены литеры, с которых печатался текст телеграмм на прижатую к ним бумажную ленту.

За телеграфом последовал проводной телефон. Принцип телефонной трубки был предложен профессором физиологии органов речи и физики Бостонского университета А. Г. Бел-лом в 1876 г., а в 1877 г. им был получен патент на микрофон. Уже в 1878 г. компания «Белл телефон» открыла первую в мире телефонную станцию с коммутатором.

Дело «телефона по проводам», а затем и видеотелефона начало лавинообразно развиваться. Однако его будущий конкурент и возможный победитель уже созрел в умах блестящих ученых. Близилось время М. Фарадея и Д. К. Максвелла.

68

Хотя радиотехника появилась как техника связи (телеграфной или телефонной), но вскоре были обнаружены другие области ее применения. Возможность использования радиосигналов для определения местоположения отражающих объектов (кораблей, самолетов) высказал еще А. С. Попов, наблюдая ослабление сигналов при радиосвязи между двумя кораблями, когда трассу радиосигналов пересекал третий корабль. Основателями отечественной радиолокации явились Ю. К. Коровин, П. К. Ощепков, Б. К. Шембель, Ю. Б. Кобзарев, ныне академик.

Исторически первым способом ориентирования с помощью радиоволн была радионавигация, а именно радиопеленгация. Сначала пеленгационная аппаратура незначительно отличалась от связной. Пеленгационные станции располагались на Земле в известных точках. Будучи оснащенными устройствами остронаправленного приема (рамочными антеннами, гониометрами), эти станции по запросу определяли положение объекта по двум направлениям приема сигналов корабля или самолета.

Ясно, что пара наземных пеленгаторов могла одновременно обслуживать лишь один корабль или самолет. Позднее был изобретен метод зональных радиомаяков, состоящих из четырех антенн, включаемых поочередно на передачу сигналов. Питание антенн осуществлялось так, чтобы создать разные диаграммы направленности для каждой пары антенн. В результате характер сигналов позволял определить направление, по которому они исходят. С помощью двух таких маяков большое число самолетов одновременно могли ориентироваться в пространстве. В дальнейшем системы радиопеленгации были значительно усовершенствованы и на их основе построены «автопилоты», системы «слепой» посадки самолетов в тумане и многие другие устройства.

Значительный вклад в эту область радиотехники, как и в развитие теории нелинейных преобразований колебаний, внес академик А. И. Берг.

Уже в 1888 г. А. С. Попов мечтает изобрести такой прибор, который бы заменил электромагнитное «чувство». Проведя большое количество опытов совместно со своим помощником П. Н. Рыбкиным, А. С. Попов построил первый в мире радиоприемник, который продемонстрировал на заседании Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. При этом он использовал усовершенствованный им же когерер

(«сцепливатель») французского исследователя Э. Бранли и англичанина О. Лоджа — стеклянную трубку с металлическим порошком, который слипался под действием электрических разрядов и начинал проводить ток.

Приемник Попова содержал все основные части радиоприемника: антенну, колебательную цепь, детектор, регистрирующее устройство. Гениальной догадкой явилось использование обратной связи — автоматического механического встряхивания когерера с целью восстановления его чувствительности к появлению поля. 24 марта 1896 г. А. С. Попов, по воспоминаниям очевидцев, впервые в истории продемонстрировал передачу электрическими сигналами без проводов текста, состоящего из двух слов («Генрих Герц») на расстояние всего 250 м. В 1899 г. дальность действия приемника была доведена до 45 км. В 1900 г. радиосвязь впервые была использована на практике при снятии с камней у острова Гогланд броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» и при спасении рыбаков, унесенных в море. В 1901 г. дальность связи достигла 150 км.

На Международной выставке 1900 г. в Париже приемник Попова был удостоен Большой золотой медали. В 1901 г. А. С. Попов был назначен профессором Электротехнического института, а в 1905 г. был выбран его директором. В 1906 г. А. С. Попов должен был стать президентом Русского физико-химического общества, на котором 10 лет назад он выступал с историческим сообщением. Но он умер 1 января 1906 г.

Однако рождение радиосвязи не обошлось без курьезов. Изобретение А. С. Попова, к сожалению, запатентовано не было, а в середине 1897 г. английский патент (свидетельство) на «способ сигнализации на расстоянии» получил итальянец Г. Маркони. Будучи сам человеком далеко не бедным, Маркони склонил английских предпринимателей и банкиров к созданию компании по использованию его изобретения. Миллионные средства компании Маркони позволили обогнать Россию по размаху дела и дальности радиосвязи. Маркони, развив огромную организаторскую деятельность, много раз путешествовал из Европы в Америку. Как не вспомнить, что на первом ходатайстве А. С. Попова о выделении денег на опыты морской министр написал, что на «такую химеру» денег отпускать не разрешает\*.

А. С. Попов умер от кровоизлияния в мозг после «беседы» с директором департамента полиции, которому не нравилось многое в деятельности А. С. Попова, в частности его отношение к «студенческим беспорядкам», имевшим место в 1905 г.

Царское правительство России не сумело оценить величие изобретения своего соотечественника А. С. Попова, и на «химеру» по-прежнему отпускали мало денег. Первые образцы радиостанций, основанных на изобретении Попова, были изготовлены в России, однако затем их заказывали во Франции. А. С. Попов к 1902 г. имел в Кронштадте небольшую мастерскую по изготовлению радиостанций. В 1903 г. Морское министерство, решив, наконец, радиофицировать русские корабли, заключило соглашение с немецкой фирмой «Телефункен». Лишь в 1913 г. был организован радиотелеграфный завод с радиолабораторией под руководством М. В. Шулейкина, а в 1914 г. в Москве и Петрограде были построены первые искровые радиостанции. Позднее они появились в Николаеве, Ташкенте, Чите и других городах.

## 1. Теория передачи информации.

*Связь. Спектральное представление сигнала. Временное представление сигнала. Основные характеристики сигнала связи. Модуляция. Кодирование. Оптимальное кодирование..... Пропускная способность канала. Помехи радиосвязи Способы увеличения помехоустойчивости связи.*

### 1. Связь

Передача сообщения от отправителя к получателю называется **связью**. Связь может осуществляться операторами или техническими устройствами, причём форма передачи сообщения может быть дискретной или непрерывной. Различают форму сообщения и вид связи (таблица 1-1).

Таблица 1- 1

Форма сообщений	Вид связи
Текст	Телеграфия
Неподвижное изображение	Фототелеграфия
Звук	Телефония, радиовещание

Движущееся изображение	Телевидение
Команды управления	Линии управления, радиолнии управления
Результаты измерения физических величин	Телеметрия, радиотелеметрия

Передаваемое сообщение проходит определённое преобразование в **сигнал**, который отображает в себе данное сообщение с помощью электронного устройства, получившее название **передатчика**.

Первичный сигнал может подвергаться нескольким преобразованиям, пока не приобретёт нужную форму для распространения по линии связи в заданных условиях. Далее сигнал поступает в линию связи и распространяется до **приёмника**, в котором происходит обратное преобразование сигнала в сообщение. Передатчик, приёмник и линия связи образуют **систему связи** (рис.1).

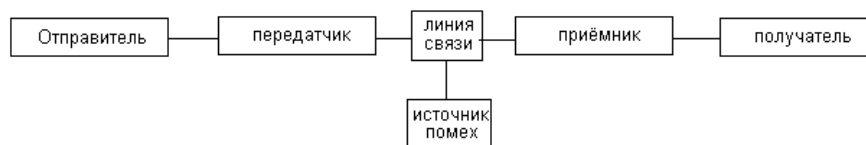


Рис.1-1. Схема связи

Система связи может быть одноканальной и многоканальной в пределах одной линии связи. Под **каналом** связи подразумевают передатчик, приёмник и часть линии связи используемая одним отправителем. Правила обработки сигнала и его передача должны быть известны получателю только в этом случае сообщение дойдёт до адресата, кроме того при распространении сигнала по линии связи на него действуют **помехи** обусловленные различными факторами, которые могут изменить сообщение. Чем меньше помехи тем выше **качество связи**. Для решения данных проблем используют операции кодирования и модуляции.

**Кодирование** – это преобразование сообщения в сигнал с помощью комбинации элементарных сигналов, например: посылка, пауза – код Бодо; точка, тире, пауза – код Морзе и т.д. Различают равномерный код (код Бодо) и неравномерный код (код Морзе). Число элементов образующих кодовую группу называют **значимостью кода**. Кодирование позволяет представить различные сообщения (цвет, звук, буквы, события, команды и т.д.) в определённой стандартной форме, например в форме последовательности двоичных символов.

**Модуляция** – отображение сообщения в некотором физическом процессе. Для передачи сообщения на большие расстояния как правило используют тот или иной физический процесс, называемый **переносчиком**. Как правило в качестве переносчика используется электромагнитное поле. Сущность модуляции в данном случае заключается в том, что один из параметров переносчика испытывает приращение от передаваемого сообщения. В результате чего сообщение отображается в изменениях параметра переносчика и в таком виде сигнал доставляется получателю на любое расстояние. После приёма сигнала сообщение извлекается из него с помощью обратных операций – демодуляции (детектирования) и декодирования.

Значение операций модуляции и кодирования заключается в том, что эти операции позволяют передавать сообщения на дальние расстояния, наделяют сигнал помехоустойчивостью, и независимостью от других сигналов.

Опыт1: *Линию связи можно продемонстрировать на установке, где в качестве передатчика используется генератор электромагнитных волн с длиной волны 3 см и приёмник электромагнитных волн. Для постановки опыта нам необходимо источник питания типа ВУП-2, генератор и приёмник из школьного СВЧ набора, школьный осциллограф. Собираем схему установки согласно рис.1-2.*

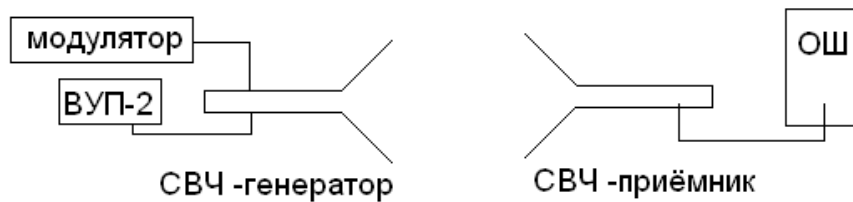


Рис.1-2. Схема опыта линии связи

## 2.Спектральное представление сигнала

В основе спектрального представления сигнала лежат преобразования Фурье. В спектральном представлении внимание переносится с временных зависимостей сигнала на частотный состав, т.е. сигнал представляется не функцией времени, а функцией частоты (и фазы). Совокупность простых гармонических колебаний, на которые может быть разложен данный сложный сигнал, называется спектром сигнала, спектр сигнала может быть представлен графически в виде кривых, выражающих зависимость амплитуды (фазы) спектральных гармонических составляющих от их частоты.

Периодический сигнал может быть представлен суммой синусоид (гармоник) с кратными частотами и поэтому его спектр состоит из одиночных линий. Одиночный короткий сигнал (импульс) имеет сплошной спектр, состоящий из бесконечно близких по частоте синусоид с бесконечно малыми амплитудами; поэтому на графике откладывают не амплитуду спектральных составляющих, а спектральную плотность амплитуды.

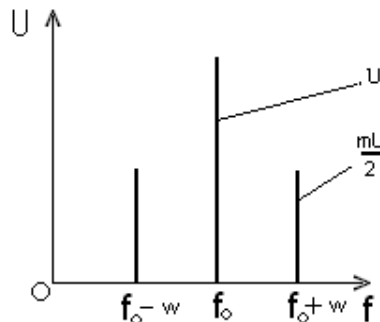


Рис. 3. Представлен спектр амплитудно - модулированного сигнала, где  $f_0$  – несущая частота, и две её боковые частоты.

## 3.Основные характеристики сигнала и канала связи.

Это:

**длительность сигнала - T;**

**ширина спектра сигнала – F;**

**превышение сигнала над помехой – N.**

Если считать, что  $P_c$  – средняя мощность сигнала;

$P_p$  – средняя мощность помехи, то N можно рассчитать по формуле:

$$N = \log P_c / P_p ,$$

а произведение TFN называют объёмом сигнала или динамическим диапазоном V.

$$V = TFN.$$

В свою очередь канал связи можно охарактеризовать;

**временем действия  $T_k$  ;**

**полосой пропускания  $F_k$  ;**

**динамическим диапазоном или диапазоном уровней  $N_k$ ,**

где

$$H_k = \log P_{\text{макс}} / P_{\text{мин}}$$

но, если

$$V_k = T_k F_k H_k$$

то мы найдём ёмкость канала связи.

Таким образом для передачи сигнала необходимо, чтобы объём сигнала не выходил за рамки характеристик канала связи. Наглядно, это можно представить в виде графической модели рис. 4.

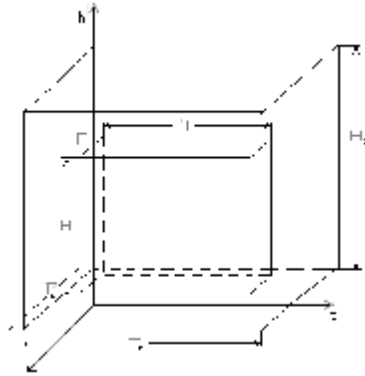


Рис.4 Геометрическая модель канала связи

Данная модель работает в том случае, если ёмкость канала связи  $V_k > V$  объёма сигнала или они равны. При условии, что характеристики сигнала не выходят за границы характеристик канала связи. Если это условие не соблюдается, а объём сигнала не превышает ёмкость канала связи то передача также возможна, но лишь при согласовании сигнала с каналом связи, которое заключается в преобразовании основных характеристик сигнала. Эти преобразования можно представить в виде геометрических образов:

**Задержка** (рис.5). На время  $t_0$  можно задержать сигнал путём его записи и дальнейшего воспроизведения.  $T, F, H$  – неизменны.

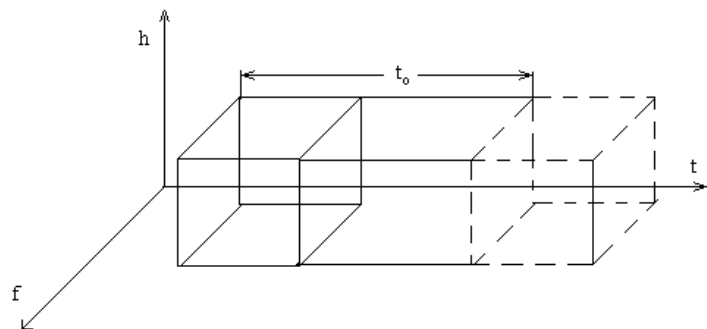


Рис.5.Задержка.

**Модуляция** (рис 6), **преобразование частоты, детектирование**. Весь спектр частот переносится в новый частотный диапазон.  $T, F, H$  – неизменны.



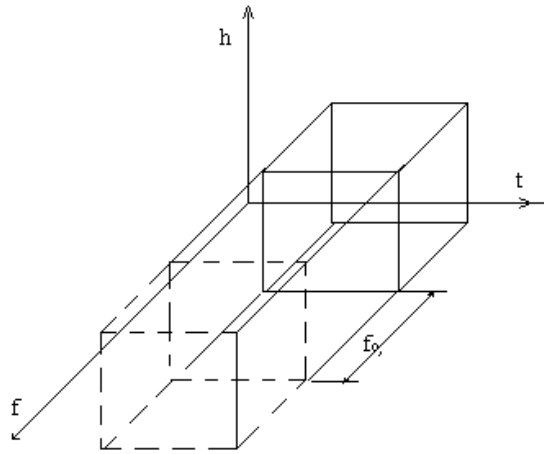


Рис.6. Модуляция, детектирование, преобразование частоты.

**Усиление, ослабление.** Мощность сигнала и помехи увеличиваются (уменьшаются) в несколько раз. При этом  $H, T, F$ - неизменны.

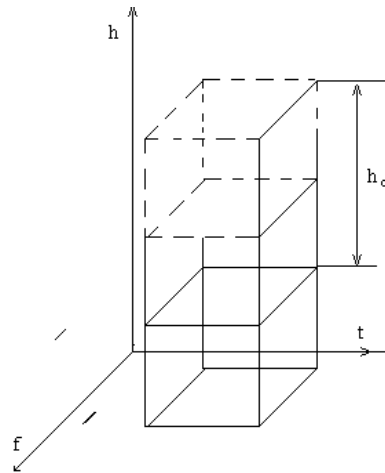


Рис.7 Усиление.

**Запись и воспроизведение сигнала с различными скоростями** (рис.8).  $T, F, H$  – неизменны. Сигнал записывается со скоростью  $v$  и воспроизводится со скоростью  $v^1 = av$ . При этом длительность сигнала  $T$  сокращается в  $a$  раз, а ширина спектра  $F$  увеличивается в  $a$  раз.

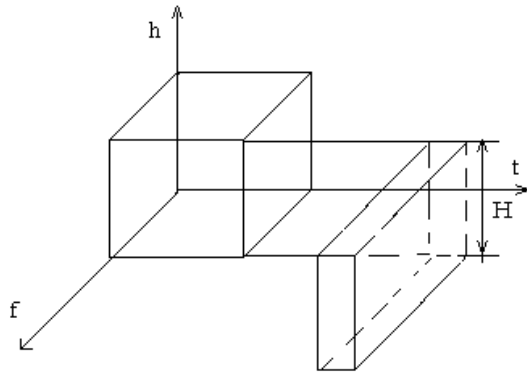


Рис.8. Запись и воспроизведение с различными скоростями.

**Накапливание** (рис. 9). Сигнал  $n$  раз повторяется на передающем конце, и напряжение его суммируется (накапливается) на приёмном. длительность сигнала при этом увеличивается в  $n$  раз, а превышение сигнала над помехой на передающем конце может быть сокращено, так как при накоплении на приёмном конце оно снова будет восстановлено. Ширина спектра остаётся неизменной.

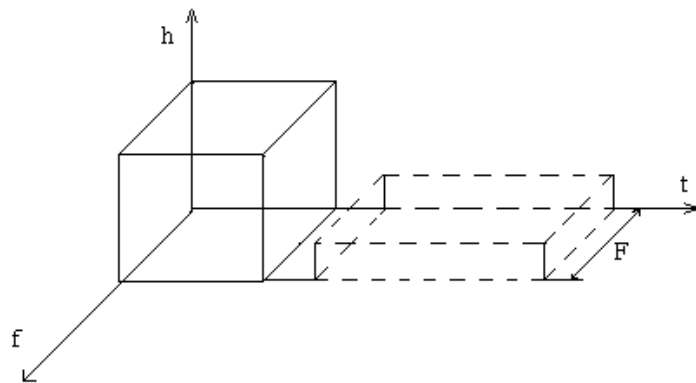


Рис. 9 . Накопление.

**Кодирование.**(Рис 10). Смена кода приводит к изменению числа импульсов, необходимых для передачи сигнала той же длительности. Это изменяет длительность или ширину спектра сигнала, но позволяет выбрать иное превышение сигнала над помехой вследствие иной помехоустойчивости нового кода.

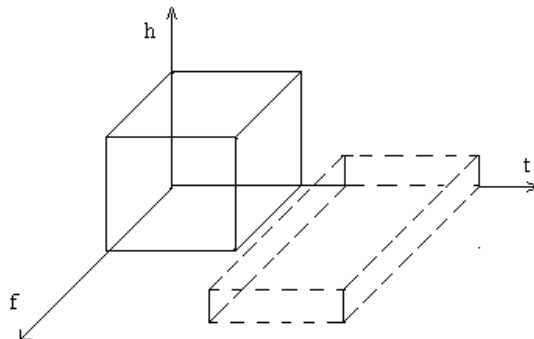


Рис.10. Кодирование.

*Модуляцией* называется процесс управления каким –либо параметром переносчика для отображения передаваемого сообщения в изменениях параметра переносчика.

Параметр управления переносчика, называют- информативным параметром. Именно он и определяет название вида модуляции. Например, в телеграфии используют постоянный ток в качестве переносчика, а он имеет два параметра – силу тока и направление тока, следовательно возможны два вида модуляции.

Четыре вида модуляции при использовании периодической последовательности импульсов, имеющих амплитуду, длительность, частоту, фазу:

- амплитудно – импульсная модуляция (АИМ);
- модуляция импульсов по длительности (ДИМ);
- частотно-импульсная модуляция (ЧИМ);
- Фазово – импульсная модуляция (ФИМ).

При использовании в качестве переносчика высокочастотных колебаний, имеющих три параметра – амплитуду, частоту, фазу, различают три вида модуляции:

- амплитудную модуляцию (АМ);
- частотную модуляцию (ЧМ);
- Фазовую модуляцию (ФМ).

Полагая, что напряжение высокочастотных колебаний (переносчика) изменяется по закону:

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

а первичный сигнал (модулирующий) по закону  $x \text{ макс}(t) = 1$  (считая эту функцию нормированной к единице). Для случая АМ заменим постоянную амплитуду  $U_m$  переносчика на переменную  $U_m + \Delta U x(t)$ , имеем

$$U_{AM} = [U_m + \Delta U x(t)] \cos \omega t = U_m [U_m + m x(t)] \cos \omega t,$$

где  $m = \Delta U / U_m$  – коэффициент модуляции, пропорциональный интенсивности модулирующего сигнала.

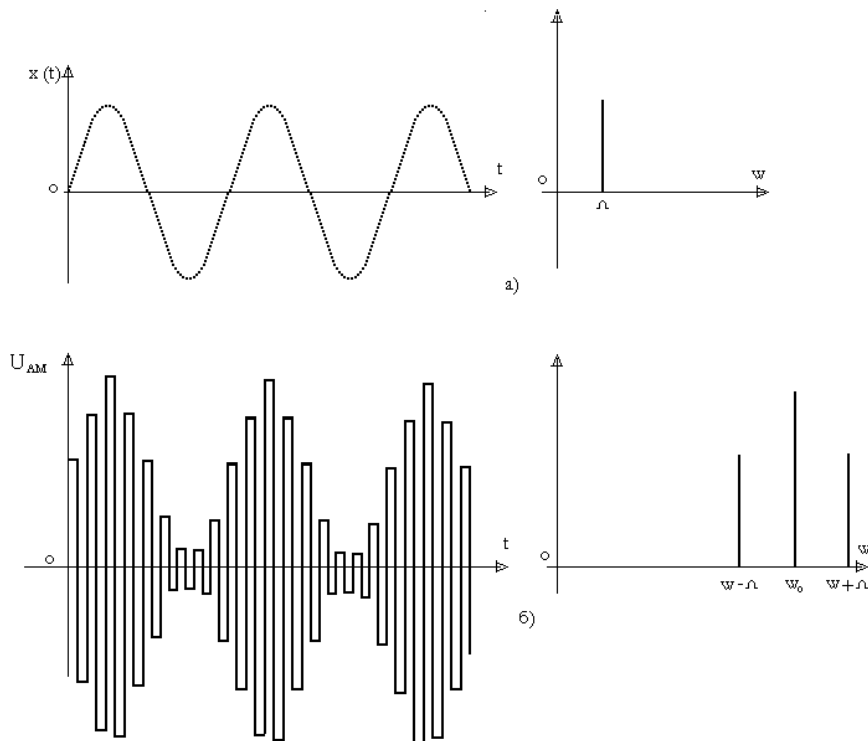


Рис. 11. Амплитудная модуляция одним тоном в спектральном (справа) и временном (слева) представлениях.  
а) модулирующий сигнал; б) модулированное колебание.

Для случая фазовой модуляции в выражении

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

необходимо постоянную фазу  $\varphi_0$  переносчика заменить на переменную

$$\varphi_0 + \Delta\varphi(x(t))$$

тогда

$$U_{\text{фм}} = U_m \cos[\omega t + \varphi_0 + \Delta\varphi(x(t))], \text{ где}$$

$\Delta\varphi$  – индекс фазовой модуляции пропорциональный интенсивности модулирующего сигнала.

При частотной модуляции необходимо постоянную частоту  $\omega_0$  в выражении

$$u = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

заменить на переменную  $\omega_0 + \Delta\omega(x(t))$  в данном случае лучше исходить из более общего выражения для переносчика, а именно

$$u = U_0 \cos\theta,$$

где  $\theta$  – обобщенная фаза, которая связана с частотой

$$\omega = d\theta / dt,$$

или для частотной модуляции обобщенная фаза

$$\theta = \int \omega dt = \int [\omega_0 + \Delta\omega(x(t))] dt = \omega_0 t + \Delta\omega \int x(t) dt,$$

следовательно,

$$u_{\text{чм}} = U_m \cos[\omega_0 t + \Delta\omega X(t)],$$

$\Delta\omega$  = частотное отклонение пропорциональное интенсивности модулирующего сигнала

$$X(t) = \int x(t) dt$$

**Кодирование** – это передача сигнала с помощью комбинации простых элементов, например – цифр, электрических импульсов различной длительности, знаков, штрихов и т.д.

При этом сообщение отображается определённой последовательностью простых элементов характерных только для данного сообщения, что позволяет на приёмном пункте однозначно восстановить передаваемое сообщение. Обратное преобразование сообщения называется **декодированием**.

Наиболее просто осуществляется кодирование дискретных сообщений, составленных из конечного числа отдельных знаков алфавита – чётко отличающихся друг от друга возможных значений сообщения, которые можно расположить в определённом порядке и пронумеровать.

Число  $m$  значений кода можно выбрать равным числу знаков алфавита. При этом каждый знак алфавита передаётся одним элементом кода, а общее число  $n$  всех элементов в сигнале равно числу передаваемых знаков (телеграмма). Такой способ кодирования энергетически невыгоден. Полезный сигнал энергетически должен значительно превышать помехи примерно в  $4m^2$  раз и по напряжению в  $2m$  раз. Поэтому для электрической связи выгоднее использовать коды, у которых число различных элементов  $m$  значительно меньше, чем число знаков алфавита. Поэтому каждый знак алфавита передаётся с помощью кодовой группы (комбинация из элементов кода), что влияет на размер кодовой группы, но зато уменьшается необходимое превышение сигнала над помехой.

Интерес представляет двоичный код ( $m = 2$ ), основанный на двоичной системе счисления, где любое число  $A$  представляется в виде суммы степеней числа 2:

$$A = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \dots + a_1 2 + a_0 2^0,$$

где коэффициент  $a_i$  принимает значения 0 и 1 (двоичные цифры). Тогда для представления числа  $A$  используется последовательность соответствующих двоичных цифр  $a_{k-1} \dots a_1 a_0$ .

Например,  $12 = 6 \cdot 2 + 0$ ;  $6 = 3 \cdot 2 + 0$ ;  $3 = 1 \cdot 2 + 1$ ;  $1 = 0 \cdot 2 + 1$ , откуда в двоичной системе число 12 будет представлено последовательностью 1100, считывается в обратном порядке.

Чем больше число событий или состояний какого-либо объекта, подлежащего кодированию, тем больше двоичных символов содержат кодовые группы. Кодовыми группами можно закодировать  $m = 2^n$  событий.

При этом **оптимальным кодированием** выбирают такой код, который будет иметь не только самые короткие кодовые группы, но и полностью исключает возможность ошибок, связанных с неоднозначностью декодирования. В качестве примера можно рассмотреть код Фэнно. При использовании этого кода все кодируемые события делят на две группы, которые обозначают 1 и 0. Затем каждую из групп событий делят на две подгруппы, которые обозначают 1 и 0. во втором разряде и продолжают такое разбиение до тех пор, пока все подгруппы событий не будут содержать по одному событию.

При декодировании такого кода ошибка из-за неоднозначности невозможна. Так как ни одна длинная кодовая группа не совпадает в своём начале с короткой. Экономичность кода характеризуется средним числом разрядов.

#### **Пропускная способность канала связи.**

Если источник создаёт символы через равные промежутки времени  $\tau$  то **скорость создания информации**

$$T(x) = H(x) / \tau, \text{ где}$$

$H(x)$  – энтропия источника и определяется величиной

$$H(x) = - \sum P_k \log P_k$$

в случае дискретного сигнала  $X$ , который может принимать  $m$  различных значений с вероятностью  $P_1, P_2, \dots, P_k, \dots, P_m$ . Логарифм в этом выражении может принимать любое основание, но чаще выбирают 2. Тогда при  $m=2$  и при  $P_1 = P_2 = 0,5$  энтропия  $H(x) = 1$ , а это значение называется двоичной единицей или 1 бит.

Если же символы создаются источником через различные промежутки времени, то могут быть вычислены математическое ожидание промежутка времени между двумя соседними символами

$$\tau_{cp} = M\tau$$

$$T(x) = H(x) / \tau_{cp}$$

По аналогии с понятием скорости создания информации вводится и понятие **скорости передачи информации**

$$T(x,y) = H(x) - H_y(x) / \tau_{cp}$$

Скорость передачи информации определяется свойствами источника информации, приёмника, а также особенностями помех в канале связи.

Пропускная способность канала связи  $C$  определяется

$$C = \max T(x,y),$$

если сигнал и помеха представляют собой стационарные процессы с нормальным законом распределения, то пропускная способность канала зависит от основных характеристик канала. Или

$$C = F_k \log_2(1 + P_c / P_n),$$

т.е. возможная скорость передачи информации тем больше, чем шире полоса пропускания  $F_k$  и динамический диапазон  $P_c / P_n$  канала.

**Помехи радиосвязи.** Помехами называются посторонние электромагнитные возмущения, накладывающиеся на передаваемые сигналы и препятствующие правильному приёму сигнала. Помехи разнообразны по своему происхождению, и по физическим свойствам. Они могут быть, если классифицировать по напряжению:

синусоидальными (установки высокочастотной закалки);

импульсными (от систем зажигания двигателя внутреннего сгорания);

хаотичными (тепловые шумы).

Помехи зависят и от принятой системы модуляции, методов приёма сигнала, параметров приёмника, типа антенн и т.д.

Кроме того различают помехи соседних радиоканалов, промышленные помехи, атмосферные помехи, космические помехи, флюктуационные помехи.

**Помехоустойчивостью.** Подпомехоустойчивостью системы связи понимают способность её передавать сообщения в условиях помех. Существует ряд способов борьбы с помехами это – накопление сигнала, выбор вида модуляции, оптимальная фильтрация, корректирующие коды и т.д.

## Лекция 2.

*Радиоволны. Шкала радиоволн. Частота. Длина волны. Волновое сопротивление. Диапазон. Фронт радиоволны. Поляризация радиоволны. Фазовая скорость. Скорость распространения радиосигнала. Отражение радиоволн. Состав атмосферы. Строение атмосферы Земли. Структура и свойства ионосферы. Физические основы распространения радиоволн.*

**Радиоволны** – это электромагнитные волны, служащие для передачи сигналов (информации) на расстояние без проводов. Радиоволны создаются высокочастотными токами, текущими в антенне.

В радиоволнах переменные электрические и магнитные поля тесно взаимосвязаны, образуя электромагнитное поле. В свободном однородном пространстве радиоволны распространяются с неизменной скоростью  $c = 300000$  км/с. В среде с относительными диэлектрической  $\epsilon$  и магнитной  $\mu$  проницаемостями, отличными от единицы, скорость распространения радиоволн равна:

$$v = \tilde{n} / \sqrt{\epsilon\mu},$$

и если считать атмосферу в первом приближении однородной не поглощающей средой то  $v = \tilde{n}$ .

**Частота** – колебаний электромагнитного поля определяется частотой (рис.12) возбуждающего источника (генератора высокой частоты) и в процессе распространения радиоволн не изменяется, если передатчик и приемник не перемещаются один относительно другого. Если же они перемещаются относительно друг друга, то частота принимаемых сигналов изменяется. При этом при удалении – уменьшается, при приближении увеличивается. Такой эффект получил название – эффект Доплера.

$$F_d = v_r f / v,$$

где  $u_{г}$  – скорость (сближения) удаления;

$u$  – скорость распространения радиоволн.

Длина волны ( $\lambda$ ) – это расстояние между двумя точками волны находящейся в одной фазе колебаний (рис.12).



Рис.12.

Электромагнитное поле характеризуется двумя векторами: напряжённостью электрического поля  $\mathbf{E}$ (в/м) и напряжённостью магнитного поля  $\mathbf{H}$  (а/м). Направление распространение волны в данной точке и плотность потока мощности  $\mathbf{S}$ (вт/м<sup>2</sup>) определяется с помощью вектора Пойнтинга.

$$\mathbf{S} = [\mathbf{E} \times \mathbf{H}],$$

на достаточно большом расстоянии от излучателя в свободном пространстве справедливо отношение

$$E/H = 120 \pi, \text{ Ом}$$

– это отношение называется **волновым сопротивлением** свободного пространства.

В соответствии с особенностями распространения радиоволн, с учётом особенностей генерирования волн, передачи и приёма спектр радиоволн делят на участки – **диапазоны** (таб.2).

Таблица 1.

Название диапазона	Длина волны в свободном пространстве, м	Частота, МГц	Область применения
Сверхдлинные волны СВД	100000 - 19000	$3 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$	Радионавигация, радио - телеграфная связь.
Длинные волны ДВ	19999 - 1000	$3 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-1}$	Радиотелеграфная и радиотелефонная связь, радиовещание, радионавигация
Средние волны СВ	1000 - 100	$3 \cdot 10^{-1} - 3$	
Короткие волны КВ	100 - 10	$3 - 3 \cdot 10$	Радиовещание, радиотелеграфная, радиотелефонная и радиолюбительская связь, космическая связь и пр.
Ультракороткие волны УКВ:			
метровые	10 - 1	$3 \cdot 10 - 3 \cdot 10^2$	радиовещание, телевидение, радиолокация, космическая радиосвязь и пр.
дециметровые	1 - 0,1	$3 \cdot 10 - 3 \cdot 10^3$	телевидение, радиолокация, космическая радиосвязь, любительская радиосвязь.
сантиметровые	0,1 - 0,01	$3 \cdot 10 - 3 \cdot 10^4$	Радиолокация, радио - релейная связь, астрономия и пр.
миллиметровые	0,01 - 0,001	$3 \cdot 10 - 3 \cdot 10^5$	Радиолокация и пр.
Радиоволны оптического диапазона:			
инфракрасные.	$1 \cdot 10^{-2} - 7,5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^8$	Квантовая радиозлектроника
видимый свет	$7,5 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^8 - 7,5 \cdot 10^8$	
ультрафиолетовые	$4 \cdot 10^{-7} - 20 \cdot 10^{-10}$	$7,5 \cdot 10^8 - 15 \cdot 10^{10}$	

**Фронт радиоволны** называют воображаемую поверхность, где электромагнитное поле имеет одинаковую фазу. Различают сферический, плоский и т.д. На практике наиболее часто рассматривают фронт волны на большом расстоянии от передающей антенны в этом случае имеют дело с локально плоским фронтом.

**Поляризация радиоволн** определяется ориентировкой вектора  $\mathbf{E}$  в пространстве, причём направление колебания вектора  $\mathbf{E}$  определяет направление поляризации. Плоскость, проходящая через направление поляризации и направление распространения радиоволны, называют **плоскостью поляризации**.

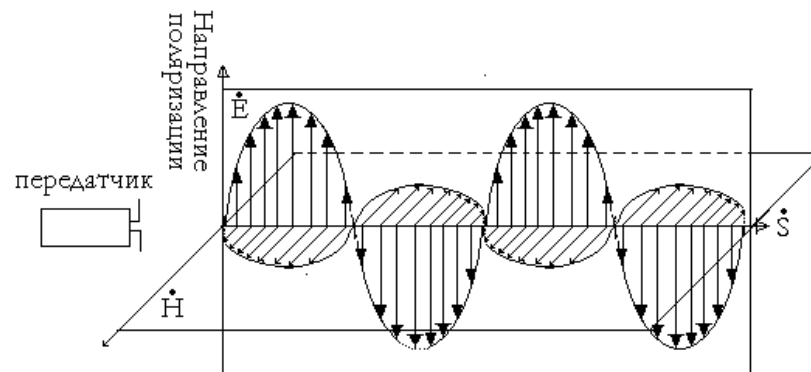


Рис 13

Линейная поляризация радиоволн.

Различают линейную (рис. 14) эллиптическую (рис.15.) и круговую поляризацию (рис.16).



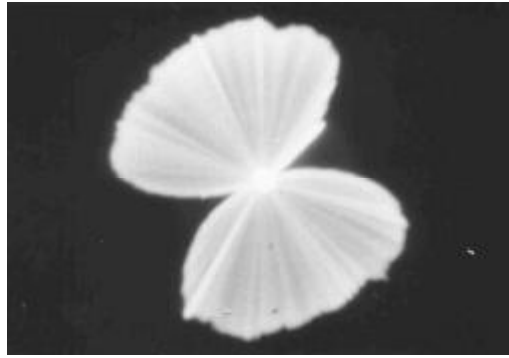


Рис.14.  
Линейно поляризованная волна в полярных координатах.

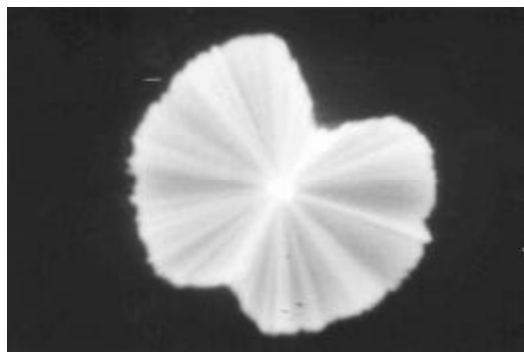


Рис. 15.а  
Эллиптическая поляризация волны в полярных координатах.

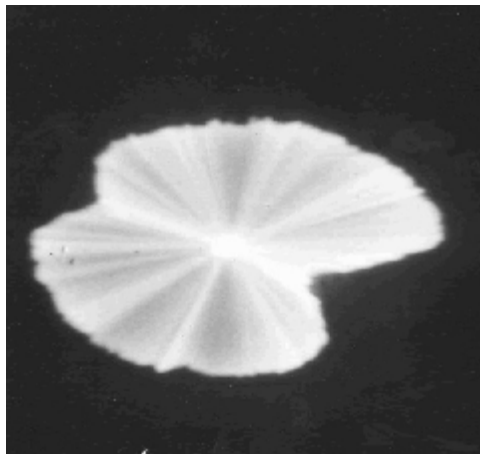


Рис. 165.б

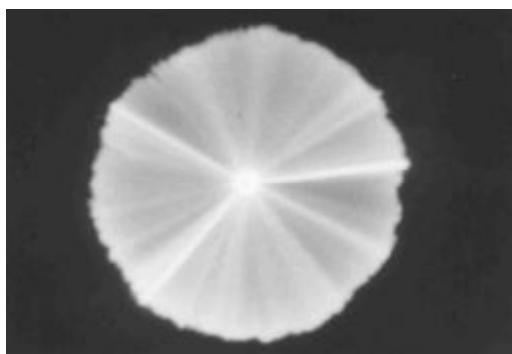


Рис.16

Круговая поляризация радиоволны в полярных координатах.

Характер поляризации радиоволн определяется типом излучателя (антенны) и физическими свойствами среды, в которой происходит распространение волн.

Примечание: осциллограммы рис13,14,15 получены на демонстрационном приборе – поляриметре (рис 1) разработанным автором и описанным в источнике: Оглоблин Г.В. Опыты со звуковыми и электромагнитными волнами. Учебное пособие. Комсомольск на Амуре : изд. Комсомольского -на –Амуре гос. пед. университета.2001.-92с

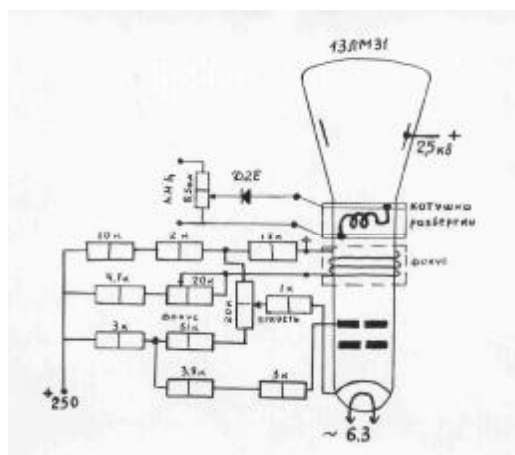


Рис.1.Поляриметр

В случае линейной поляризации вектор  $\mathbf{E}$  периодически изменяясь по величине и знаку в процессе распространения, остаётся параллельным самому себе (рис.13). Линейно-поляризованная волна, в которой колебания электрического и магнитного векторов поля происходят в направлении, перпендикулярном направлению распространения (рис.13), являются поперечной электромагнитной волной (ТЕМ –волна). На больших расстояниях распространения в свободном пространстве волну считают однородной плоской, а амплитуды  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  одинаковы.

Большинство типов антенн создают линейно-поляризованные волны, характер поляризации которых при распространении в свободном пространстве не изменяется. Например: вертикальный вибратор, разрезной вибратор, рупорная антенна и т.д. На рис 17 показан СВЧ – передатчик и СВЧ приёмник с рупорными антеннами.

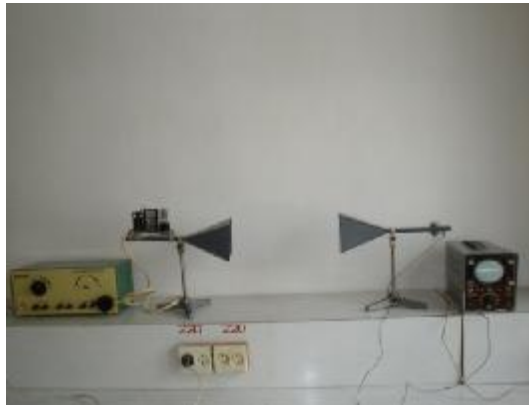


Рис.17.

Слева - блок питания генератора ВУП-2, генератор СВЧ с модулятором; справа - СВЧ приёмник с осциллографом.

В случае круговой поляризации вектор  $\mathbf{E}$  вращается с частотой радиоволны, описывая своим концом (при распространении) винтовую линию при этом величина  $\mathbf{E}$  остаётся неизменной. На пути волны равном длине волны ( $\lambda$ ), вектор поворачивается на  $360^\circ$ . Для получения полей с круговой поляризацией достаточно у двух взаимно перпендикулярных векторов  $\mathbf{E}$  одинаковой амплитуды создать сдвиг по фазе на  $90^\circ$ . Так для антенн круговой поляризации достаточно иметь два линейных вибратора, смещённых на  $90^\circ$  один относительно другого и питать их высокочастотным током одинаковой амплитуды со сдвигом по фазе  $90^\circ$ . Для генератора приведённого на рис. 17 необходимо между генератором и приёмником установить пластину из диэлектрика (лучше из искусственного диэлектрика – потери меньше) толщиной  $\lambda / 4$ , ориентируя электрический вектор  $\mathbf{E}$  в падающей волне под углом  $45^\circ$  к оптической оси пластины, На выходе получим волну рис 16. с круговой поляризацией. В технике такой тип поляризации используется в радиолокации.

Радиоволны с эллиптической поляризацией отличаются от волн с круговой поляризацией тем что при вращении амплитуда вектора  $\mathbf{E}$  не остаётся постоянной. Эллиптическая поляризация может быть создана с помощью турникетной антенны, плечи которой питаются токами высокой частоты с разной амплитудой (сдвиг по фазе  $90^\circ$ ) или для случая рис 17 можно применить пластину толщиной  $d < \lambda / 4$  или  $d > \lambda / 4$  ориентируя вектор  $\mathbf{E}$  генератора под углом  $45^\circ$  к оптической оси пластины. Результат для  $d < \lambda / 4$  на рис.15, а для случая  $d > \lambda / 4$  картинка повернётся на  $90^\circ$ .

**Фазовая скорость**  $v$  – скорость распространения фазы монохроматической волны, бесконечной «синусоидальной» волны.

$$v = c / \sqrt{\epsilon\mu}, \text{ но в ряде случаев } \epsilon\mu = 1, \text{ тогда } v = c.$$

Скорость распространения радиосигнала (**групповая скорость**), или скорость распространения модулированных или манипулированных электромагнитных колебаний, представляет собой перемещения группы (сгустка) гармонических колебаний, вызывающих необходимую реакцию приёмника. Групповая скорость – скорость распространения огибающей модулированных колебаний (речь, сигнал телевидения и т.д.).

**Отражение радиоволн.** При встрече со средой, параметры которой резко отличаются от параметров среды первоначального распространения (воздух – земля, нижние слои атмосферы – ионосфера и т.д.) происходит изменение направления распространения волны. В этом случае происходит распределение энергии волны на отражение  $R$ , поглощение  $N$ , прохождение  $A$ . Если весь сигнал принять равным 1 то  $R+N+A=1$ .

На границе раздела обычно рассматривают три радиоволны **падающую, отражённую, и преломлённую.**

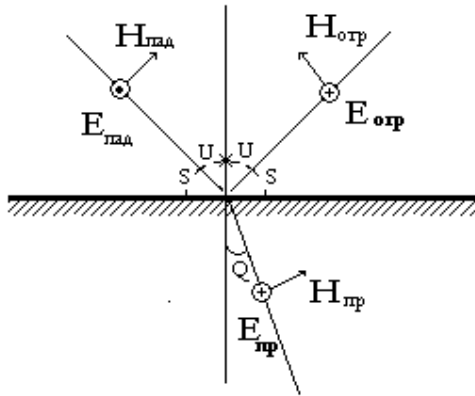


Рис.18.

В общем случае направления распространения этих радиоволн различны. Напряженность поля отражённой волны характеризуют коэффициентом отражения  $\rho$ , представляющим отношение напряжённости электрического поля отражённой волны  $E_{отр}$  к напряжённости электрического поля падающей волны  $E_{пад}$  :

$$\rho = E_{отр} / E_{пад}$$

или

$$\rho = H_{отр} / H_{пад}$$

через напряжённости магнитного поля. Напряжённость электрического и магнитных полей связаны соотношением  $E/H = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$ , где величина  $\sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$  имеет размерность сопротивления и называется **волновым сопротивлением** среды.

Величина коэффициента отражения зависит от угла падения, электрических параметров отражающей поверхности, длины волны, вида поляризации.

Состав атмосферы. Атмосфера представляет собой газообразную оболочку Земли, простирающуюся до нескольких десятков тысяч километров и имеющую в своём составе различные компоненты см. таблицу 3.

Таблица 3

Компоненты	молекулярный вес	Относительное содержание в атмосфере в %
Азот	28,016	78,110
Кислород	31,998	20,953
Аргон	39,942	0,934
Неон	20,182	$18,18 \cdot 10^{-4}$
Гелий	4,003	$5,24 \cdot 10^{-4}$
Криптон	131,3	$0,087 \cdot 10^{-4}$
Водород	2,016	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Метан	16,043	$2 \cdot 10^{-4}$
Закись азота	44,015	$0,5 \cdot 10^{-4}$

Относительный атомарный состав атмосферы почти не изменяется до 150 км над Землёй, однако уже на высоте в несколько десятков километров образуется большое число молекул озона при максимальной концентрации на высоте 20 км, а начиная с высот в 40 км и выше увеличивается содержание атомарного кислорода. В верхних, крайне разреженных слоях атмосферы происходит диссоциация кислорода (120-150 км) и азота (200-300км), при поглощении кванта лучистой энергии, расщепляются на атомы:

$O_2 + h\nu \rightarrow O+O$ ,  $N_2 + h\nu \rightarrow N+N$ . (рис.19):

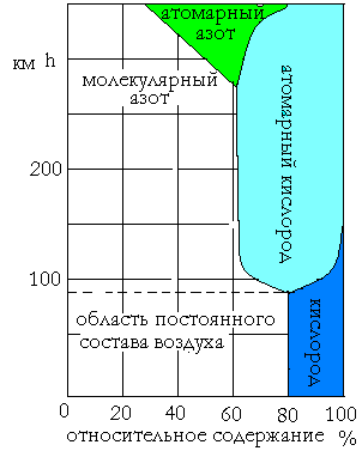


Рис.19.

Строение атмосферы Земли : тропосфера, стратосфера, ионосфера, которая переходит в радиационные пояса Земли представляющие собой области заряженных частиц (главным образом электронов и протонов). Эти области называются магнитосферой Земли, простирающейся на 60000 км от центра Земли. Земля окружена тремя радиационными поясами: внутренним, внешним, самым внешним (рис.20).

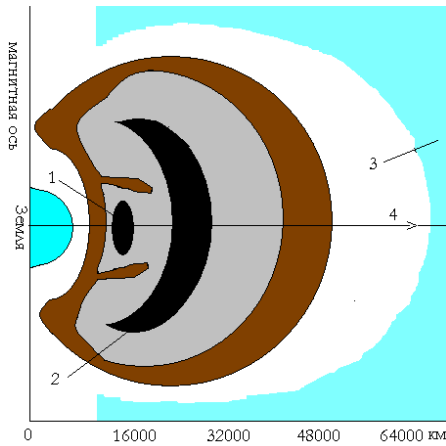


Рис.20.

1-внутренний радиационный пояс, 2- внешний радиационный пояс, 3 – самый внешний радиационный пояс, 4 – геомагнитный экватор.

Внутренний пояс расположен в интервале геомагнитных широт  $\pm 35^\circ - 40^\circ$ , плоскости геомагнитного экватора и начинается на высоте около 500 км в западном полушарии и 1600 км – в восточном полушарии.

Внешний пояс состоит в основном из протонов с энергией 100 Мэв и более и электронов с энергией до 1 Мэв.

Внешний пояс радиации начинается на расстоянии примерно 13000 км (в плоскости экватора). простирается порядка несколько экваторов Земли, причём максимальная плотность потока частиц находится на уровне порядка 16000 км ( в плоскости экватора) в интервале широт  $+55^\circ - 65^\circ$  и состоит в основном из электронов с энергиями 100кэв до 3-6 Мэв.

Самый внешний радиационный пояс находится на расстоянии 55000 – 75 000 км и заполнен электронами с энергией значительно меньшей чем во внутреннем и внешнем поясах. Однако плотность заряженных частиц довольно высокая.

**Структура и свойства ионосферы.**

Ионосфера характеризуется существованием нескольких максимумов слоёв ионизации. На высотах 60-90 км днём существует слой D , исчезающий ночью. Далее расположен слой E,

имеющий максимум концентрации электронов на высоте 110 -130 км. Выше расположен слой F , который летом (днём) расщепляется на два слоя F1 и F2. Слой F1 имеет максимум электронной концентрации на высотах 200-230 км, а слой F2.на высотах порядка 350 км. От слоя к слою ионизация увеличивается достигая максимума в слое F2.. Наряду с рассмотренными слоями существует спорадический слой возникающий периодически при этом концентрация электронов в нём в 2-3 раза больше чем в остальных слоях и это характерно для средних широт.

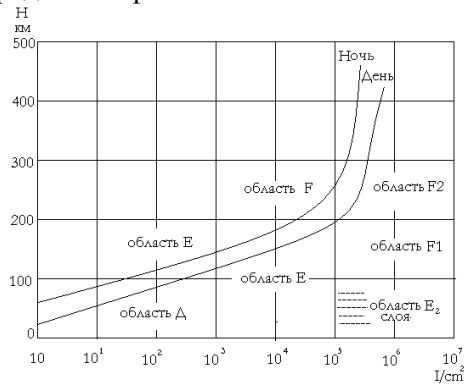


Рис. 21

Картина распределения электронной концентрации в ионосфере днём и ночью. Замечено, что от активности Солнца зависит прохождение радиоволн, особенно в период солнечных вспышек.

**Физические основы распространения радиоволн.** На характер распространения радио волн сильное влияние оказывает земная поверхность, тропосфера и ионосфера. Вследствие этого радиоволны могут распространяться между радиопередатчиком и приёмником различными путями: прямыми, поверхностными, пространственными волнами. **Прямые волны** – это волны распространяющиеся в свободном пространстве по прямой траектории.

**Поверхностные волны**—это радиоволны, распространяющиеся в непосредственной близости от земной поверхности и частично огибающие её вследствие дифракции, преломления и рефракции,

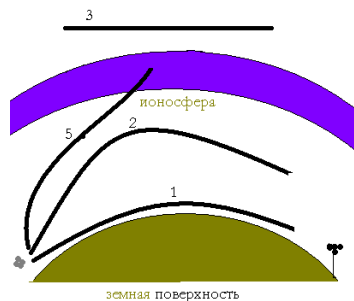


Рис.22

1-поверхностная волна. 2 - пространственная волна. 3 – прямая волна. 4- связь Земля –космос – Земля. 5- невозвращающаяся к Земле волна.

**Дифракция радиоволн** это способность радиоволн огибать препятствия, лежащие на пути их распространения. Такими препятствиями являются выпуклость земного шара, горы, строения и т.д.

Дифракция радиоволн возникает в результате возбуждения радиоволновой высокочастотных колебаний на поверхности препятствий .Эти колебания в свою очередь

вызывают излучение радиоволн, возбуждающих соседние участки поверхности. последовательная совокупность подобных возбуждений приводит к передаче части энергии в область пространства; затененную от передающей антенны радиостанции. Наиболее существенное значение дифракции имеет для волн СДВ, СВ, ДВ.

**Рефракция радиоволн.** Явление рефракции в тропосфере объясняется изменением диэлектрической проницаемости и соответственно показателя преломления с высотой. У Земли значение показателя преломления  $n = 1,00020 - 1,00046$ . Радиус кривизны траектории радиоволны в тропосфере может быть определена по формуле

$$R = n / \sin\varphi (-dn / dh), \text{ где } \varphi - \text{ угол падения волны на границу раздела.} \\ dn / dh - \text{ градиент показателя преломления.}$$

Знак минус у градиента показателя преломления означает, что радиус кривизны будет положительным, а траектория волн будет выпуклостью обращена вверх.

Таким образом каждый диапазон радиоволн имеет свои особенности распространения так как явления дифракции, рефракции, отражения от поверхности Земли и верхних слоёв атмосферы, тропосферы, ионосферы имеет свои особенности которые необходимо учитывать при разработке антенно-передающих устройств и соответствующей аппаратуры.

### Лекция 3

*Антенно –фидерное устройство. Типы антенн. Основные характеристики антенных устройств .Согласование антенных устройств с фидерной линией.*

**Антенно-фидерное устройство.** Всякое проводящее тело по которому течёт ток высокой частоты, в состоянии излучать электромагнитные волны. Но чтобы это излучение было достаточным и значимым и могло служить практическим целям размеры тела должны быть соизмеримы с длиной волн излучаемых колебаний.

Наиболее удобно в качестве излучающего применять проводящее тело, длина которого соизмерима с длиной волны.

Устройство предназначенное для излучения и приёма радиоволн называется антенной. Передающая антенна преобразует энергию токов высокой частоты, создаваемых генератором в энергию электромагнитных волн. Приёмная антенна выполняет обратный процесс, создавая на входе приёмника напряжение высокой частоты. Конструктивно, в зависимости от диапазона, антенны отличаются друг от друга. По назначению условно их можно разбить на; радиолокационные, радионавигационные, телевизионные, радиоастрономические. Каждая из этих групп может содержать антенны различного конструктивного выполнения. Они могут быть выполнены из проволоки, труб, дисков, шариков, листов железа, диэлектриков. Они могут быть оптического типа, акустического типа, поверхностных волн, щелевые, с вращающейся поляризацией.

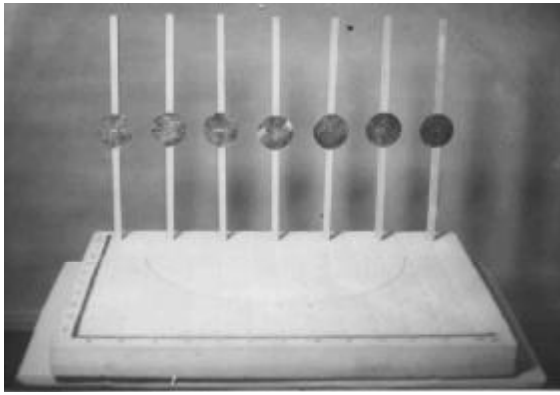


Рис.23

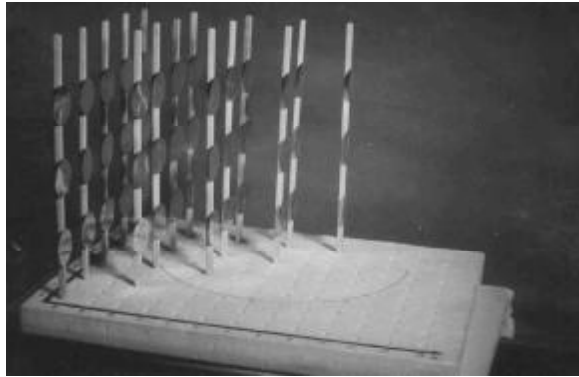


Рис 24

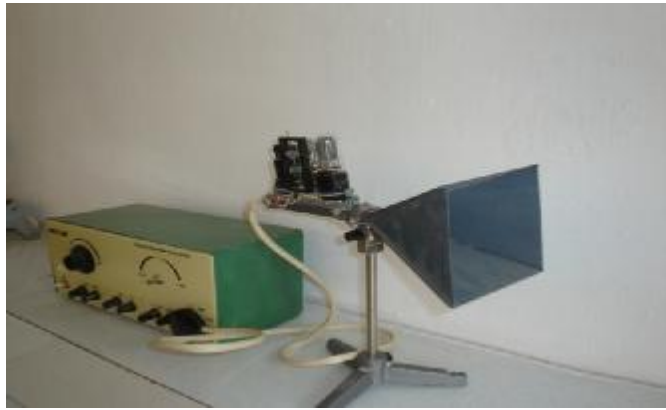


Рис.25



Рис.26



В большинстве антенн в качестве основных излучающих или принимающих элементов применяются симметричные или несимметричные вибраторы. На рис.27 представлен симметричный вибратор; а) полуволновый: б) длиной в волну.

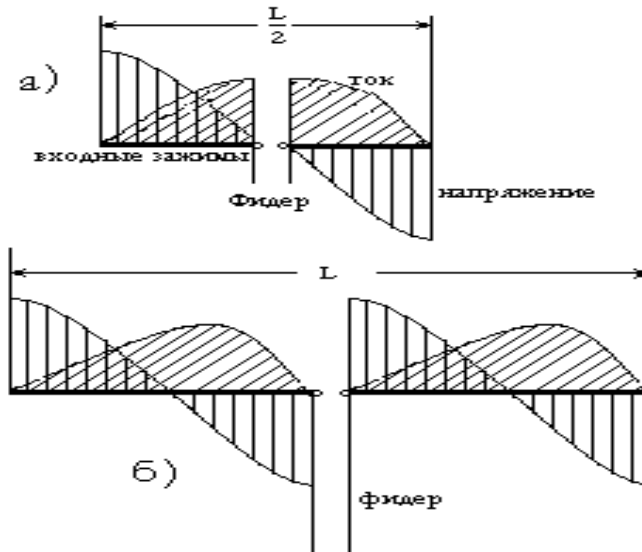


Рис.27

Симметричный вибратор состоит из двух проводников одинакового сечения, между которыми включена питающая линия – фидер, соединяющая антенну с передатчиком или приёмником. Наиболее часто применяют полуволновый симметричный вибратор т.е. его длина равна половине излучаемой волны. Так вдоль полуволнового вибратора укладывается полуволна тока и напряжения (Рис.27а) у волнового - волна тока и напряжения (Рис.27б). Причём на концах вибратора всегда устанавливается узел тока, пучность напряжения.

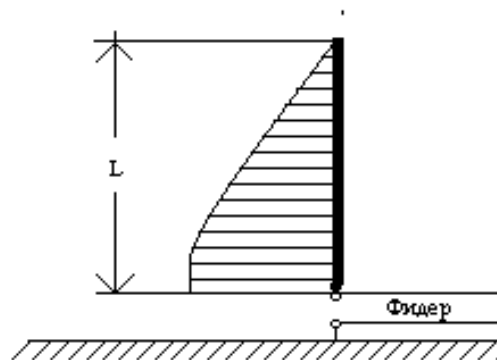


Рис.28

Несимметричный вибратор.

Несимметричный вибратор (Рис.28) расположен над проводящей поверхностью, имеет один проводник соединённый с передатчиком (приёмником) при этом второй зажим передатчика или приёмника соединён с землёй.

**Основные характеристики антенных устройств.**

**Передающих:**

**сопротивление излучения антенны** –  $R_{\Sigma}$  (Ом)- показатель, имеющий размерность сопротивления и связывающий излучаемую мощность  $P_{\Sigma}$  (Вт) с током  $I_A$  (А): протекающим через какое-либо сечение антенны:

$$R_{\Sigma} = P_{\Sigma} / I^2 A$$

Так как токи и напряжение по длине антенны распределены неравномерно, то для определения величины  $R_{\Sigma}$  необходимо условиться, к какому току (в каком сечении антенны) относится величина излученной мощности. В большинстве случаев излучаемую мощность относят к квадрату максимальной амплитуды тока (в пучности тока) или к квадрату тока на входных зажимах антенны;

**волновое сопротивление  $Z_{0a}$** , - является одним из главных параметров антенны, например: для одиночного цилиндрического проводника длиной  $\ell$  к которому может быть отнесена антенна в виде несимметричного вибратора:

$$Z_{0a} = 60(\ln \ell / r_p - 1),$$

где  $r_p$  – радиус проводника.

Для симметричного вибратора:

$$Z_{0a} = 120(\ln \ell / r_p - 1);$$

**входное сопротивление** – это показатель, представляющий отношение напряжения на зажимах антенны к протекающему через них току. В общем случае это сопротивление имеет комплексный характер:

$$Z_{A,вх} = R_{A,вх} + jX_{A,вх},$$

где  $R_{A,вх}$  – активная составляющая входного сопротивления;

$X_{A,вх}$  – реактивная составляющая входного сопротивления;

х

**сопротивление потерь** антенны состоит из потерь на нагрев проводов, потери в изоляторах антенны, потери в земле и системах заземления.

$$R_{pa} = R_n + R_i + R_z;$$

**направленное действие**, любая антенна излучает электромагнитные волны неравномерно в различных направлениях. Направленность антенны определяется по её диаграмме. Например, представлена диаграмма направленности антенны СВЧ – диапазона из дискретных элементов рис. 29

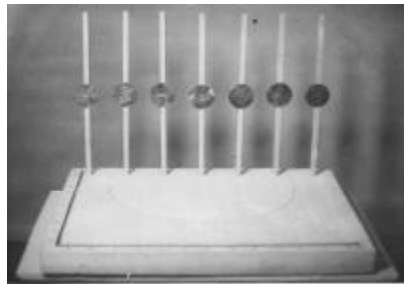


Рис.29

Её диаграмма направленности, в декартовых координатах, показана на рис.30

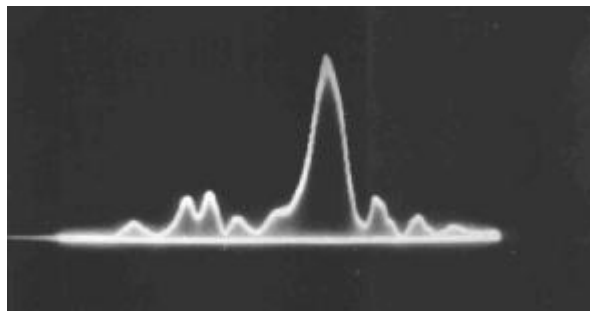


Рис.30

Из диаграммы видно, по лепесткам, что отношение мощности излучения к единице площади фронта волны, в одних случаях максимально, а в других минимальна. На осциллограмме мы имеем основной лепесток и несколько лепестков боковых располагающиеся по обе стороны от основного лепестка;

На рис 31 представлена диаграмма направленности рупорной антенны 3 –х сантиметровых волн СВЧ, показанной на рис.25.

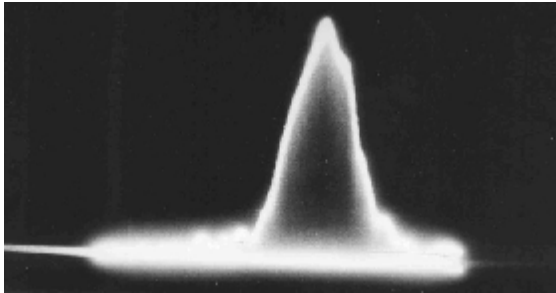


Рис.31

На рис 32 показана диаграмма направленности металлопластинчатой линзовой антенны.

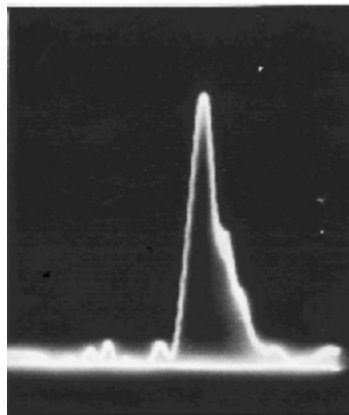


Рис.32.

Как видно из диаграмм каждая антенна имеет ярко выраженные особенности главного лепестка, он более узок у линзовой антенны и имеет слабые боковые лепестки в то же время у дискретной линейно антенны боковые лепестки значимы да и главный лепесток широк, рупорная антенна также имеет ярко выраженную направленности при незначительных боковых лепестках;

**коэффициент полезного действия** антенны (к.п.д.) антенны  $\eta_A$ , - отношение излучаемой мощности  $P_{\Sigma}$  к полной мощности, поступающей в антенну, превышающей  $P_{\Sigma}$  на величину мощности потерь  $P_p$ ,

$$\eta_A = P_{\Sigma} / P_{\Sigma} + P_p ;$$

**коэффициент усиление антенны  $G$**  –это произведение к.п.д.  $\eta_A$  на её к.н.д.  $D$ .

$$G = D \cdot \eta_A,$$

**Приёмных:**

**действующая длина (высота)** – это такая длина  $l_d$ , которая равна воображаемой антенны, извлекающей из поля радиоволны одинаковую с данной реальной антенной мощность, но в которой ток по всей длине равен действующему значению тока  $i_d$  в пучности (или на зажимах реальной антенны).

Для вибраторных антенн

$$I_d = \lambda F A_{\text{мак}}(\varphi, \theta) / \pi S \sin k l,$$

где  $F A_{\text{мак}}(\varphi, \theta)$  – характеристика направленности в направлении приёма;

**эффективная площадь антенны**  $A_{\text{э}}$  может быть определена как отношение мощности  $P_{\text{согл}}$ , поступающей из антенны на вход приёмника, согласованного с антенной, к плотности потока мощности  $S$  радиоволны в точке приёма.

$$A_{\text{э}} = P_{\text{согл}}(\varphi, \theta, E_0) / S;$$

**принцип взаимности** - заключается в том что приёмная антенна может работать как передающая и наоборот, при этом все характеристика сохраняются.

#### Лекция 4

*Радиотехнические цепи. Линейные, нелинейные цепи. Методы анализа линейных цепей.*

*Колебательный контур. Последовательный, параллельный. Полоса пропускания колебательного контура. Связанные контуры. Настройка связанных контуров.*

*Четырёхполюсники. Фильтры. Переходные процессы в радиотехнических цепях.*

*Двухпроводные однородные линии. Неоднородные линии. Фидеры. Волноводы.*

Под радиотехническими цепями понимают электронные устройства служащие для преобразования и отображения передаваемых на расстояние сообщений. Радиотехнические цепи принято делить на линейные и нелинейные (с сосредоточенными и распределёнными параметрами).

**Линейные цепи** состоят из линейных элементов ( резисторов, катушек индуктивности, конденсаторов и пр.), параметры которых  $R, L, C$  не зависят от величины действующих на них напряжений и токов. Токи в таких цепях пропорциональны напряжениям. Линейные цепи подчиняются принципу суперпозиции, согласно которому результат воздействия на линейную цепь или линейный элемент нескольких э.д.с. равен сумме результатов, определённых для каждого воздействия в отдельности. Математическое описание в линейных цепях может быть выполнено с помощью линейных дифференциальных уравнений. Которые в свою очередь составляются на основе принципа суперпозиции и законов Кирхгофа.

В радиотехнических устройствах линейные цепи служат для передачи электрических процессов и поэтому в большинстве случаев представляют собой четырёхполюсники, имеющие два входа и два выхода (рис.33).

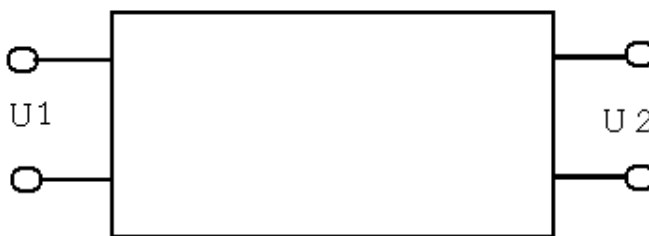


Рис.33

Входной электрический процесс называется воздействием, а выходной электрический процесс – откликом.

В основу классификации линейных радиотехнических цепей по их назначению может быть положено соотношение между воздействием и откликом.

**Линии передачи** предназначены для неискажённой передачи на расстояние: в них отклик должен точно повторять воздействие.

**Линия задержки** вызывает необходимое запаздывание отклика по сравнению с воздействием.

**Фильтры** служат для выделения из спектра сигнала определённых частот.

**Нелинейные цепи**, помимо линейных состоят из нелинейных элементов таких как электронные, полупроводниковые, ионные приборы, параметры которых зависят от протекающих по ним токов и приложенных к ним напряжений. Принцип суперпозиции на эти цепи не распространяется. Обычно это преобразователи, генераторы, модуляторы, преобразователи частоты и т.д.

Все методы анализа линейных радиотехнических цепей основываются на принципе суперпозиции и уравнениях Кирхгофа. Общим методом анализа цепей является составление и решение дифференциальных уравнений. Однако при практическом решении задачи можно ограничиться более простыми методами: метод наложения, метод узловых напряжений, метод контурных токов, метод эквивалентного генератора, метод матричных преобразований, метод интеграла Дюамеля.

**Колебательный контур.**

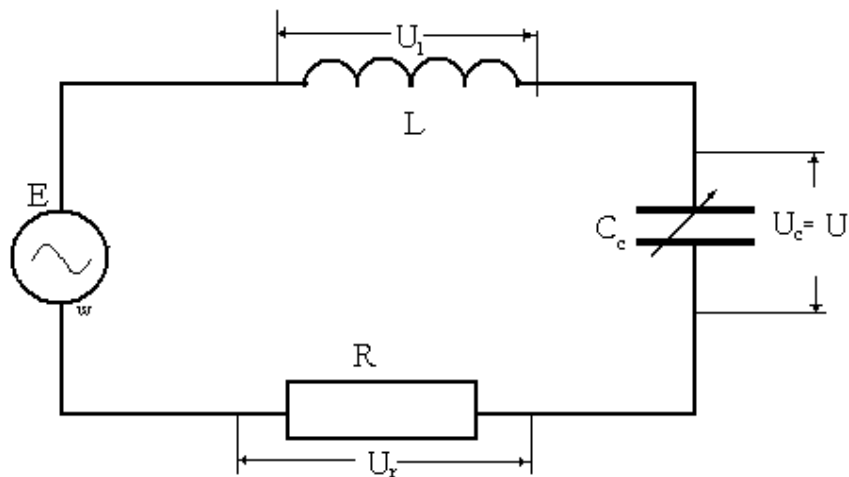


Рис.34

Простейший колебательный контур представлен на рис.34 он состоит из активного сопротивления R, индуктивности L, ёмкости C. для последовательного колебательного контура имеем:

$$Z = E/I = R + j(\omega L - 1/\omega C), \text{ но если}$$

$$\omega L = 1/\omega C - \text{ условие последовательного резонанса. или}$$

$$Z = R$$

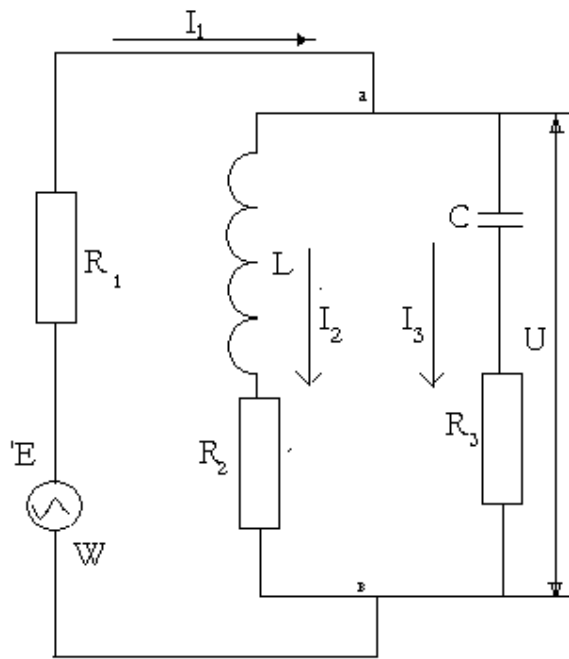


Рис. 35

Параллельное соединение источника колебаний с колебательным контуром рис.35 целесообразно использовать при источниках э.д.с. с большим внутренним сопротивлением  $R_1$ .  
Комплексное сопротивление контура между точками аб

$$Z = (R_1 + j\omega L)(R_1 + 1/j\omega C) / R_1 + R_2 + j(\omega L - 1/\omega C) .$$

Обозначая

$$R = R_1 + R_2,$$

и ограничиваясь случаем

$$R_1 \ll \omega L$$

$$R_2 \ll 1/\omega C,$$

заметим, что сопротивление контура

$$Z = L/C / R + j(\omega L - 1/\omega C)$$

становится активным при

$$\omega L = 1/\omega$$

$$\omega = \omega^0 = 1/\sqrt{LC}$$

Таким образом в параллельном контуре резонанс наступает при совпадении частоты источника с частотой собственных колебаний контура. Вблизи резонанса

$$\omega L - 1/\omega C \approx \rho \epsilon,$$

поэтому

$$Z = \rho/d + j\epsilon^2$$

$$|Z| = \rho/\sqrt{\epsilon^2 + d^2}$$

максимальное значение  $|Z|$  достигает при резонансе, когда сопротивление контура становится активным.

$$Z_{рез} = \rho/d = \rho^2/R = Q/\rho$$

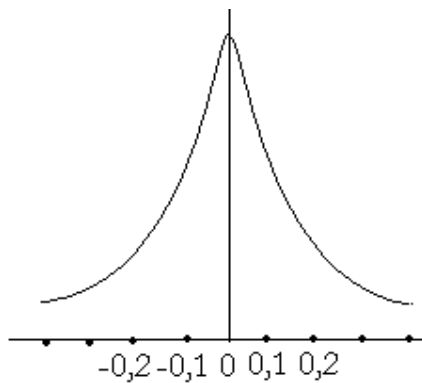


Рис. 36  
Резонансная кривая контура

### Полоса пропускания колебательного контура.

Острая резонансная кривая колебательного контура свидетельствует о том, что путём настройки контура в резонанс с несущей частотой сигнала можно осуществить селекцию (избирательность) полезного сигнала т.е. выделить его из множества других сигналов. При этом происходит искажение формы сигнала обусловленное неравномерностью резонансной кривой и кривизной фазовой характеристики. Чтобы ослабить эти искажения, необходимо выбрать так параметры контура, чтобы эти искажения были минимальны при достаточной энергии сигнала.

Принято считать, что эти условия выполняются в полосе частот вблизи резонанса примерно 0,7 от амплитуды сигнала рис.37. Эта полоса частот и называется полосой пропускания контура.

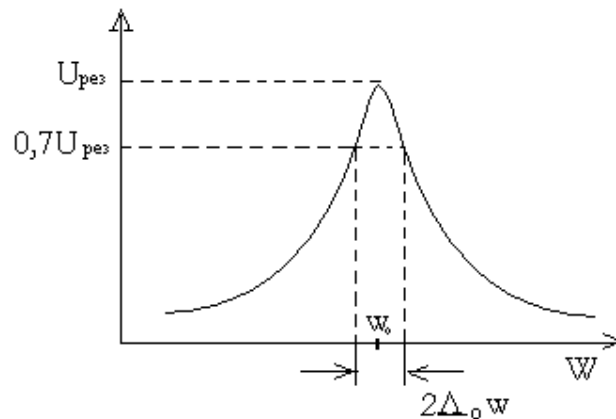
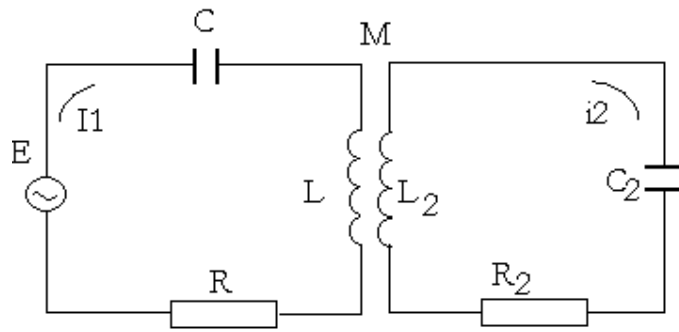


Рис.37

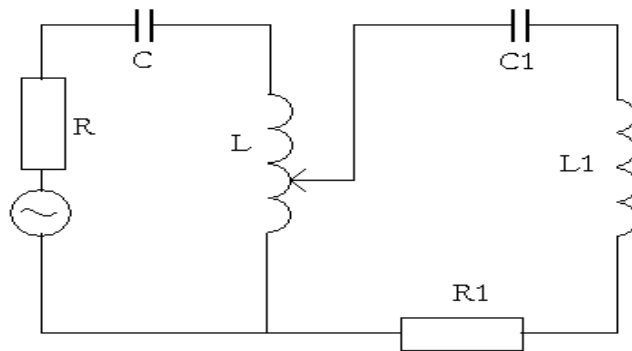
**Связанные контура.** Если два контура имеют электрическую или магнитную связь то изменения электрического состояния в одном приводят к изменениям во втором контуре. Общий элемент, через который осуществляется влияние контуров друг на друга называется **элементом связи**. Степень связи контуров определяется коэффициентом связи

$$k_{св} = \sqrt{k_1 k_2}$$

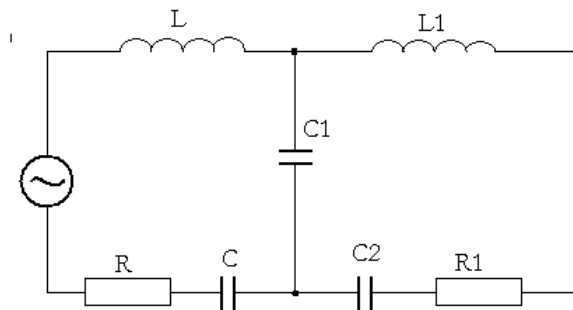
Связь бывает: трансформаторная, автотрансформаторная, внутренняя емкостная, внешняя емкостная. сложная (комбинированная).



**Рис.38.**  
Трансформаторная.



**Рис.39**  
Автотрансформаторная связь.



**Рис.40.**  
Внутренняя емкостная связь.

### 3.4. Тематика лабораторных занятий

№ пп	Наименование лабораторных занятий	Продолж., часов	Учебно-методические разработки, и обеспечение
1	Изучение радиоизмерительной аппаратуры.	4	Лабораторная работа №1
2.	Исследование резонансных фильтров.	2	Лабораторная работа № 2



3.	Снятие характеристик и определение параметров транзистора по схеме с общим эмиттером	2	Лабораторная работа № 3
4.	Исследование свойств колебательных контуров.	2	Лабораторная работа № 4
5.	Исследование фильтров нижних частот.	2	Лабораторная работа № 5
6.	Исследование фильтров верхних частот.	2	Лабораторная работа № 6
7.	Исследование усилителя постоянного тока.	2	Лабораторная работа № 7
8	Насыщенный автоколебательный мультивибратор.	2	Лабораторная работа № 8
9	Исследование двухтактного выходного каскада транзисторного усилителя.	2	Лабораторная работа № 9
10	Исследование каскада предварительного усиления на транзисторе.	2	Лабораторная работа № 10
11	Исследование полосы пропускания усилителя низкой частоты типа УНЧ-5.	2	Лабораторная работа № 11
12	Снятие характеристик полупроводникового диода.	2	Лабораторная работа № 12
13	Снятие характеристик и определение параметров транзистора по схеме с общим базой.	2	Лабораторная работа № 13
14	Снятие вольтамперной характеристики полупроводникового диода.	2	Лабораторная работа № 14
15	Исследование терморезистора типа ТМТ - М	2	Лабораторная работа № 15
16	Итого	32	

График лабораторно-практических занятий объявляется в начале семестра.

О теме предстоящего занятия студентам делается напоминание. По каждой лабораторной работе составляется отчет, который должен быть подготовлен и представлен для зачета.

Перечень контрольных вопросов для подготовки к зачёту по лабораторной работе содержится в методических указаниях.

#### 4. Методические материалы

##### 4.1. Учебно-методические разработки

###### Методические пособия и указания:

2. В.Н. Данилов, И.Д. Кабанов, Ф.А. Большакова, Т.И. Рудакова. Методические рекомендации на буквенные обозначения и единицы измерения основных физических величин. Ч.: ЧГАУ, 2002.

9.Оглоблин Г.В., Шербаков Н.А. Методические указания к лабораторным работам. КнА. АмГПУ 2008 (рукопись)

### **Электронные программные продукты:**

1. Г.В. Оглоблин. Лекции по радиотехнике, АмГПГУ. 2008. ..  
Учебно-методические разработки находятся на кафедре (на бумажном носителе) и в библиотеке АмГПГУ (на бумажном носителе и в электронной форме).

### **4.2. Демонстрации на лекциях:**

1. Демонстрация приёма и передача сигнала в диапазоне СВЧ.
2. Демонстрация канала связи.
3. Демонстрация свойств электромагнитных волн.
4. Антенны для волн различного диапазона.
5. Генератор.
6. Приёмник и т.д.

### **4.3. Плакаты:**

### **4.4. Терминологический минимум**

### **4.5. Требования к экзамену.**

Требования к экзамену определены в соответствии с Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов, утвержденным решением ученого совета АмГПГУ ..

Суммарный рейтинг студента в конце семестра является основанием для освобождения студента от сдачи экзамена. Оценка выставляется в зависимости от суммарного рейтинга студента в соответствии с переводной шкалой:

оценка «отлично» выставляется, если суммарный рейтинг студента находится в пределах 90...100 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если суммарный рейтинг студента находится в пределах 80...89 баллов;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если суммарный рейтинг студента находится в пределах 70...79 баллов;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если суммарный рейтинг студента находится в пределах менее 70 баллов.

Неуспевающий студент с низким рейтингом менее 70 баллов до экзаменов не допускается. Ему необходимо выполнить установленный контрольный минимум.

Студенты, не освобождённые от экзамена или желающие повысить свой рейтинг, сдают экзамен (устно). Студент может повысить экзаменационную оценку только на один балл. При неудачной сдаче экзамена проставляется оценка, полученная на основе суммарной рейтинговой оценки.

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Необходимость модуляции, виды модуляции.
2. Усилители напряжения.
3. Основные понятия и направления развития электроники.
4. Усилительный каскад на транзисторе. Назначение элементов в схеме усилительного каскада.
5. Радиоэлектроника и научно-технический прогресс.

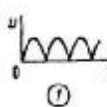
6. Модуляция и детектирование как нелинейное преобразование сигнала. Структурная схема модулятора и детектора
7. Общая характеристика школьного электронного оборудования.
8. Усилители мощности. Виды усилителей мощности
9. Радиосигнал и его спектр. Демодуляция.
10. Электронно-лучевые индикаторные приборы.
11. Пассивные элементы электронных устройств. Резисторы. Основные параметры резисторов.
12. Усилители с непосредственной связью, операционные усилители.
13. Структурная схема передатчика и приемника.
14. Фоторезисторы, принцип действия.
15. Конденсаторы и их классификация.
16. Структурная схема автогенератора, как усилителя с положительной обратной связью
17. Линейное и нелинейное преобразование сигнала.
18. Фотодиоды, принцип действия.
19. Свойства p-n переходов.
20. Классификация генераторов.
21. RLC – цепи (контура). Полоса пропускания, добротность, резонансная частота.
22. Электровакуумные фотоэлементы.
23. Биполярные транзисторы. Принцип работы полевого транзистора.
24. Применение фотоэлектронных приборов.

### Тестовые задания

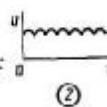
**В качестве примера один из вариантов:**

#### Тестовые задания первого уровня

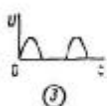
1. Каково соотношение между действующими значениями переменного напряжения  $U$  и напряжения на нагрузке  $U_n$  в схеме однополупериодного выпрямителя?
  - $U > U_n$
  - $U < U_n$
  - $U = U_n$
  - Это соотношение зависит от  $R_n$
2. Выберите параметры, соответствующие идеальному диоду?
  - $R_{пр} = 1 \div 10 \text{ Ом}; R_{обр} = 100 \div 200 \text{ кОм}$
  - $R_{пр} = 0 \text{ Ом}; R_{обр} = 100 \div 200 \text{ кОм}$
  - $R_{пр} = 0; R_{обр} = \infty$
  - $R_{пр} = 1 \div 10 \text{ Ом}; R_{обр} = \infty$
3. Каким было бы напряжение на нагрузке трехфазного выпрямителя, если бы напряжения на обмотках трансформатора совпадали по фазе и имели одинаковую амплитуду.
 



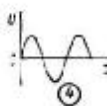
①



②



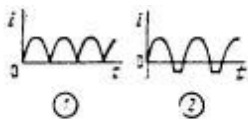
③



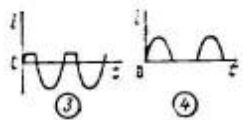
④

  - 3
  - 4
  - 2
  - 1
4. Как  ③  ④ ние частоты питающего напряжения на работу емкостного сглаживающего фильтра?
  - Сглаживание улучшится
  - Сглаживание ухудшится
  - Сглаживание не изменится

- Не знаю
5. Каким должно быть соотношение между прямым сопротивлением диода  $R_{пр}$  выпрямителя сопротивлением нагрузки  $R_n$ ?
- $R_n \approx R_{пр}$
  - $R_n > R_{пр}$
  - $R_n < R_{пр}$
  - $R_n \gg R_{пр}$
6. В каких областях техники находят применение транзисторы и тиристоры?
- В технике связи
  - В вычислительной технике
  - В автоматике
  - Во всех перечисленных
7. При какой схеме включения транзистора коэффициент усиления по мощности меньше или равен единице?
- С общей базой
  - С общим эмиттером
  - В автоматике
  - Во всех случаях он больше единицы
8. Укажите определение электромагнитного поля
- Вид материи
  - Волны
  - Корпускулы
  - Диалектическое единство приведения выше определений
9. В течение, какого промежутка времени открыт каждый диод в схеме трехфазного выпрямителя?
- $T/4$
  - $T/2$
  - $T/3$
  - $T/6$
10. Как отражается на работе выпрямителя тот факт, что диоды не идеальны?
- Увеличивается обратное напряжение на диоде
  - Уменьшится среднее значение выпрямленного тока
  - Искажается форма тока в нагрузке
  - Уменьшается коэффициент пульсации
11. Назовите схему самого распространенного выпрямителя, применяемую в радиоаппаратуре
- Двухполупериодная со средней точкой
  - Мостовая
  - Однополупериодная
  - Схема трехфазного выпрямителя
12. Выберите график, соответствующей току каждого диода в мостовой схеме выпрямителя

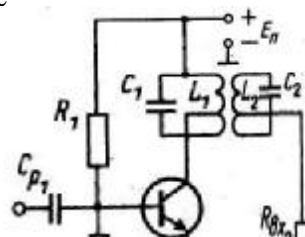


- 1
- 2
- 3
- 4

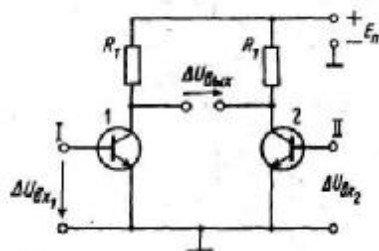


### Тестовые задания второго уровня

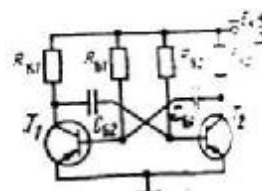
1. Какое устройство изображено на схеме



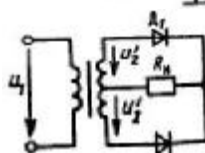
2. Какое устройство изображено на схеме



3. Продолжите ответ  
На рисунке изображена схема



4. Продолжите ответ  
На рисунке изображена схема



#### Тестовые задания гр. ....

1. Нарисуйте схему однокаскадного усилителя промежуточной частоты.
2. Классификация усилителей мощности

### 5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

#### Лабораторный комплекс по электрорадиотехнике:



Рис1.

## Лаборатория радиотехнике. Ауд.103

Лабораторно-практические занятия по дисциплине проводятся в специализированной лаборатории «Радиотехника», оснащённой универсальными стендами с комплектами переносных электроизмерительных приборов.

**Специальное оборудование:** Стенды лабораторных работ. Спектро-анализаторы. Частотомеры. Генераторы звуковых, стандартных, СВЧ сигналов. Осциллографы, блоки питания, лазерные установки т.д.

Учебно-методический комплекс: Электротехника и электроника (Учебная и рабочая программы, методические материалы.

Составитель: кандидат педагогических наук, доцент, Заслуженный учитель России  
Оглоблин Г.В.

Ответственные за выпуск:  
зав. кафедрой ОТД Оглоблин Г.В.;;  
методист УМУ ..