

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра управления в технических системах

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

« _____ » _____ 201__ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ**

Б1.В.10

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Многоканальные телекоммуникационные системы

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	7
4.3 Лабораторные работы.....	39
4.4 Практические занятия.....	39
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект.....	40
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	41
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	42
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	42
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	42
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	42
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ	42
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы	52
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	53
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	54
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	55
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	62
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	63
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	63

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектному виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Изучение различных направляющих сред электросвязи и их особенностей

Задачи дисциплины

Изучение теории, конструкций и характеристик направляющих сред с целью применения их оптимальных конструкций на различных сетях связи на основании определения их пропускной способности; ознакомление с российскими и международными стандартами и нормативными документами в области телекоммуникаций и перспективами развития направляющих сред электросвязи.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3	способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные способы и методы получение актуальной информации о направляющих средах электросвязи. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять на практике методы анализа основных устройств направляющих сред электросвязи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Навыками разработки и обоснования, соответствующих техническому заданию и современному уровню развития источников и систем электропитания.
ПК-9	уметь проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Принципы построения направляющих систем электросвязи и их структур, <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проводить компьютерное моделирование узлов направляющих сред электросвязи. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методикой расчетов по проектированию сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций.
ПК-15	уметь разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные требования к проектной и технической документации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оформлять документацию согласной текущим требованиям. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Способами актуализации требований под новые стандарты в технической и проектной документации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.10 Направляющие среды электросвязи технологии относится к вариативной части, обязательная дисциплина.

Дисциплина направляющие среды электросвязи базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин Б1.Б.8 Информатика, Б1.Б.9 Физика, Б1.Б.14 Общая теория связи, Б1.В.18 Моделирование сетей связи.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, направляющие среды электросвязи представляет основу для изучения дисциплины: Б1.В.11 Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных, Б1.В.13 Многоканальные телекоммуникационные системы.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	6	216	72	36	18	18	90	КП	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			6
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	72	22	72
Лекции (Лк)	36	4	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	18
Практические работы (ПР)	18	-	18
Курсовой проект	+	-	+

Индивидуальные (групповые) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	90	-	90
Подготовка к лабораторным работам	20	-	20
Подготовка к практическим работам	20		20
Подготовка к экзамену в течение семестра	30	-	30
Выполнение курсового проекта	20		20
III. Промежуточная аттестация экзамен	54	-	54
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	216	-	216
	6	-	6

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий - для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические работы	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Построение первичных сетей электросвязи.	21	3	-	3	15
1.1.	Основные положения развития сетей связи.	7	1	-	1	5
1.2.	Принципы построения сетей связи.	7	1	-	1	5
1.3.	Магистральные и зоновые сети связи.	7	1	-	1	5
2.	Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	33	6	6	6	15
2.1.	Классификация и конструктивные элементы электрических кабелей.	9	2	-	3	4
2.2.	Маркировка электрических кабелей связи.	5	1	-	-	4
2.3.	Классификация и конструкция волоконно-оптических кабелей.	15	2	6	3	4
2.4.	Маркировка оптических кабелей.	4	1	-	-	3
3.	Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	39	9	12	3	15
3.1.	Уравнения Максвелла.	3	1	-	-	2
3.2.	Теорема Умова-Пойтинга.	3	1	-	-	2
3.3.	Расчет параметров передачи двухпроводных направляющих	12	2	4	3	3

	систем.					
3.4.	Основные уравнения передачи по двухпроводным направляющим системам.	9	2	4	-	3
3.5.	Вторичные параметры направляющих систем.	9	2	4	-	3
3.6.	Физические процессы при передаче импульсных сигналов.	3	1	-	-	2
4.	Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты.	27	6	-	6	15
4.1.	Основные понятия о влиянии между симметричными цепями.	9	2	-	2	5
4.2.	Первичные и вторичные параметры влияния	9	2	-	2	5
4.3.	Основные уравнения влияния	9	2	-	2	5
5.	Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний	21	6	-	-	15
5.1.	Источники опасных и мешающих влияний.	5	1	-	-	4
5.2.	Меры защиты на линиях связи	5	2	-	-	3
5.3.	Коррозия подземных кабелей связи	4	1	-	-	3
5.4.	Защитные мероприятия от коррозии	7	2	-	-	5
6.	Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.	21	6	-	-	15
6.1	Организация работ по строительству линейных сооружений электросвязи.	6	2	-	-	4
6.2	Прокладка кабеля в канализации.	4	1	-	-	3
6.3	Монтаж электрических и оптических кабелей связи	6	2	-	-	4
6.4.	Строительство междугородных линий связи.	5	1	-	-	4
	ИТОГО	162	36	18	18	90

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

1. Построение первичных сетей электросвязи

1.1 Основные положения развития сетей связи.

Потоки различных видов информации необходимо передать на большие расстояния с большой достоверностью. Важную роль при этом играет электрическая связь. В зависимости от передаваемой информации электрическая связь подразделяется на следующие виды:

- телефонную (передача речи);
- телеграфную (передача текста);
- фототелеграфную (передача неподвижного изображения);
- проводное вещание (передача музыкальных, речевых и других звуков);
- телевизионную (передача изображений движущихся объектов со звуковым сопровождением);
- видеотелефонную (телефонная связь, сопровождаемая телевизионным изображением разговаривающих);
- передачу данных (передача цифровой информации для обработки ее в ЭВМ или уже обработанную ими. К этому виду также относится передача сигналов управления и контроля для автоматики и телемеханики).

Любая система электросвязи может быть представлена в виде структурной схемы, представленной на рис. 1.1.

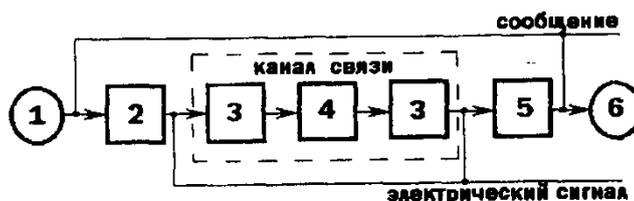


Рис. 1.1. Структурная схема системы электросвязи:

- 1 – источник информации;
- 2 – преобразователь информации в электрический сигнал;
- 3 – система передачи;
- 4 – среда (направляющая система);
- 5 – преобразователь электрического сигнала в информацию;
- 6 – потребитель информации

Источником и потребителем информации может быть человек, ЭВМ, устройство телемеханики или телеуправления и т.д. Преобразователями информации в сигнал и обратно могут быть: телеграфные и фототелеграфные аппараты, передающая и приемная ТВ-трубки и др.

Каналом электросвязи называют комплекс физических устройств и среду, при помощи которых электрические сигналы передаются из одного пункта связи в другой. Если распространение электромагнитной энергии (электрического сигнала) происходит в свободном пространстве (в диалектической среде), то канал связи называют радиоканалом (радиосвязь, релейная, спутниковая и лазерная связь). Если канал связи предполагает наличие границы раздела сред, вдоль которой канализируется электромагнитная энергия, то его называют проводным каналом. Проводные каналы создаются с помощью направляющих систем (линий связи), в качестве которых могут использоваться двухпроводные цепи (коаксиальные и симметричные), или волноводы (волоконно-оптические световоды). Двухпроводные симметричные цепи могут быть организованы как по низкочастотным кабелям городских и сельских телефонных сетей (ГТС и СТС), так и с помощью систем передачи (высокочастотные цепи), позволяющих по одной цепи одновременно

передать значительное число информации одного или различных видов. Волоконно-оптические световоды, работающие в оптическом диапазоне волн, позволяют передать очень большие объемы информации.

Для обеспечения надёжной работы направляющие системы оснащают дополнительными элементами и устройствами, которые в совокупности носят название линейных сооружений связи. Совокупность линейных и станционных сооружений составляют единую систему - сеть электросвязи. Сеть электросвязи страны (СЭС) - комплекс технических средств электросвязи, взаимодействующих на основе определенных принципов и обеспечивающих возможности своевременно, качественно и полно удовлетворять все потребности населения страны, отраслей народного хозяйства, органов государственного управления и обороны, науки и просвещения, здравоохранения и культуры в разнообразных услугах связи.

1.2 Принципы построения сетей связи.

Классические способы построения сети: полносвязанные, радиальные и радиально-узловые.

Первый вариант построения сети наиболее надёжен, но в технико-экономическом отношении не выгоден. Радиальная схема построения сети наиболее дешевая, но она не имеет путей резервирования.

Наилучшие результаты дает сочетание радиальной и узловой схем сети. Радиально-узловая схема построения сети позволяет создать разветвленную, устойчивую и в то же время довольно экономичную сеть связи. Она характеризуется тем, что одноименные узлы связи непосредственно соединяются линиями не только с ниже стоящими узлами, но и между собой. Такое построение сети обеспечивает обходные связи по кратчайшим направлениям и позволяет получать два-три независимых выхода к любому узлу связи. Радиально-узловая схема обладает значительной гибкостью, маневренностью и живучестью.

1.3 Магистральные и зоновые сети связи.

По территориальному признаку первичные и вторичные сети электросвязи делятся на магистральные, внутризоновые и местные.

Магистральная сеть соединяет каналами связи крупные города (областные центры) и столицу между собой по принципу «каждая с каждой». Внутризональная сеть соединяет областной центр с районными центрами по радиальному способу. При этом предусматриваются прямые связи между взаимотяготеющими районными узлами. Местную сеть составляют сельские сети, соединяющие райцентры с селами, и городские сети.

В состав местной, внутризональной и магистральной первичных сетей входят: сетевые станции, сетевые узлы и линии связи. Линии связи в зависимости от первичной сети, которой она принадлежит, присваивается название магистральной, внутриобластной и местной кабельной, радиорелейной и спутниковой.

В соответствии с этим кабели связи называются магистральными, внутриобластными (зональными), СТС, ГТС.

Сельские телефонные сети (СТС) строят по радиально-узловому принципу. При этом в райцентре устанавливают центральную станцию (ЦС), а в сельских населенных пунктах - оконечные станции (ОС). В свою очередь ЦС связаны с ЦС других районов и центром зоны.

Как правило, СТС строят по одноступенчатой схеме, предполагающей непосредственное соединение ЦС и ОС. Двухступенчатая схема связи включает: узловые станции (УС), расположенных между ЦС и ОС.

Городская телефонная сеть обеспечивает соединение абонентов города друг с другом, а также возможность их выхода на междугородную сеть через междугородную телефонную станцию (МТС).

Система построения ГТС зависит от количества абонентов сети. В соответствии с этим ГТС можно подразделить на три основных типа: сети районных центров и городов внутриобластного значения; сети областных центров и городов республиканского значения; сети крупных промышленно-административных центров.

2. КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ.

2.1 Классификация и конструктивные элементы электрических кабелей.

Кабелем связи называется электротехническое изделие, содержащее изолированные проводники, объединенные в единую конструкцию и заключенные в общую металлическую или пластмассовую оболочку и защитные покровы.

Электрические кабели классифицируют по следующим признакам: область применения, спектр передаваемых частот, конструкция, условия прокладки и эксплуатации.

1. В соответствии с построением сети связи, в зависимости от области применения, кабели связи подразделяют на магистральные, зонавые (внутриобластные), местные (городские и сельские), станционные (внутриобъектные).

2. По спектру передаваемых частот кабели делят на низкочастотные (до 10 кГц) и высокочастотные (свыше 10 кГц).

3. В зависимости от условий прокладки и эксплуатации кабели подразделяют на воздушные (подвесные), подземные (для прокладки в грунте), подводные и кабели для прокладки в канализации.

4. По конструкции и взаимному расположению проводников цепи электрические кабели бывают симметричные и коаксиальные. Симметричная цепь (пара) состоит из двух изолированных проводников с одинаковыми конструктивными и электрическими свойствами. У коаксиальной цепи внутренний проводник концентрически расположен внутри внешнего проводника, имеющего форму полого цилиндра (рис. 2.1, ж). Внутренний проводник изолирован от внешнего различными изоляционными прокладками (шайбами, баллонами, корделями и т.д.).

Конструктивные элементы электрических кабелей. В конструктивном отношении кабель состоит из сердечника и защитных покровов. Сердечник - это скрученные в определенном порядке изолированные проводники, образующие электрические цепи. Защитные покровы - это влагонепроницаемая оболочка (металл, пластмасса и металлопластмасса) и наружные покровы (джут, броня, шланг).

Сердечник содержит следующие конструктивные элементы:

1. **Токопроводящие жилы** - изготавливают из меди, алюминия или алюминия и меди (биметалла). *Медь, как правило, используют отожженную, мягкую марки ММ с удельным сопротивлением $\rho=0,01754 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ и температурным коэффициентом сопротивления постоянному току $\alpha_{r0}=0,004 \text{ (1/град)}$.*

2. **Изоляция токопроводящих жил.** Для изоляции жил кабелей связи наряду с бумагой используют полимеризационные пластмассы - полистирол (стирофлекс), полиэтилен, фторопласт. При конструировании кабельной изоляции стремятся сделать так, чтобы количество твердого диэлектрика было минимальным, обеспечивающим устойчивость изоляции и жесткость конструкции кабеля, а количество воздуха, как наилучшего диэлектрика, максимальным.

Известны следующие конструкции сплошной и воздушной комбинированной изоляции в кабелях связи:

1. трубчатая - выполняется в виде бумажной или пластмассовой ленты, наложенной в виде трубки (рис. 2.1, а);

2. кордельная - состоит из корделя, накладываемого на проводник по спирали, из тонкой ленты, наложенной поверх корделя (рис. 2.1, б);

3. сплошная - выполняется из сплошного слоя пластмассы (рис. 2.1, в);

4. пористая - образуется из слоя пенопласта (рис. 2.1, г);

5. баллонная - представляет собой тонкостенную пластмассовую трубку, внутри которой свободно располагается проводник. Трубка периодически в точках или по спирали обжимается горячим инструментом и надёжно удерживает после затвердевания жилу в центре изоляции (рис. 2.1, д, е);

6. шайбовая - выполняется в виде шайб из твердого диэлектрика, насаживаемых на проводник через определенное расстояние (рис. 2.1, ж).

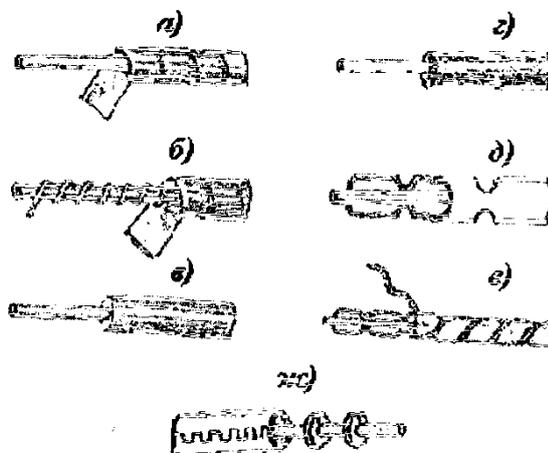


Рис. 2.1. Основные типы изоляции токопроводящих жил

Наибольшее применение находят следующие **виды изоляции**:

- для кабелей ГТС и СТС трубчатая бумажная, сплошная полиэтиленовая, пористая бумажная и полиэтиленовая;
- для симметричных ВЧ кабелей кордельно-бумажная, кордельно-полистирольная, сплошная и пористо-полиэтиленовая.

Изолированные жилы, скрученные определенным образом, образуют элементарные группы. Жилы скручивают для защиты от взаимных электромагнитных влияний.

В симметричных кабелях применяют следующие наиболее распространенные **способы скрутки** изолированных проводников в группы (рис. 2.2):

- парная скрутка (П) - два изолированных проводника скручиваются с шагом до 300 мм, обозначается 1x2 (одна пара);
- звездная скрутка (З) - четыре изолированные жилы, расположенные по углам квадрата, скручивают с шагом 150...300 мм, обозначается 1x4 (одна четверка);
- двойная парная скрутка (ДП) - две предварительно свитые пары скручивают между собой в четверку с шагом 150...300 мм;

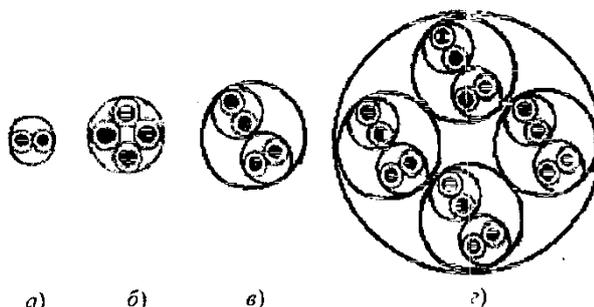


Рис. 2.2. Типы скрутки жил в группы:

- а - парная скрутка;
- б - звездная скрутка;
- в - двойная парная скрутка;
- г - двойная звездная скрутка

3. **Защитные покровы.** Сердечник кабеля покрывают поясной изоляцией из полиэтиленовой или бумажной ленты и заключают в герметичную оболочку для защиты жил от влаги, света и других атмосферных факторов, а также механических и электромагнитных воздействий. Оболочки бывают металлические (свинцовые,

алюминиевые, стальные, гофрированные), пластмассовые (полиэтиленовые) и металлопластмассовые.

К металлическим оболочкам относятся главным образом свинцовые, алюминиевые и стальные. Свинцовые оболочки накладываются на сердечник методом опрессовывания в горячем виде. Чтобы свинцовая оболочка имела большую твердость и вибростойкость, ее изготавливают из легированного свинца с присадкой 0,4...0,8% сурьмы. Алюминиевые оболочки выпрессовывают в горячем виде или изготавливают из ленты со сварным продольным швом при помощи аргоно-дуговой сварки или сварки токами высокой частоты. Алюминиевые оболочки более предпочтительны, так как они легкие, дешевые и обладают высокими экранирующими свойствами. Однако они сильно подвержены электрохимической коррозии, поэтому их надежно защищают полиэтиленовым шлангом с предварительно наложенным слоем битума. Стальные оболочки изготавливают путем сварки. Для повышения гибкости их гофрируют, а с целью защиты от коррозии покрывают полиэтиленовым шлангом.

Из пластмассовых оболочек наибольшее применение получили полиэтиленовые и поливинилхлоридные. Пластмассовые оболочки сочетают влагостойкость, стойкость против коррозии, придают кабелю гибкость, легкость и вибростойкость. Однако через пластмассу постепенно диффундируют водяные пары, что приводит к снижению сопротивления изоляции кабеля. Поэтому полиэтиленовые оболочки используются в кабелях с полиэтиленовой изоляцией жил. Поливинилхлоридные оболочки по причине низкой влагостойкости применяются в основном в стационарных кабелях. Достоинством поливинилхлоридных оболочек является большая огнестойкость.

Из металлопластмассовых оболочек в кабельной технике находят применение алюмополиэтиленовая оболочка, представляющая собой полиэтиленовую трубку, металлизированную внутри слоем алюминиевой фольги.

2.2. Маркировка электрических кабелей связи.

Для удобства классификации и пользования электрическим кабелям связи присваивается буквенно-цифровое обозначение - марка кабеля, которая позволяет определить его конструкцию и назначение.

Под маркой кабеля понимается система условных обозначений, отражающих при помощи букв и цифр основные классификации.

Первые одна или две буквы определяют назначение кабеля.

1. Магистральные симметричные кабели обозначают буквами МК, магистральные коаксиальные - буквами КМ.

2. Зоновый кабель (симметричный) - ЗК; внутризоновый коаксиальный - ВК.

3. Местные кабели: КС - кабель сельский; Т - телефонный низкочастотный. Марки низкочастотных кабелей отличает стоящая на втором месте буква: «С» - стационарный (ТС); распределительный (ТР); дальней связи «З» (обозначает звездную четверочную скрутку, например, ТЗБ).

Последующие одна или две буквы обозначают особенность конструкции или материал изоляции кабеля. Например, звездная скрутка НЧ кабеля обозначается буквой З, полиэтиленовая изоляция - П, кордельно-лолестирольная (спирофлексная) изоляция - С, трубчато-полиэтиленовая - Т. Бумажная изоляция в симметричных и шайбавая изоляция в коаксиальных кабелях не имеет буквенных обозначений (маркируются отсутствием буквы).

Последние одна или две буквы марки кабеля обозначают материал и род защитного покрова.

Оболочка: голый освинцованный кабель обозначается буквой Г, стальная оболочка - буквой С или Ст, алюминиевая оболочка - буквой А. Свинцовая оболочка маркируется отсутствием буквы.

Броня: буква Б - бронирование кабеля двумя стальными лентами с наружным джутовым защитным покровом; К - бронирование, круглыми оцинкованными проволоками с наружным покровом; БГ - бронированный голый, т.е. без наружного защитного покрова.

В конце марки кабеля указывают число жил или коаксиальных пар и диаметр жил (проводников). Например, четырехчетверочный кабель с жилами диаметром 1,2 мм имеет следующее обозначение: 4х4-1,2; пятисотпарный городской кабель с жилами диаметром 0,32 мм имеет цифровое обозначение: 500х2-0,32; одна четверочный коаксиальный кабель обозначается: 4-2,6/9,4.

(Показ фильма «Электрические кабельные сети» + обсуждение) 2 часа

2.3. Классификация и конструкция волоконно-оптических кабелей.

Оптическим кабелем (ОК) называется кабельное соединение, содержащее одно или несколько оптических волокон, объединенных в единую конструкцию, обеспечивающую их работоспособность в заданных условиях эксплуатации. *Оптические волокна, модули или жгуты заключают в общую оболочку, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации может быть наложен защитный покров.*

По назначению оптические кабели делятся на магистральные, зоновые, городские, станционные (внутриобъектовые и монтажные).

Магистральные ОК предназначены для передачи информации на большие расстояния, и поэтому они должны обладать малым затуханием, дисперсией и большой широкополосностью.

Зоновые кабели предназначены для связи областного центра с районами и городами области. Дальность связи, как правило, составляет порядка сотни километров.

Городские оптические кабели используются в качестве соединительных линий между районными АТС и узлами связи. Они рассчитаны на короткие расстояния (5...10 км) и большое число каналов. Эти линии, как правило, работают без промежуточных линейных регенераторов.

Сельские ОК предназначены для организации сельской телефонной связи, имеют преимущественно четырехволоконную конструкцию и прокладываются в грунт или подвешиваются по опорам.

Объектовые кабели служат для передачи различного рода информации внутри объекта. Сюда относятся кабели для информационных систем отдельных объектов (самолет, корабль и др.), а также для организации различных видов учрежденческой связи.

Основным элементом ОК является оптический волновод - круглый стержень из оптически прозрачного диэлектрика (направляющая среда, структура которой обеспечивает распространение оптического излучения вдоль нее [5]). Оптические волноводы из-за малых размеров поперечного сечения обычно называют волоконными световодами или оптическими волокнами (ОВ).

Для изготовления ОВ используют однородные стекла высокой частоты и качества. При этом в зависимости от назначения кабеля в конструкцию закладываются одномодовые (магистральные), многомодовые градиентные (зоновые и городские) или многомодовые ступеньчатые волокна (городские и объектовые кабели).

Стеклянное двухслойное волокно для защиты от механических и атмосферных воздействий и усиления конструкции снаружи имеет полимерное покрытие.

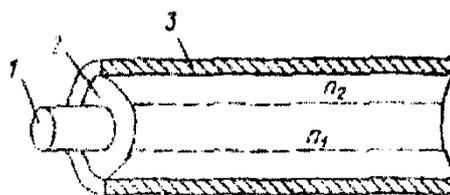


Рис. 2.5. Структура оптического волокна:

- 1 – сердцевина;
- 2 – оболочка;
- 3 – защитное покрытие

В некоторых конструкциях волокно свободно расположено в трубке из фторопласта - оптического модуля (рис. 2.6). Пространство между волокном и модулем иногда заполняется синтетическими нитями.

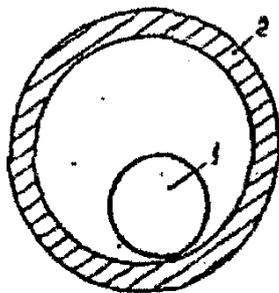


Рис. 2.6. Модуль оптический:
1 – оптоволокно;
2 – трубка.

Кроме оптических волокон (модулей) ОК может состоять из следующих элементов:

- силовых (упрочняющих) стержней, принимающих на себя продольное усиление;
- наполнителей в виде сплошных пластмассовых нитей;
- армирующих элементов, повышающих стойкость кабеля к механическим воздействиям;
- наружных защитных оболочек, предохраняющих от проникновения влаги и внешних механических воздействий.

Различают два варианта взаимного расположения силовых элементов и ОВ. В первом случае силовой элемент располагают в центре кабеля, а ОВ - концентрично относительно центрального элемента. Во втором случае силовые элементы размещают на периферии с внешней стороны пучка ОВ.

При центральном расположении силового элемента обеспечивается максимальная гибкость. При периферийном расположении силовых элементов гибкость кабеля меньше, однако, конструкция эффективнее противостоит радиальным усилиям и ударам.

В зависимости от конструкции сердечника наибольшее распространение получили 3 группы конструкций ОК: кабели повинной скрутки (модульная конструкция), с фигурным (профилированным) сердечником, ленточного типа (плоская конструкция) (рис. 2.7 - 2.9).

Кабели первого типа имеют повинную скрутку сердечника по аналогии с электрическими кабелями (рис. 2.7).

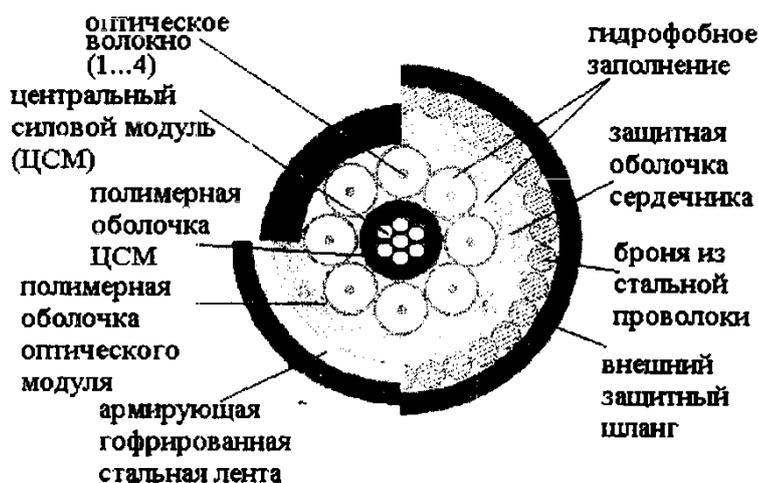


Рис. 2.7. Модульная конструкция оптического кабеля

ОК второй группы (рис. 2.8) имеют в центре армированный силовыми элементами фигурный пластмассовый сердечник с пазами, в которых размещены оптические волокна. Пазы и соответственно волокна расположены по геликоиде, и поэтому волокна не испытывают продольного усиления на разрыв. Такие кабели содержат обычно 4, 6, 8,

10 волокон. Если необходим кабель большей емкости, то в сердечник закладывают несколько таких модулей.

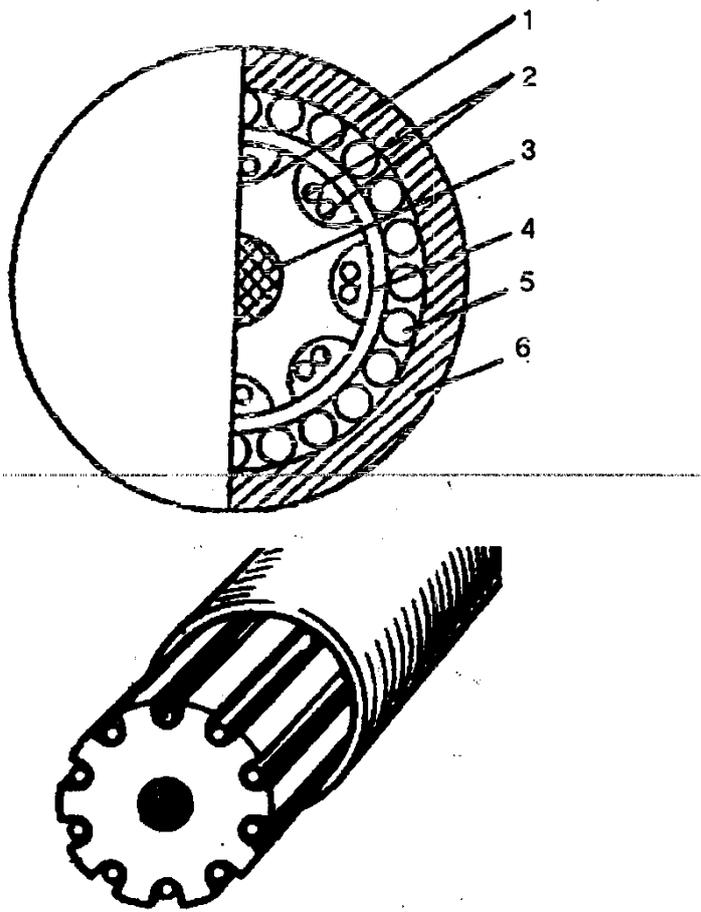


Рис. 2.8. Магистральный оптический кабель (конструкция с профилированным сердечником):

- 1 – профилированный сердечник;
- 2 – оптическое волокно;
- 3 – центральный силовой элемент из стеклопластикового стержня;
- 4 – внутренняя пластмассовая обмотка;
- 5 – стеклопластиковые стержни;
- 6 – наружная полиэтиленовая оболочка

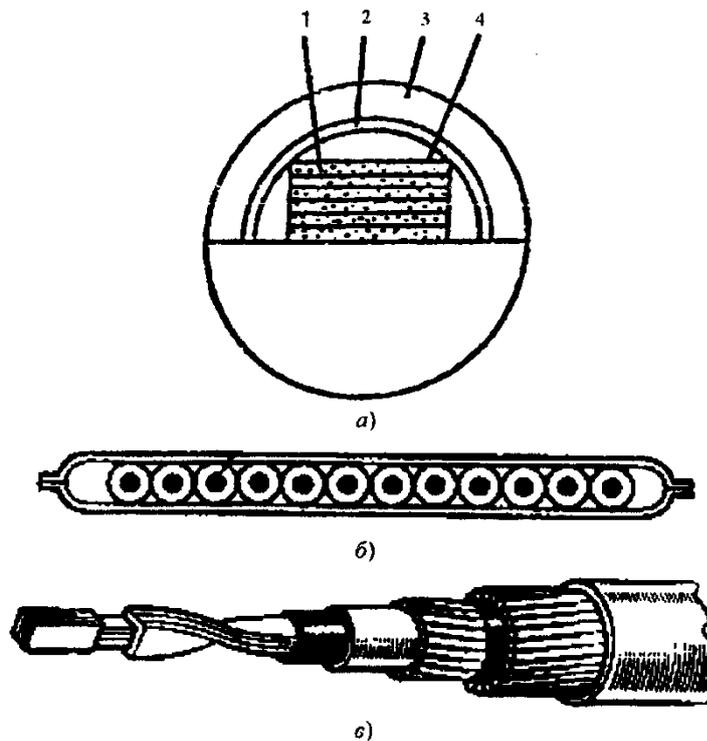


Рис. 2.9. Кабель ленточного типа:

а – структура кабеля:

1 – ОВ;

2 – демпфирующая оболочка

3 – внешняя защитная оболочка;

4 – лента

б – лента с волокнами;

в – вид кабеля сбоку

Кабель ленточного типа (рис. 2.9) состоит из набора плоских пластмассовых лент, в которые вмонтировано определенное число (чаще всего 12) оптических волокон. В стопке расположено 6, 8 или 12 лент.

2.4 Маркировка оптических кабелей.

Как показывает практика, разные фирмы-производители используют различные обозначения для оптических кабелей, поэтому маркировка иногда различается.

Маркировка ОКС может быть записана условно в следующем виде:

NNNPВ-Н-n1-n2-n3/n4-n5/n6-A,

где n1 - диаметр сердцевины ОВ обычно равный 10 мкм для одномодовых волокон или 50 (62,5) мкм для многомодовых ОВ (показатель в марке кабеля может быть опущен);

n2 - номер разработки конструкции данного типа ОК;

n3 - максимальное затухание ОВ, дБ/км;

n4 - максимальная дисперсия ОВ, пс/(нм*км) (показатель в марке кабеля может быть опущен);

n5 - число ОВ;

n6 - число медных жил для дистанционного питания (ДП)

(показатель в марке кабеля может быть опущен);

NNN-наименование кабеля, определяемое его назначением и рабочей длиной волны ОВ.

P - обозначение типа металлической оболочки (при отсутствии металлической оболочки опускается);

B - обозначение типа бронепокрова (может быть опущено);

H - параметр, указываемый в маркировке кабелей с не распространяющей горение оболочкой;

А - параметр, указываемый в маркировке кабелей, для оптических волокон которых характерна избирательность коэффициента широкополосности (например, от 500 до 800 МГц•км).

Различают следующие группы оптических кабелей: магистральный (Л), зонный (З), городской (К), полевой (П), подводный грузонесущий (Г), подводный негрузонесущий (Н), для стационарных объектов и сооружений (С), для подвижных объектов (бортовой) (Б), специальный для дистанционного управления (Д), монтажный (М), шнур (Ш). Группы подразделяются на подгруппы: для стационарной прокладки (С), для нестационарной прокладки (Н).

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются оптические кабели следующих наименований:

ОН - стационарный кабель на длину волны 0,85 мкм;

ОКС - оптический кабель стационарный на длину волны 0,85 мкм;

ОК - линейный оптический кабель для ГТС на длину волны 0,85 мкм;

ОКК - то же, на длину волны 1,3 мкм;

ОЗКГ - линейный оптический зонный кабель с броней из круглых проволок для прокладки в грунт с ОВ на длину волны 1,3 мкм;

ОКЗ - линейный оптический кабель для зонных линий связи с ОВ на длину волны 1,3 мкм;

ОМЗКГ - оптический одномодовый кабель для магистральных и зонных линий связи для прокладки в грунт с ОВ на длину волны 1,3 мкм;

ОМЗВ - то же, для прокладки под водой с ОВ на длину волны 1,3 мкм;

ОКЛ - линейный оптический одномодовый кабель для магистральных и зонных линий связи с ОВ на длину волны 1,55 мкм; ОКГ - специальный оптический одномодовый кабель линейный для магистральных и зонных линий связи с ОВ на длину волны 1,55 мкм для прокладки в грунт;

ОКВ - то же, но для прокладки под водой на глубину до 500 м. В конструкциях ОКС используются медные и алюминиевые металлические оболочки, которые маркируются соответственно буквами М и А. Бронепокровы ОК маркируются, следующим образом: из круглых проволок - К; из стальных лент - Б; из стальных проволок (оплетка) - О; из стеклоплетки - С. Если кабель имеет оболочку, не распространяющую горение, то в конце наименования после обозначения типа бронепокровов указывается буква Н. Например, ОКК-Н-50-01-0,7-8; ОКЗК-Н-0,7-4/4.

Для ГТС были разработаны следующие типы оптических кабелей: ОК-50-2-5-4, ОК50-2-3-4, ОК-50-2-5-8, ОК-50-2-3-8. Они предназначены для прокладки в телефонной канализации, трубах, блоках и коллекторах ручным или механизированным способами.

Стационарные кабели, предназначенные для работы в помещениях телефонных станций, имеют следующую маркировку: ОН50-1-5-1, ОН-50-1-3-1, ОН-50-1-5-2, ОН-50-1-3-2. Во всех кабелях ГТС в основу конструкции заложен оптический модуль.

(Показ фильма «История развития оптоволоконных линий связи» + обсуждение) 2 часа

3. ТЕОРИЯ ПЕРЕДАЧИ ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

3.1 Уравнения Максвелла.

Основные уравнения электромагнитного поля, называемые уравнениями Максвелла, обобщают два основных закона электротехники: закон полного тока и закон электромагнитной индукции.

Согласно закону полного тока линейный интеграл напряженности магнитного поля по любому замкнутому контуру равен полному току, протекающему через поверхность, ограниченную этим контуром. Полный ток складывается из токов смещения и токов проводимости:

...

$$\oint H dl = I_{см} + I_{пр}$$

(1)

Уравнение (1) называется первым уравнением Максвелла.

В соответствии с законом электромагнитной индукции, открытым Фарадеем, электродвижущая сила, возникающая в контуре при изменении магнитного потока Φ , пронизывающего поверхность, ограниченную контуром, равна скорости изменения этого потока со знаком минус:

$$\oint E dl = -(d\Phi / dt) \quad (2)$$

Это уравнение называют вторым уравнением Максвелла. Уравнения (1) и (2) представлены в интегральной форме. Для решения практических задач чаще используются уравнения Максвелла в дифференциальной форме:

$$\text{rot } H = \sigma E + \epsilon_a (\partial E / \partial t) = \sigma E + j\omega \epsilon_a E, \quad (3)$$

$$\text{rot } E = -\mu_a (\partial H / \partial t) = -j\omega \mu_a H. \quad (4)$$

Здесь σ (сигма), ϵ_a (эпсилон), μ_a (мю) - соответственно проводимость, абсолютные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды; σ_e - плотность тока проводимости (т.е. тока в металлических массах), $j\omega \epsilon_a E$ - плотность тока смещения (т.е. тока в диэлектрике).

С физической точки зрения уравнение (3) показывает, что изменяющееся электрическое поле создает вокруг себя магнитное поле (вихрь H), а уравнение (4) - что всякое изменение магнитного поля сопровождается появлением электрического поля (вихрь E). В целом изменение одного поля приводит к появлению другого поля, в результате действует и распространяется комплексное электромагнитное поле, переносящее электромагнитную энергию в пространстве и направляющих системах.

Среды могут существенно отличаться друг от друга по величине удельной проводимости σ . Чем больше удельная проводимость, тем больше плотность тока проводимости. Часто для упрощения анализа используются понятия идеального проводника и идеального диэлектрика. Идеальный проводник - это среда с бесконечно большой удельной проводимостью, а идеальный диэлектрик - среда, не обладающая проводимостью. В идеальном проводнике может существовать только ток проводимости $j_{\text{пр}} = \sigma E$, а в идеальном диэлектрике - только токи смещения $j_{\text{см}} = j\omega \epsilon_a E$.

При рассмотрении процессов в проводниках током смещения можно пренебречь, и расчетные формулы приобретут вид:

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } H &= \sigma E \\ \text{rot } E &= -j\omega \mu_a H \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Здесь для циркуляции тока проводимости должны иметься прямой и обратный провод, т.е. направляющая: система должна быть двухпроводной (симметричные, коаксиальные цепи, полосковые линии).

В диэлектрических направляющих системах (диэлектрические волноводы, световоды), а также в атмосфере преобладают токи смещения, и для их анализа пользуются уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } H &= j\omega \epsilon_a E \\ \text{rot } E &= -j\omega \mu_a H \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

3.2 Теорема Умова-Пойтинга.

Теорема Умова-Пойтинга характеризует баланс энергии электромагнитного поля.

$$W = \frac{1}{2} \int \left(\epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{\mu_0} \right) dV, \quad (7)$$

Где $\varepsilon_0 E^2$ - энергия электрического поля в единице объема.

$$\frac{B^2}{\mu_0}$$

- энергия магнитного поля в единице объема.

Используя уравнения Максвелла, получаем

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \int_V \left(\varepsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{\mu_0} \right) dV = - \oint_S \Pi dS - \int_V (j \cdot E) dV \quad (8)$$

здесь $\varepsilon_0 E^2$ - энергия электрического поля;

$$\frac{B^2}{\mu_0} - \text{энергия магнитного поля;}$$

dV - элемент объема V ;

Π - вектор Пойнтинга;

dS - элемент поверхности S охватывающей объем V ;

j - элементарный ток;

E - напряженность электрического поля.

Количество энергии, распространяющейся в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению потока энергии, выражается векторной величиной

$$\Pi = [E \times H],$$

называемой вектором Умова-Пойнтинга (вектором Пойнтинга).

Направление движения электромагнитной энергии в пространстве показывает направление вектора Пойнтинга. Теорема Пойнтинга позволяет установить связь между напряженностями полей E и H на поверхности какого-либо объема с потоком энергии, входящей в этот объем либо выходящей из него.

Например, зная компоненты электромагнитного поля E_z и H_ϕ можно определять энергию, распространяющуюся вдоль проводника Π_z . Энергия, излучаемая в пространство, характеризуется радиальной составляющей вектора Пойнтинга Π_r .

Таким образом, уравнения Максвелла дают принципиальную возможность точно решить практически любую электродинамическую задачу, включая передачу сигналов связи по различным направляющим системам в разных диапазонах частот.

3.3 Расчет параметров передачи двухпроводных направляющих систем.

Рассмотрим процесс распространения электромагнитной энергии вдоль однородной симметричной цепи. Пусть имеем однородную цепь без потерь, состоящую из двух одинаковых проводников а и б круглого сечения радиуса $r = r_a = r_b$. Совместим начало цилиндрической системы координат с началом провода а. При этом ось z совпадает с осью проводника, а ось r проходит через центры проводников а и б (рис. 2.1, а). В режиме согласования, при $Z_0 = Z_b = Z_1$, в цепи будут только падающие волны, т.е. волны, распространяющиеся в положительном направлении оси z . Пусть в цепи распространяется волна типа Т. Тогда векторы напряженности электрического и магнитного полей в любой точке пространства, окружающего проводники, находятся в плоскости, перпендикулярной к оси проводников.

Предположим, что в сечении цепи, проходящем через точку m , на проводе а будет положительный потенциал, а на проводе б - отрицательный в соответствии с направлением тока на рисунке. Тогда вектор напряженности электрического поля E в точке m в цилиндрической системе координат будет равен E_r и направлен от провода а к проводу б.

Вектор напряженности магнитного поля H в соответствии с правилом буравчика в этой точке в цилиндрической системе координат равен $H_\phi = H_{\phi a} + H_{\phi b}$. Тогда вектор Пойнтинга по правилу буравчика будет направлен от генератора к нагрузке параллельно оси провода (ось z).

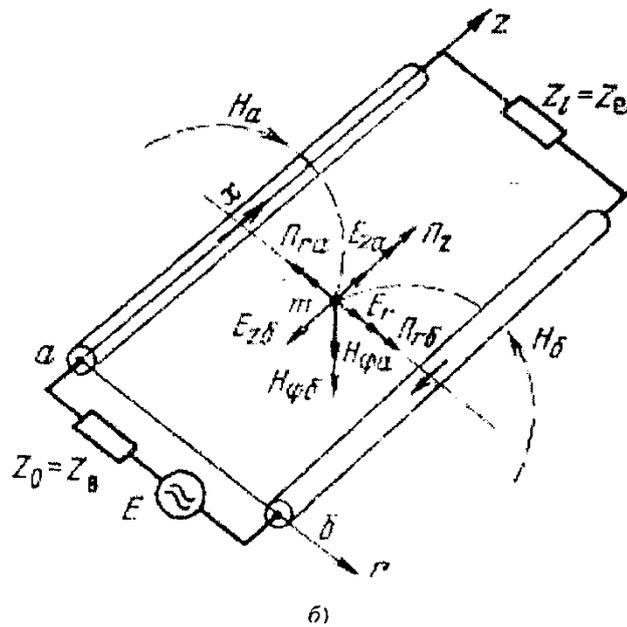
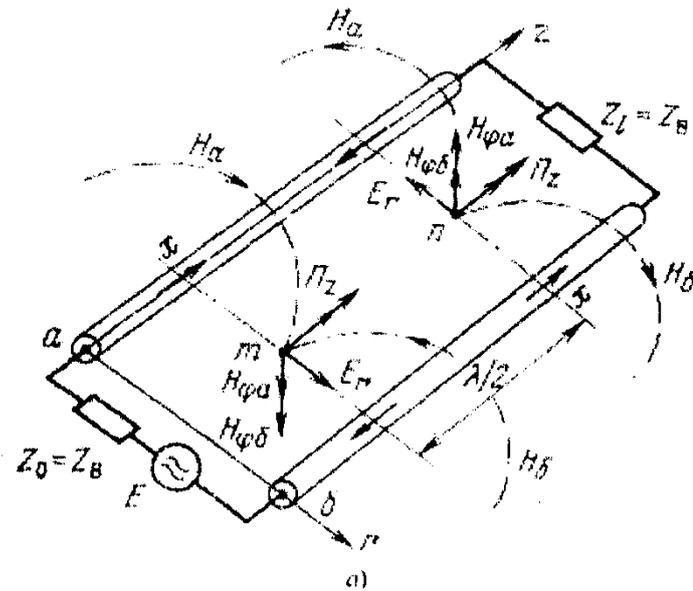


Рис. 2.1. Распространение электромагнитной энергии вдоль однородной цепи без потерь (а) и с потерями (б).

В сечении, отстоящем на расстоянии $\lambda/2$, направления векторов E и H изменяются на противоположные, а направление вектора Пойнтинга Π останется неизменным, хотя токи в проводниках имеют противоположное направление. Отсюда следует, что электромагнитная энергия передается от генератора к нагрузке не зарядами, движущимися по проводникам, т.е. электрическим током, а электромагнитным полем, которое распространяется в окружающем проводник диэлектрике. Провода здесь являются только системой, направляющей движение волн в канале между проводами, осью которой является ось цепи (ось z).

В однородной цепи с потерями, обладающей активным сопротивлением, кроме возникновения напряжения между проводами U_r , происходит еще и его падение вдоль проводов U_z . Поэтому в цепи с потерями электрическое поле характеризуется двумя составляющими – E_r и E_z (рис. 2.1 б). Вектор напряженности магнитного поля H_φ лежит в плоскости, перпендикулярной оси проводников, так как ток течет вдоль оси z .

Составляющие E_{za} и $E_{zб}$ вызывают появление составляющих векторов Пойнтинга Π_{ra} и $\Pi_{rб}$ направленных перпендикулярно оси линии и поверхностям проводников. Таким образом,

вектор $\Pi_{ra} = [E_{za} \times H_\varphi]$ характеризует энергию, переносимую волной вдоль цепи к нагрузке за единицу времени.

Векторы $\vec{P}_{ra} = [\vec{E}_{za} \times \vec{H}_\varphi]$ и $\vec{P}_{rb} = [\vec{E}_{zb} \times \vec{H}_\varphi]$ характеризуют энергию, входящую в провода а и б за единицу времени.

Часть энергии, вошедшей в провода, сосредоточивается в магнитном поле внутри проводов и определяется их внутренней индуктивностью $L_{\text{внутр.}}$. Другая часть энергии, сосредоточенная в электрическом поле, идет на нагревание проводников, рассеиваясь в виде тепла в окружающем пространстве, и характеризуется активным сопротивлением проводников R .

Основная часть энергии, движущейся вдоль проводов, сосредоточена межпроводном электрическом и магнитном полях, а некоторая часть теряется в диэлектрике. Изменение межпроводного электрического и магнитного полей характеризуется межпроводной (внешней) индуктивностью $L_{\text{внешн.}}$, емкостью C и проводимостью изоляции G .

Параметры R , $L = L_{\text{внутр.}} + L_{\text{внешн.}}$, C и G носят название первичных параметров цепи. Первичные параметры равномерно распределены по всей длине цепи. При этом R и G обуславливают активные потери энергии соответственно в проводниках, других металлических частях кабеля и изоляции цепи.

3.4. Основные уравнения передачи по двухпроводным направляющим системам.

При изучении процессов распространения электромагнитной энергии вдоль двухпроводных электрических цепей с распределенными параметрами сами цепи характеризуются своими параметрами, а процессы в них - напряжениями и токами, которые зависят от двух переменных: времени и пространственной координаты.

Для получения исходных соотношений, определяющих процессы в цепях, используют первичные параметры цепи. Параметры R и L отображают в эквивалентной схеме продольное сопротивление цепи $Z = R + j\omega L$, а параметры C и G - поперечную суммарную проводимость цепи $Y = G + j\omega C$.

Если значения первичных параметров цепи остаются неизменными по всей длине, то такую цепь называют однородной. При этом активные потери электромагнитной энергии при ее распространении вдоль цепи обусловлены первичными параметрами R и C : первый характеризует тепловые потери в проводниках, второй - потери в изоляции.

Рассмотрим однородную цепь с первичными параметрами R , L , C G (рис. 2.2). На входе цепи подключен генератор с внутренним сопротивлением Z_0 , а в конце цепь нагружена на сопротивление Z_1 , при этом напряжение и ток в начале цепи - U_0, I_0 , а в конце цепи - U_1, I_1 . На бесконечно малом участке dx на расстоянии x от начала цепи обозначим протекающий ток I , напряжение между проводами U . Тогда при синусоидальном токе и напряжении в комплексной форме можно записать падение напряжения и утечку тока на dx :

$$\begin{cases} -\frac{dU}{dx} = I(R + j\omega L) \\ -\frac{dI}{dx} = U(G + j\omega C) \end{cases}$$

Полученная система дифференциальных уравнений в символической форме определяет напряжение и ток в любой точке цепи как функции координаты x и справедлива по отношению к любой однородной цепи независимо от ее конструкции. Изменение конструкции приводит только к изменению численных значений первичных параметров.

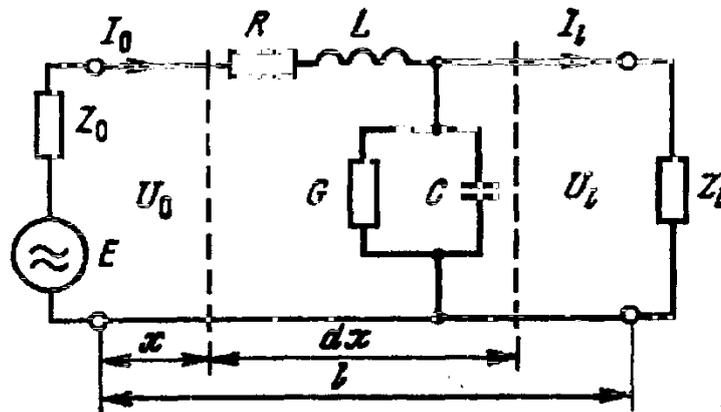


Рис. 2.2. Эквивалентная схема однородной цепи

Для решения системы относительно U и I исключим величину I из первого уравнения, а U - из второго.

Полученные после преобразований напряжение и ток представим в виде двух составляющих - комплексных амплитуд напряжений (токов) падающей и отраженной волн:

$$U = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x} = U_{\text{пад}} + U_{\text{отр}}$$

$$I = \frac{A}{Z_b} e^{-\gamma x} - \frac{B}{Z_b} e^{\gamma x} = I_{\text{пад}} - I_{\text{отр}}$$

Установим соотношение между комплексными амплитудами падающих и отраженных волн в однородной цепи. В любой точке цепи, т.е. при любых x , соотношения

$$\frac{U_{\text{пад}}}{I_{\text{пад}}} = -\frac{U_{\text{отр}}}{I_{\text{отр}}} = Z_b$$

Z_b — волновое сопротивление

Таким образом, отношение комплексных амплитуд напряжения и тока в падающей (отраженной) волне в любом сечении линии определяется волновым сопротивлением, которое свойственно данной цепи и где зависит от ее длины.

3.5 Вторичные параметры направляющих систем.

Вторичными параметрами направляющей системы часто пользуются на практике как наиболее просто поддающимися измерению. В свою очередь Z и γ полностью определяются первичными параметрами цепи R, L, C, G .

Волновое сопротивление - это сопротивление, которое встречает электромагнитная волна при распространении вдоль однородной линии без отражения. По своей физической природе величина волнового сопротивления не зависит от длины волны и постоянна в любой точке цепи.

В общем виде волновое сопротивление является комплексной величиной и определяется через первичные параметры:

$$Z_B = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} = |Z_B| e^{-j\varphi} \quad (9)$$

Как видно из (9), волновое сопротивление не зависит от длины для однородной цепи, а его частотную зависимость определяют первичные параметры.

При постоянном токе модуль волнового сопротивления составит

$$|Z_B| = \sqrt{\frac{R_0}{G_0}}, \text{ а фаза равна нулю } \varphi = 0$$

Коэффициент распространения (1 /км) является комплексной величиной и может быть представлен в виде суммы ее действительной и мнимой частей:

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

Действительная часть α и мнимая часть β характеризуют соответственно затухание и изменение фаз тока и напряжения, а та же мощности на участке цепи длиной 1 км и называются коэффициентом затухания и коэффициентом фазы.

Уменьшение или ослабление энергии объясняется двумя видами потерь - потерями в металле и потерями в диэлектрике. При прохождении тока по цепи нагреваются токопроводящие жилы создаются тепловые потери энергии. С ростом частоты эти потери увеличиваются, так как возрастает активное сопротивление (увеличивается интенсивность вихревых токов).

Потери энергии в изоляции обусловлены несовершенством применяемых диэлектриков (G_0) и затратами энергии на диэлектрическую поляризацию ($G_{пер.}$).

Углом $\varphi = -\beta l$ характеризуют изменение угла векторов тока или напряжения на участке цепи длиной l . Величина $\alpha = \alpha l$ носит название собственного затухания цели (затухание сигнала в согласованно нагруженной однородной цепи).

Затухание принято оценивать в децибелах (дБ):

$$\alpha = \alpha l = 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_1} \right| = 20 \lg \left| \frac{I_0}{I_1} \right| = 10 \lg \left| \frac{P_0}{P_1} \right|$$

Где P_0 и P_1 мощность в начале и в конце линии.

Затухание в 10 дб соответствует уменьшению мощности в 10 раз, а тока или напряжения в 3,17 раза.

Коэффициент фазы β измеряется в радианах или градусах на 1 км (1рад=57,3°).

Расчетные формулы коэффициентов α и β через первичные параметры передачи могут быть получены из выражений

$$\alpha^2 + \beta^2 = \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}$$

$$\alpha^2 - \beta^2 = RG - \omega^2 LC$$

Решая эти уравнения относительно α (дБ/км) и β (рад/км), получаем

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 8.7 \sqrt{\frac{1}{2}(\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - (\omega^2 LC - RG))} \\ \beta &= \sqrt{\frac{1}{2}(\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + (\omega^2 LC - RG))} \end{aligned} \right\}$$

Для практических расчетов вторичные параметры цепей записывают в следующем виде:

$$\alpha = a\sqrt{\omega} + b\omega + a_0$$

где первый член характеризует потери в металле, второй - в диэлектрике, третий - значение потерь при постоянном токе;

$$\beta = a_1 \omega + a\sqrt{\omega}$$

Где $a_1 = t_3 = \sqrt{L_{\text{внеш}} C}$ – время задержки электромагнитной энергии в цепи с/км;

a – коэффициент нелинейности коэффициента фазы.

Коэффициенты a, b, a_0, a_1 , определяются конструктивными параметрами цепей или по экспериментальным частотным зависимостям α и β рассматриваемой цепи.

В высокочастотном диапазоне потери в проводниках цепей намного превышают потери в диэлектрике, и с определенной погрешностью можно пользоваться следующими выражениями:

$$\alpha = a\sqrt{\omega} + a_0, \quad \beta = a_1\omega + a\sqrt{\omega}$$

3.6 Физические процессы при передаче импульсных сигналов.

Для выявления качественной картины распространения импульсных сигналов в линии связи предположим, что коэффициент затухания цепи не зависит от частоты ($a = \text{const}$), а коэффициент фазы – линейная функция частоты $\beta = \omega\sqrt{LC}$. Такими качествами

обладают цепи, у которых первичные параметры удовлетворяют так называемому условию Хевисайда $LG=CR$ (при этом

$$Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \alpha = \sqrt{RG}, \quad \beta = \omega\sqrt{LC}$$

Если такая цепь нагружена согласованно, то комплексные амплитуды напряжений и токов в ней определяются уравнениями

$$U = U(x) = U_0 e^{-\gamma x} = U_0 e^{-\gamma\alpha} e^{-j\omega\sqrt{LC}x}$$

$$I = I(x) = I_0 e^{-\gamma x} = I_0 e^{-\gamma\alpha} e^{-j\omega\sqrt{LC}x}$$

При принятом условии сигналы по цепи будут передавать без искажения их формы, так как при $\beta = \omega\sqrt{LC}$ все частотные составляющие сигнала распространяются вдоль цепи с одной и той же скоростью $v_{\text{ф}} = 1/\sqrt{LC}$ и в любой данной точке цепи испытывают одинаковое затухание $e^{-\alpha x}$.

В реальных цепях в общем случае коэффициент затухания является частотно-зависимым (3.47), а коэффициент фазы имеет нелинейность в низкочастотном диапазоне. Поэтому при передаче импульсных сигналов по реальным цепям возникают не только изменения их амплитуды, но и искажение формы.

Для оценки качества передачи по цепям импульсных сигналов пользуются ее временными характеристиками передачи (ВХП) переходной функцией $h(t)$ или импульсной переходной функцией $g(t) = dh(t)/dt$.

С физической точки зрения $h(t)$ – напряжение на выходе цепи при воздействии на его вход единичного скачка напряжения $U_{\text{вх}}(t) = 1(t)$; $g(t)$ – напряжение на выводе цепи при воздействии на ее вход прямоугольного импульса в виде дельта-функции ($\delta(t)$). При этом из теории электрических цепей известно, что частотные и временные характеристики цепи взаимно связаны и могут быть выражены друг через друга преобразованиями Лапласа или Фурье.

4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты

4.1 Основные понятия о влиянии между симметричными цепями.

Рассмотрим природу влияний между симметричными цепями кабеля на примере двух цепей, поперечный разрез которых показан на рис. 4.1. Допустим, что по цепи,

образованной жилами 1 и 2, протекает переменный ток. Под действием этого тока вокруг цепи 1-2 создается переменное электромагнитное поле, которое может быть представлено в виде суммарного действия электрического и магнитного полей. Под действием электрического поля цепи 1-2 на жилах 3 и 4 возникают электрические заряды, которые вследствие различия расстояния между жилами 1, 2 и 3, 4 будут разной величины. Индуцированные заряды создают между жилами 3, 4 разность потенциалов, под действием которой в цепи 3-4 протекает ток. Наведенный ток достигает приемника, включенного на конце цепи, и создает мешающее влияние. Влияние, обусловленное действием электрического поля, называют электрическим влиянием.

Одновременно с электрическим влиянием между цепями действует и магнитное влияние. При прохождении переменного тока по цепи 1-2 вокруг нее создается переменное магнитное поле, в котором расположены жилы цепи 3-4. В результате магнитной индукции в жилах 3 и 4 наводится ЭДС, которая и создает ток в цепи 3-4. Этот ток достигает приемника, включенного на конце цепи, и оказывает мешающее действие. Влияние, обусловленное действием магнитного поля, называют магнитным влиянием.

Чем выше частота передаваемого тока по цепи, тем быстрее протекает процесс изменения электрического и магнитного полей и тем больше величины наведенных ЭДС и токов в соседних цепях.

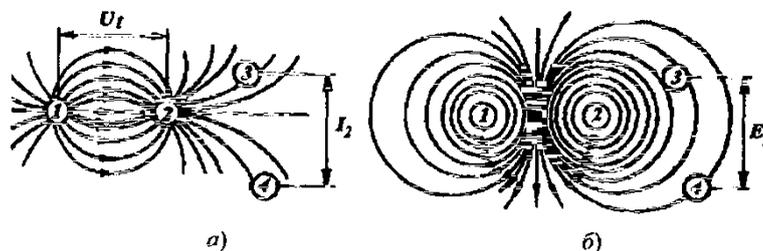


Рис. 4.1. Схемы взаимных электрического (а) и магнитного (б) влияний

Цепь, являющаяся источником электромагнитного поля, называется влияющей, а цепь, в которой возникают токи и напряжения помех, - подверженной влиянию.

Количественной характеристикой электрического и магнитного влияний являются электрические и магнитные связи.

Электрическая связь на участке dx , отстоящем на расстоянии от начала цепи, определяется отношением приращения наведенного тока в цепи, подверженной влиянию, к напряжению во влияющей цепи;

$$K_{12}(x) = \frac{1}{U_1(x)} \cdot \frac{dI_2(x)}{dx} = g_{12}(x) + j\omega C_{12}(x),$$

где $g_{12}(x)$ – активная составляющая электрической связи, См/км;
 $C_{12}(x)$ – емкостная связь, Ф/км.

Магнитная связь на участке dx , отстоящем на расстоянии от начала цепи, определяется отношением приращения ЭДС в цепи, подверженной влиянию, к току во влияющей цепи с обратным знаком:

$$M_{12}(x) = -\frac{1}{I_1(x)} \cdot \frac{dE_2(x)}{dx} = r_{12}(x) + j\omega m_{12}(x),$$

где $r_{12}(x)$ – активная составляющая магнитной связи, Ом/км;
 $m_{12}(x)$ – индуктивная связь, Гн/км.

Величины g , C , r , m называют первичными параметрами влияния

4.2. Первичные и вторичные параметры влияния.

Чтобы понять причину появления и физическую сущность электрической и магнитной связей, рассмотрим эквивалентные схемы связей между цепями одной четверки в сечении x на участке dx линии (рис. 5.3).

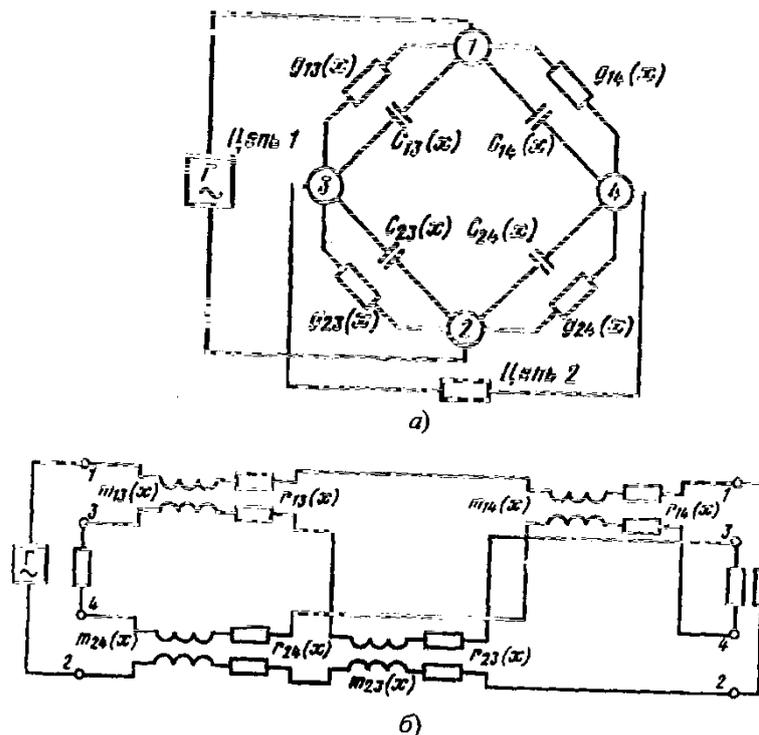


Рис. 4.2. Мостовые схемы электрической (а) и магнитной (б) связей.

Емкостная связь между цепями одной четверки определяется величинами частичных емкостей между жилами 1 и 2 первой цепи и жилами 3 и 4 второй цепи, как показано на рис. 4.2, а. Частичные емкости $C_{13}(x)$, $C_{23}(x)$, $C_{14}(x)$, $C_{24}(x)$ образуют мостовую схему, где цепь 1-2 является влияющей, а цепь 3-4 - подверженной влиянию. Если

$$\underline{[C_{13}(x) + C_{24}(x)] = [C_{14}(x) + C_{23}(x)]},$$

то мост находится в уравновешенном состоянии, и емкостное влияние между цепями на участке dx в сечении x отсутствует.

Если же это условие соблюдается по всей длине линии, то между цепями будет отсутствовать влияние за счет емкостной связи. Емкостная связь между цепями вызвана изменением по длине линии диэлектрической проницаемости изоляции жил, ее толщины, взаимного расположения жил в четверке и т. д.

Она определяется уравнением

$$\underline{K(x) = [C_{13}(x) + C_{24}(x)] - [C_{14}(x) + C_{23}(x)]}.$$

Активная составляющая электрической связи $g(x)$ обусловлена асимметрией потерь энергии в диэлектрике, окружающем жилы кабеля.. При протекании переменного тока по жилам кабеля в диэлектрике возникают потери, пропорциональные проводимости изоляции ($\omega C \tan \delta$). Если диэлектрик неоднороден по своим электрическим свойствам, или толщина изоляции жил различна, или сердечник кабеля деформирован и т. д., то частичные потери в диэлектрике $g_{13}(x)$, $g_{14}(x)$, $g_{23}(x)$, $g_{24}(x)$ по длине линии будут не одинаковыми. Это нарушает симметрию моста и создает условие для взаимного перехода энергии из одной щели в другую.

Активная составляющая электрической связи определяется через частичные проводимости изоляции уравнением

$$g(x) = [g_{13}(x) + g_{24}(x)] - [g_{14}(x) + g_{23}(x)].$$

Индуктивная связь $m(x)$ и активная составляющая магнитной связи $\gamma(x)$ также могут быть представлены мостом частичных взаимных индуктивностей $m_{13}(x), m_{14}(x), m_{23}(x), m_{24}(x)$ и сопротивлений $r_{13}(x), r_{14}(x), r_{23}(x), r_{24}(x)$ (рис. 4.2, б).

Коэффициент индуктивной связи характеризует асимметрию моста и определяется по формуле

$$m(x) = [m_{13}(x) + m_{24}(x)] - [m_{14}(x) + m_{23}(x)].$$

Активная составляющая магнитной связи $\gamma(x)$ обусловлена асимметрией потерь на вихревые токи в соседних жилах, экране, оболочке из-за несимметричного расположения жил цепи относительно других цепей и оболочки, а также различием диаметров жил цепи:

$$r(x) = [r_{13}(x) + r_{24}(x)] - [r_{14}(x) + r_{23}(x)].$$

Таким образом, активная составляющая магнитной связи обусловлена асимметрией потерь на вихревые токи в металле, а активная составляющая электрической связи - асимметрией потерь в диэлектрике.

Соотношения между электрическими и магнитными связями, их активными и реактивными составляющими могут быть различными в зависимости от типа цепей, диапазона передаваемых частот и ряда других факторов.

В области низких частот (ниже 10 кГц) определяющими являются емкостные связи. На высоких частотах: (более 100 кГц) влияния между цепями обусловлены как емкостными, так и магнитными связями.

4.3. Основные уравнения влияния .

Электромагнитные связи, вызывающие влияние между цепями, подразделяют на регулярные и нерегулярные. Регулярные связи определяются номинальными геометрическими размерами кабельных жил, номинальными расстояниями между ними и оболочкой при условии идеального выполнения всех элементов конструкции кабеля. Нерегулярные связи обусловлены неизбежным отклонением конструкции кабеля от идеально симметричной (смещение жил в поперечном сечении кабеля, неравенство шагов скрутки и т. д.) и зависят от множества случайных факторов, зачастую не поддающихся точному учету. По названию электромагнитных связей влияния между цепями подразделяются на регулярные и нерегулярные.

В теории влияния конец цепи, на котором во влияющую цепь включен генератор (источник сигнала), называют ближним. Противоположный конец линии называют дальним. Соответственно рассматривают и два вида влияния: на ближнем и дальнем концах

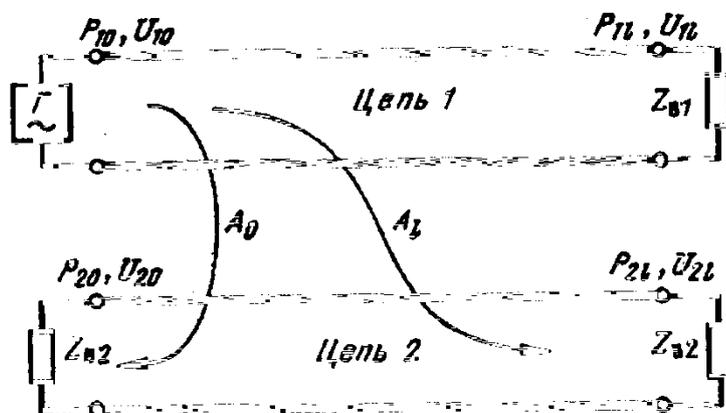


Рис. 4.3 Влияние между цепями.

Переходные затухания по мощности на ближнем конце A_0 и дальнем конце A_1 определяются в децибелах:

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= 10 \lg \left| \frac{P_{10}}{P_{20}} \right| \\ A_1 &= 10 \lg \left| \frac{P_{10}}{P_{21}} \right| \end{aligned} \right\},$$

где P_{10} – мощность сигнала на ближнем конце влияющей цепи;
 P_{20} и P_{21} – мощности помех соответственно на ближнем и дальнем концах цепи, подверженной влиянию.

Используя известные соотношения $P_{10} = \frac{U_{10}^2}{Z_{B1}}$,

$P_{20} = \frac{U_{20}^2}{Z_{B2}}$, $P_{21} = \frac{U_{21}^2}{Z_{B2}}$, математические выраже-

ния для A_0 и A_1 можно представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= 20 \lg \left| \frac{U_{10}}{U_{20}} \right| - 10 \lg \left| \frac{Z_{B1}}{Z_{B2}} \right| \\ A_1 &= 20 \lg \left| \frac{U_{10}}{U_{21}} \right| - 10 \lg \left| \frac{Z_{B1}}{Z_{B2}} \right| \end{aligned} \right\}.$$

Аналогично можно выразить A_0 и A_1 через токи во влияющей и подверженной влиянию цепях.

Формулы для A_0 и A_1 дают возможность определить величины переходных затуханий по результатам измерений мощностей, напряжений или токов.

В технике связи для удобства вычислений при измерениях или электрических расчетах принято пользоваться абсолютными уровнями передачи по мощности p_M напряжению p_H или току p_I :

$$\begin{aligned} p_M &= 10 \lg \left(\frac{P_x}{P_0} \right), & p_I &= 20 \lg \left(\frac{I_x}{I_0} \right), \\ p_H &= 20 \lg \left(\frac{U_x}{U_0} \right), \end{aligned}$$

где P_x , U_x , I_x – соответственно мощность, напряжение и ток в линии в точке x ; $P_0 = 1$ мВ·А, $U_0 = 0,775$ В, $I_0 = 1,29$ мА – мощность, напряжение и ток, соответствующие абсолютному нулевому уровню.

Тогда следует:

$$A_0 = p_{M10} - p_{M20}, \quad A_1 = p_{M10} - p_{M21},$$

где p_{M10} , p_{M20} и p_{M21} - абсолютные уровни по мощности соответственно на ближнем конце влияющей цепи, ближнем конце и дальнем конце цепи, подверженной влиянию.

Аналогичной получим

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= p_{H10} - p_{H20} - 10 \lg \left| \frac{Z_{B1}}{Z_{H2}} \right| \\ A_i &= p_{H10} - p_{H21} - 10 \lg \left| \frac{Z_{B1}}{Z_{H2}} \right| \end{aligned} \right\}$$

Для обеспечения хорошего качества передачи сигналов необходимо, чтобы их мощность в точке приема P_c превосходила мощность помех P_p . Степень превышения мощности сигнала над мощностью помех определяется параметром защищенности, дБ:

$$A_3 = 10 \lg(P_c/P_p) = p_{M.c} - p_{M.c}$$

Защищенность цепей от взаимных электромагнитных влияний зависит от величины переходного затухания, для установления этой зависимости рассмотрим влияние между двумя цепями с одинаковым и противоположным направлениями передачи сигналов по цепям. На рис. 4.4, а представлены схемы влияния между цепями при передаче сигналов в одном направлении. Уровни сигналов в начале цепей 1 и 2 обозначены соответственно через P_{10} и P_{20} .

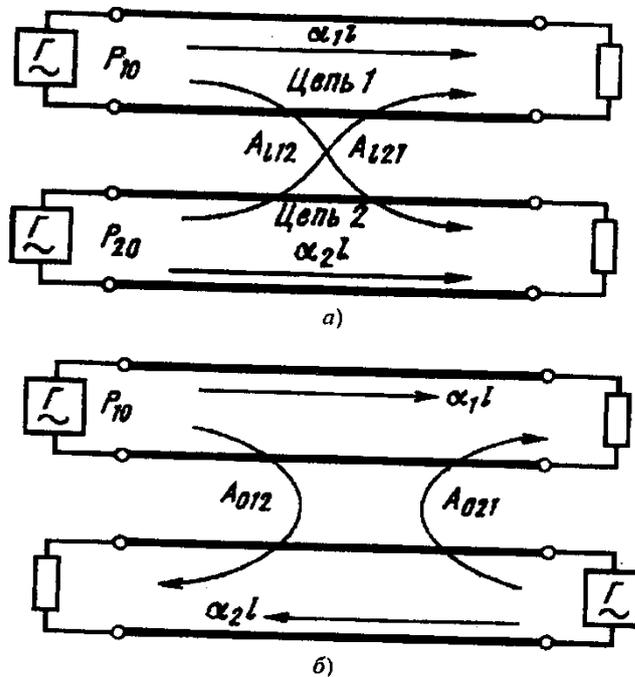


Рис. 4.4. Схема влияний между цепями:

а- при одинаковых направлениях передачи сигналов

б- при разных направлениях передачи сигналов

Из рис. 4.4. а следует что в конце цепи 2:

$$P_{C21} = P_{20} - \alpha_2 l, \quad P_{П21} = P_{10} - A_{112}$$

Защищенность цепи 2 на дальнем конце от электромагнитных влияний определяется согласно (5.28) как

$$A_{3112} = P_{20} - P_{10} - \alpha_2 l + A_{112}$$

Обычно в технике связи $p_{20} = p_{10}$, а $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$. В этом случае

$$A_{3112} = A_{112} - \alpha l. \quad (5.29)$$

На рис. 4.4, б приведена схема влияния между цепями при встречном направлении передачи сигналов. Уровни сигнала и помехи в конце цепи 2 согласно рисунку равны

$$p_{с2l} = p_{20} - \alpha_2 l, \quad p_{п2l} = p_{10} - A_{012} \cdot$$

Тогда защищенность на ближнем конце

$$A_{3012} = p_{20} - p_{10} - \alpha_2 l + A_{012} \cdot$$

Если $p_{20} = p_{10}$, а $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$, то

$$A_{3012} = A_{012} - \alpha l.$$

Параметры A_0 , A_1 , A_3 называют вторичными параметрами влияния.

5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний

5.1. Источники опасных и мешающих влияний.

На соединительные и абонентские линии ГТС могут оказывать влияние следующие посторонние источники: высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП); электрифицированный железно дорожный транспорт (эл. ж. д.); передающие радиостанции; промышленные установки различного назначения.

По интенсивности и характеру воздействия внешних источников на линии связи влияния разделяют на опасные и мешающие.

Опасными влияниями называют такие влияния, при которых напряжения и токи, возникающие в цепях связи, могут создать опасность для здоровья и жизни абонентов и работников эксплуатации, а также вызвать повреждение аппаратуры, приборов, кабеля связи.

Мешающие влияния проявляются в телефонных цепях и каналах связи в виде шумов, тресков, нарушения или ухудшения качества связи.

Первые два источника могут оказывать как опасные, так и мешающие влияния, последние два - только мешающие влияния. Наибольшее воздействие на линии ГТС оказывают высоковольтные линии электропередачи и электрифицированные железные дороги, которые вместе принято называть линиями высокого напряжения (ЛВН). Вокруг провода ЛВН создается интенсивное электромагнитное поле, которое вследствие электромагнитной индукции вызывает в линии связи посторонние напряжения и токи. Обычно при оценке влияния ЛВН на линии связи рассматривают отдельно воздействие электрического и магнитного полей. Электрическое поле вызывает электрическое влияние, а магнитное поле - магнитное влияние.

Электрическому влиянию, обусловленному наличием в ЛВН переменного электрического напряжения, подвержены в основном цепи воздушных линий связи. Подземные и подвесные кабели связи не подвержены электрическому влиянию, так как силовые линии электрического поля экранируются поверхностью земли и металлической оболочкой (экраном) кабеля.

Магнитному влиянию, обусловленному протекающими по проводам ЛВН токами, подвержены как воздушные, так и кабельные линии связи. В нашей стране для передачи электрической энергии в основном применяются трехфазные ЛЭП переменного тока промышленной частоты 50 Гц и напряжением от 3 до 750 кВ. Для передачи энергии на большие расстояния (более 1000 км) используются также ЛЭП постоянного тока с рабочим напряжением 400...1500 кВ. Высоковольтные линии передачи бывают воздушные и кабельные. Кабельные ЛЭП оказывают меньшее влияние, так как сказывается экранирующее действие кабельных оболочек.

При рассмотрении влияния на линии связи различают следующие режимы работы ЛВН: нормальный, вынужденный, аварийный.

Нормальный режим работы характеризуется условиями, при которых ЛВН работает постоянно.

Вынужденный режим - это режим, при котором ЛВН работает ограниченное время

(как правило, не более 2 ч) в несимметричном режиме (например, неполнофазный режим трехфазной ЛЭП или одностороннее питание контактной сети эл. ж. д. при временном отключении одной из смежных тяговых подстанций).

Аварийный режим имеет место при обрыве фазового провода трехфазной ЛЭП или контактного провода эл. ж. д. При этом в ЛЭП возникают либо высокое напряжение относительно земли (ЛЭП с изолированной нейтралью), вызывающее большое электрическое влияние, либо токи короткого замыкания (ЛЭП с заземленной нейтралью), вызывающие магнитное влияние. Наибольшее влияние на линии связи оказывают несимметричные ЛВН, так как напряженность электромагнитного поля около несимметричной линии существенно больше, чем у симметричной. В нормальном режиме работы несимметричные ЛВН могут оказывать как мешающие, так и опасные влияния; при этом опасные напряжения незначительны. В случае вынужденного и особенно аварийного режимов работы влияние на линии связи резко возрастает.

5.2. Меры защиты на линиях связи.

Основные меры защиты на линиях связи от опасных и мешающих влияний: применение кабелей связи с оболочками, имеющими повышенный экранирующий эффект; включение разрядников и предохранителей; включение редуционных трансформаторов; прокладка вдоль кабеля металлических тросов.

Экранирование кабелей связи. Экранирование является одной из основных мер защиты от опасных и мешающих влияний. Металлические оболочки (экраны) полностью защищают кабельные цепи связи от внешних электрических полей и частично снижают влияние магнитных полей. Физическая сущность экранирования металлической оболочки кабеля основана на создании индуцированными линиями высокого напряжения токов в оболочке встречного магнитного поля, которое частично компенсирует основное влияющее поле. Эффективность экранирования кабельных экранов оценивается коэффициентом экранирования, который в диапазоне низких частот называют коэффициентом защитного действия (КЗД). Различают идеальный и реальный КЗД. Идеальный КЗД соответствует идеальному заземлению, а реальный - конечному значению сопротивления заземления. Для тонального диапазона частот идеальный КЗД

$$S_{\text{ид}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 L^2 / R_{0\text{об}}^2}}, \quad (5.1)$$

где $R_{0\text{об}}$ — активное сопротивление экранирующих покровов кабеля постоянному току;

L — полная индуктивность экранирующих покровов.

Из формулы (5.1) видно, что для уменьшения КЗД (улучшения экранирования) необходимо уменьшать активное сопротивление и повышать индуктивность экранирующих покровов. Для обеспечения надежного экранирования необходимо строго выполнять нормы на величину сопротивления заземления экранов, так как чем меньше сопротивление заземления, тем тучше экранирование.

Существующие конструкции кабелей ГТС со свинцовыми оболочками (кабели ТГ, ТБ) и полиэтиленовыми оболочками с ленточными алюминиевыми экранами (кабели ТПП, ТПЛБ) имеют сравнительно большие КЗД на частоте 50 Гц. Существенно снизить (улучшить КЗД кабелей связи можно заменой свинцовых оболочек алюминиевыми (КЗД уменьшается в 7...8 раз). Для cableирования телефонных узлов в местах скопления большого количества ЛВН (например, на территории мощных электростанций) и для организации низкочастотных межстанционных соединительных линий в зоне повышенного влияния целесообразно использовать специально выпускаемые для таких целей кабели, имеющие алюминиевую оболочку и броню, защищенные полиэтиленовым шлангом.

Защита с помощью разрядников и предохранителей. На телефонных сетях для защиты от опасных напряжений и токов аппаратуры АТС, телефонных аппаратов

абонентов и кабелей связи широкое применение находят разрядники и предохранители. На городских телефонных сетях разрядники и предохранители устанавливают на кроссах, которые являются на телефонных станциях местом соединения линейных и станционных кабелей.

Для защиты от высоких напряжений, возникающих на линии связи, между проводом и землей включают разрядник. Защитная функция разрядника заключается в полном или частичном преобразовании энергии электрического поля наведенной волны, опасной своим высоким потенциалом, в энергию магнитного поля сниженным напряжением относительно земли. Основными рабочими элементами разрядника являются электроды, отделенные друг от друга искровым промежутком.

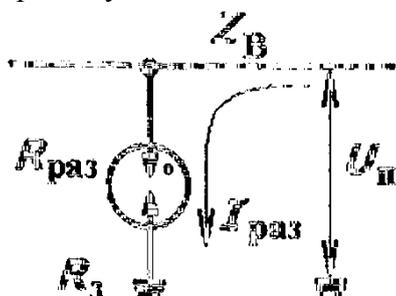


Рис. 5.1. Защитное действие разрядника.

При возникновении на разряднике высокого напряжения частотой 50 Гц или импульсного напряжения при грозовых разрядах с амплитудой, превышающей напряжение его зажигания, происходит пробой искрового промежутка (рис. 5.1). Тогда через разрядник потечет разрядный ток

$$I_{\text{раз}} = \frac{U_{\text{п}}}{Z_{\text{в}} + R_{\text{раз}} + R_{\text{з}}},$$

где $U_{\text{п}}$ – амплитуда падающей волны;
 $Z_{\text{в}}$ – волновое сопротивление цепи «провод–земля»;
 $R_{\text{раз}}$ – сопротивление разрядника;
 $R_{\text{з}}$ – сопротивление заземления.

Практически $Z_{\text{в}} \gg R_{\text{раз}} + R_{\text{з}}$, поэтому $I_{\text{раз}} = U_{\text{п}} / Z_{\text{в}}$.

При отекании разрядного тока наведенное напряжение уменьшается до величины падения напряжения на разряднике и заземлителе:

$$U = I_{\text{раз}} (R_{\text{раз}} + R_{\text{з}}).$$

Отсюда следует, что защитное действие разрядника возрастает с уменьшением сопротивления заземления. Поэтому очень важным условием надежной работы разрядников является строгое соблюдение норм на сопротивление заземления. На сетях ГТС используют в основном угольные двухэлектродные разрядники типа УР-500 с номинальным напряжением зажигания 500 В и газонаполненные трехэлектродные разрядники типа Р-27 с номинальным напряжением зажигания 350 В.

Защита от магнитного влияния ЛВН с помощью редуцирующих (компенсирующих) трансформаторов (РТ). Включение РТ позволяет снизить (улучшить) величину коэффициента защитного действия металлической оболочки кабеля связи. На ГТС наиболее целесообразно использовать РТ в местах сближения с ЛВН высокочастотных межстанционных соединительных линий. Снижение КЗД достигается за счет повышения индуктивной связи между металлической оболочкой и жилами кабеля путем включения в линию РТ с коэффициентом трансформации, равным единице. Первичная обмотка трансформатора из медного провода включается в разрыв оболочки, а вторичная обмотка выполняется из сердечника того же кабеля, что и защищаемый, но со снятой оболочкой. Сечение провода первичной обмотки выбирается не меньше эквивалентного сечения металлической оболочки.

5.3. Коррозия подземных кабелей связи.

Коррозия - это разрушение металла кабельных оболочек вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой. Главным признаком коррозии подземных кабелей связи является появление на их оболочках разрушенных участков в виде пятен, язв, трещин, воронок, сквозных повреждений и т. д.

В зависимости от условий протекания коррозионного процесса различают следующие основные виды коррозии: межкристаллитная, почвенная (электрохимическая) и коррозия блуждающими токами.

Межкристаллитная коррозия возникает по причине ослабления молекулярных связей между отдельными кристаллитами (зернами) металла, в результате чего на металлической оболочке кабеля появляются мелкие трещины. Чаще всего межкристаллитной коррозии подвергаются кабели в местах возможной вибрации (при прокладке кабеля вблизи рельсовых путей железных дорог и трамвая, вблизи шоссе дорог с интенсивным движением транспорта, по мостам), а также при длительной транспортировке кабеля на барабанах.

Кабели ГТС наиболее интенсивно подвергаются почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами. Рассмотрим более подробно эти виды коррозии.

Почвенная коррозия - это электрохимическое разрушение металла оболочки кабеля, вызываемое действием окружающей среды (почвы, грунтов, грунтовых и других вод). Скорость протекания почвенной коррозии зависит от содержания в почве солей, кислот, щелочей, органических веществ, от влажности и структуры грунта, соприкасающегося с кабельной оболочкой, от неравномерности доступа кислорода к оболочке.

Все процессы коррозии металлов в земле обусловлены перемещением ионов в электролите, которым являются в данном случае водные растворы кислот, щелочей, солей в земле, и соответственным перемещением электронов в самом металле. Каждый металл характеризуется своим электрохимическим потенциалом, который зависит от свойств металла. Величина электрохимического потенциала является показателем степени перехода ионов металла в электролит. Чем больше абсолютная величина отрицательного электрохимического потенциала, тем менее прочно он удерживает свои ионы и тем больше подвергается коррозии.

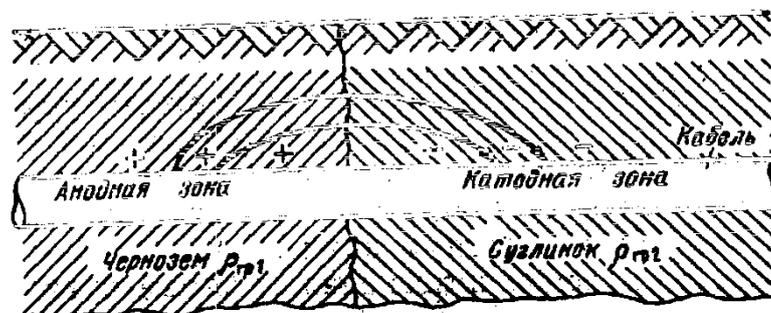


Рис. 5.2. Почвенная коррозия, обусловленная неоднородностью грунта.

В местах протекания тока оболочка имеет положительный потенциал. В этих местах образуется так называемая анодная зона. Здесь происходит переход от электродной проводимости в металле к ионной в электролите. Именно в анодных зонах и корродирует кабельная оболочка. В местах, где токи входят в оболочку, образуется катодная зона, имеющая отрицательный потенциал относительно окружающей среды. Здесь кабель не подвергается коррозии. Различные металлы в разной степени подвергаются коррозии в грунтах. Свинцовые оболочки в большей степени корродируют в щелочных средах (зола, известняки), алюминиевые оболочки сильно подвергаются коррозии и в щелочных, и в кислотных средах. Для стальных оболочек наиболее опасными являются кислотные среды (чернозем, торфяники, солончаки).

Коррозия блуждающими токами - это электрохимическая коррозия металла под воздействием блуждающих токов, основным источником которых является электрифицированный транспорт: электрифицированные железные дороги, трамвай, метрополитен, питающиеся от постоянного тока. Схема, показывающая распределение

блуждающих токов, показана на рис. 5.3.

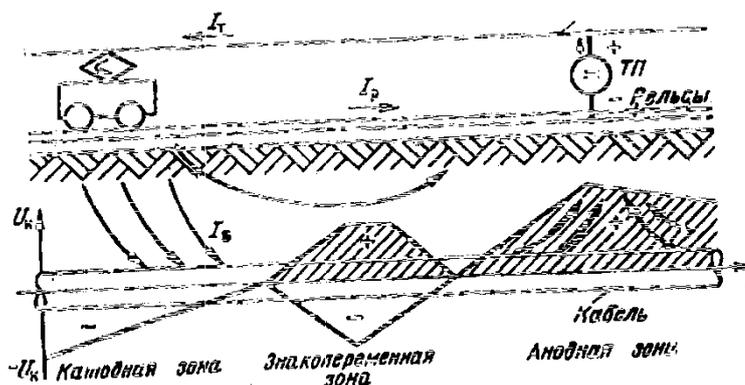


Рис. 5.3. Коррозия блуждающими токами и потенциальная диаграмма кабеля.

От тяговой подстанции тяговый ток I_T по контактному проводу через токоприемник подводится к тяговым двигателям электропривода. Пройдя тяговые двигатели, ток I_p через колеса электровоза и рельсы возвратится к минусовой шине питающей подстанции. Так как рельсовые пути плохо изолированы от земли, то значительная часть тока ответвляется в землю. Это и есть блуждающие токи. Растекаясь по земле и встречая на своем пути кабели связи, удельное сопротивление оболочек которых много меньше удельного сопротивления земли, блуждающие токи I_b попадают на оболочку, распространяются по ней и в зоне, близкой к питающей подстанции, стекают с кабельной оболочки в землю и попадают на минусовую шину подстанции. Блуждающие токи могут достигать нескольких сотен и даже тысяч ампер.

Коррозия блуждающими токами, как правило, более интенсивна, чем почвенная коррозия. Характерным признаком коррозии этого вида является язвенный характер повреждений кабельных оболочек вплоть до сквозных отверстий. Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации кабельных линий связи могут существовать одновременно все рассмотренные выше виды коррозии.

5.4. Защитные мероприятия от коррозии.

Защитные мероприятия от коррозии проводят как на электрифицированном транспорте, так и на сооружениях связи. На электрифицированном транспорте для уменьшения блуждающих токов увеличивают переходное сопротивление между рельсами и землей. На сооружениях связи защитные мероприятия делятся на две группы - пассивные и активные.

Пассивные меры предусматривают защиту от коррозии без использования внешних ЭДС. Активные меры защиты предусматривают использование внешних ЭДС, обеспечивающих необходимые токи защиты. К пассивным мерам защиты относятся защитные покрытия, накладываемые на металлические оболочки в виде полиэтиленовых или поливинилхлоридных шлангов (предусматриваются конструкцией кабелей связи), изолирующие муфты, электрический дренаж.

К активным мерам защиты относятся катодные станции и протекторы.

Защитные покрытия в виде полиэтиленовых шлангов в конструкции кабелей с алюминиевыми или стальными гофрированными оболочками, используемых на межстанционных соединительных линиях ГТС могут существенно ослабить или полностью исключить коррозию, так как они препятствуют проникновению в оболочку влаги и оказывают большое сопротивление электрическому току.

Защитные покрытия должны быть по длине сплошными и плотно прилегать оболочке, иначе даже при небольших трещинах в шланга коррозия в месте повреждения резко усилится. Поэтому при монтаже соединительных муфт кабеля необходимо тщательно восстанавливать защитные покрытия шлангового типа и контролировать их сопротивление изоляции.

Изолирующие муфты, позволяющие увеличить продольное сопротивление оболочки, используют для защиты от коррозии стыков кабелей с разными металлическими оболочками, чтобы устранить возникновение гальванических пар, вводов кабелей связи со шланговыми покрытиями в телефонной станции для контроля сопротивления изоляции

шланга, а также кабелей, выходящих за пределы сооружений метрополитена, для уменьшения блуждающих токов.

Электрический дренаж применяют в основном для защиты от коррозии блуждающими токами. С помощью установок электродренажной защиты блуждающие токи с кабельной оболочки отводятся к их источнику. Электрические дренажи бывают прямые и поляризованные. Прямые дренажи имеют одностороннюю проводимость и включаются только в устойчивых анодных зонах, где отсутствует возможность протекания тока с рельсовых путей на кабель. В знакопеременных зонах используют поляризованные дренажи, которые пропускают ток только с кабеля на рельсовые пути.

Включение электродренажа меняет распределение потенциалов в системе «рельсы - земля - кабель», вследствие чего анодная зона, в которой оболочка кабеля разрушается, заменяется катодной и коррозия замедляется или совсем прекращается. Здесь обеспечивается замена ионной проводимости (переход ионов металла в почвенный электролит) электронной (отвод блуждающих токов с кабеля в рельсовые пути)

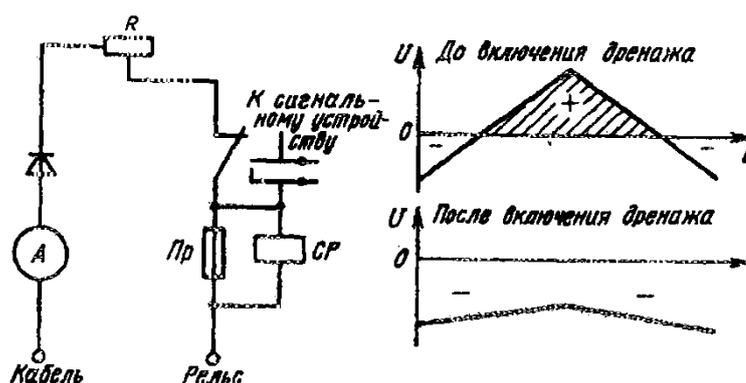


Рис. 5.4. Электрический дренаж.

Катодная защита осуществляется с помощью внешнего источника постоянного тока. Схема катодной защиты представлена на рис. 5.5. Катодная защита может использоваться для защиты от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами. Принцип катодной защиты заключается в том, что в анодной зоне к оболочке кабеля подключают отрицательный полюс источника, а положительный полюс источника заземляют. При этом защищаемый кабель поддерживается под отрицательным потенциалом по отношению к окружающей среде, вследствие чего он является катодом, а заземлитель - анодом. Ток, текущий от заземлителя к оболочке кабеля, должен создать в земле электрическое поле, значительно большее электрического поля блуждающих токов, стекающих с оболочки в землю. Только в этом случае обеспечивается отрицательный потенциал относительно окружающей среды

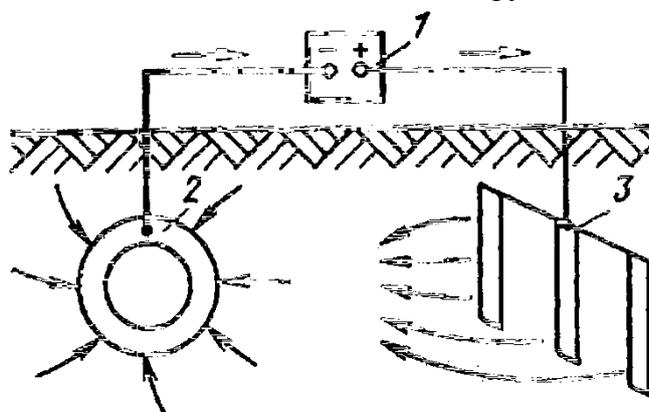


Рис. 5.5. Принцип защиты кабеля от коррозии с помощью катодной станции:

- 1- Катодная станция
- 2- Кабель связи
- 3- Анодное заземление

Протекторная защита по принципу работы отличается от катодной только тем, что для создания отрицательного потенциала на оболочке кабеля в анодной зоне защищаемую оболочку соединяют не с источником постоянного тока, а с металлическим электродом (протектором). Протектор имеет собственный электрохимический потенциал, более отрицательный, чем потенциал металла оболочки. Схема протекторной защиты показана на рис. 5.6.

При протекторной защите потери металла вследствие коррозии не прекращаются, только коррозионный процесс с защищаемого кабеля перемещается на протектор. Таким образом, анодная зона с защищаемого кабеля переносится на протектор, который, являясь анодом, разрушается.

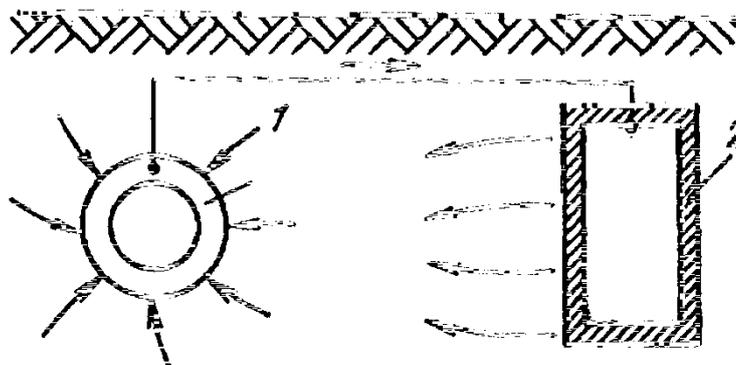


Рис. 5.6. Схема протекторной защиты кабеля от коррозии:

1- Кабель связи

2- Протектор

Изготавливают протекторы из магниевых и алюминиевых сплавов. Для уменьшения сопротивления растекания токов протектор помещают в специальный активатор, состоящий из смеси гипса, сернокислого натрия и глины. Протекторы обычно имеют форму цилиндра длиной 500...700 мм и диаметром 150...300 мм. Устанавливают их на расстоянии 2...6 м от кабеля на глубину 0,6... 1,8 м.

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

6.1. Организация работ по строительству линейных сооружений электросвязи.

Строительство линейных сооружений электросвязи выполняется в соответствии с требованиями утвержденных инструкций и имеет ряд особенностей, усложняющих организацию работ:

- растянутость фронта работ и необходимость частого перемещения строительных объектов, отличающихся по составу и характеру работ;
- необходимость выполнения работ в любое время года, в большинстве случаев на открытом воздухе и в стесненных условиях;
- необходимость обеспечения движения транспорта в местах строительства;
- выполнение большого объема земляных работ в условиях насыщения трассы различными подземными коммуникациями, что снижает возможность использования механизмов.

Основными видами работ при строительстве линейных сооружений являются:

- строительство телефонной кабельной канализации;
- прокладка кабелей в кабельной канализации, коллекторах, тоннелях, по мостам, стенам зданий и подвеска кабелей;
- монтаж кабельных линий связи;
- устройство вводов кабелей.

Подземная телефонная кабельная канализация, состоящая из подземных трубопроводов и смотровых устройств (колодцев) различных конструкций и размеров, предназначена для прокладки, монтажа и эксплуатации кабелей связи. Телефонную канализацию прокладывают в основном под пешеходной частью улиц и по кромке газонов, а на

пересечении дорог - под проезжей частью улиц.

Наибольшее распространение на ГТС получили асбестоцементные и полиэтиленовые трубы, из которых формируется от 1 до 48 каналов (отверстий). Смотровые устройства (колодцы) устанавливаются на расстоянии не более 25...150 м друг от друга. Они предназначены для затягивания, монтажа и контроля кабелей связи. Колодцы бывают железобетонные и кирпичные. На ГТС в основном используют типовые сборные железобетонные колодцы, форма и размеры которых зависят от количества вводимых в них каналов.

6.2. Прокладка кабеля в канализации.

Этапы строительства. Перед началом прокладки трубопровода в соответствии с рабочими чертежами проводят разбивку трассы канализации и копку траншей и котлованов для колодцев.

Копка траншей и котлованов в основном выполняется экскаватором, а в местах пересечения или сближения с подземными коммуникациями - вручную. Размеры траншей зависят от числа каналов и глубины их прокладки.

Укладку труб производят по шнуру, натянутому по боковой линии траншей. В колодцы трубы вводят таким образом, чтобы их торцы находились в одной вертикальной плоскости. Асбестоцементные трубы укладывают в ряд(на расстоянии 20...25 мм друг от друга. Последующие ряды укладывают аналогично со смещением концов труб на 200...250 мм. Промежутки между трубами, а также между трубами и стенками траншеи засыпают мягким грунтом и утрамбовывают.

За рубежом для находят применение тонкостенные многоотверстные блоки из полиэтилена высокой плотности, каналы которых имеют прямоугольную форму. Наличие ребер жесткости, несмотря на сравнительно тонкие стенки, обеспечивает достаточные жесткость, прочность и малую массу.

Пересечение дорог. При строительстве телефонной канализации может возникнуть необходимость пересечения железных и автомобильных дорог, где откопать траншею открытым способом нельзя. В таких случаях под дорогой делают скрытую проходку при помощи горизонтального бурения, которое заключается в разработке грунта специальной буровой головкой с последующим ее извлечением. Затягивание труб в пробуренную скважину производится при обратном ходе буровой головки. Проверку проходимости каналов выполняют путем протягивания через него пробного цилиндра диаметром 92 мм для асбестоцементных и 100 мм для полиэтиленовых труб. В крупных городах для размещения кабелей связи и других коммуникаций устраивают подземные коллекторы, в которых имеется свободный проход для обслуживающего персонала.

Прокладка кабеля в канализации. В каналах телефонной канализации прокладывают как электрические, так и оптические небронированные кабели связи.

Подготовительные работы начинаются с так называемой «заготовки каналов», которая может быть выполнена из металлических полых палок (чаще всего дюралюминиевых), которые снабжены по концам винтовыми штырями и втулками. Палки последовательно свинчивают одну с другой и вводят в канал. На конец первой палки навинчивают наконечник. Когда наконечник появится в соседнем колодце, к нему крепят стальную проволоку диаметром 3 мм и выталкивают палки обратно, постепенно их отвинчивая. После вытаскивания всех палок в канале остается проволока - это и есть заготовка. Если заготовка выполняется на прямолинейном участке канализации, то палки, не развинчивая, пропускают в канал следующего пролета. Способ заготовки каналов из палок достаточно трудоемок, однако он не требует дополнительных механизмов и приспособлений.

После заготовки проверяют исправность канала. Для этого к заготовке крепят пробный цилиндр, а за цилиндр крепят металлическую щетку, диаметр которой равен диаметру канала. Пробный цилиндр, проходя по каналу, удаляет наплывы на стыках труб, а щетка удаляет из канала мелкий мусор и остатки грунта.

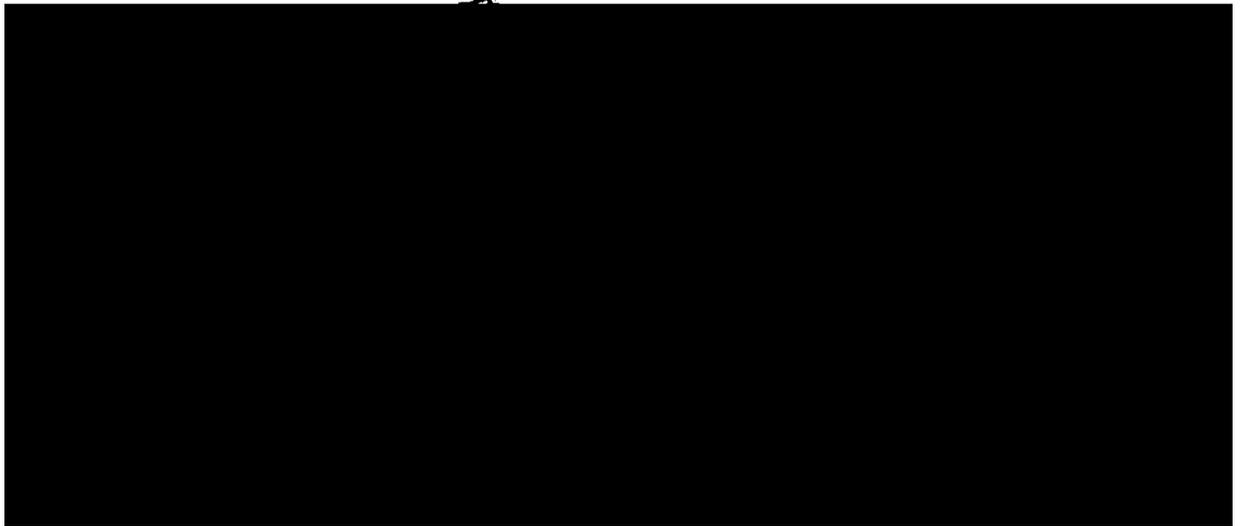


Рис. 6.1. Схема затяжки кабеля:

- 1- Кабель
- 2- Колодец
- 3- Трубопровод
- 4- Чулок
- 5- Компенсатор
- 6- Блок
- 7- Кабельное колено
- 8- Лебедка.

После проверки исправности каналов приступают к затягиванию кабеля. Кабели емкостью до 100 пар затягивают в пролеты канализации, как правило, вручную. Тяжелые кабели затягивают с помощью механизмов следующим образом. Кабельную тележку или козлы-домкраты с кабелем устанавливают у колодца со стороны, обращенной к направлению протяжки (рис 8.2). При этом кабель должен поступать в колодец обязательно с верха барабана. Кабельную машину или лебедку устанавливают у второго колодца. Стальной канат лебедки соединяют с заготовкой и вытягивают в колодец, у которого установлен барабан с кабелем. Конец каната соединяют с помощью концевого стального чулка с концом кабеля, а затем лебедкой затягивают кабель в канал.

6.3 Монтаж электрических и оптических кабелей связи.

Монтаж кабелей связи является наиболее ответственной работой, так как от качества монтажа в значительной степени зависит качество телефонной связи. Большинство работ по монтажу кабелей связи связано с монтажом муфт.

На ГТС в основном используют соединительные, разветвительные, изолирующие, газонепроницаемые муфты. Монтаж муфт выполняется в колодцах кабельной канализации, шахтах, коллекторах, котлованах.

Соединительной муфтой сращивают два кабеля одинаковой емкости.

Разветвительная муфта (перчатка) служит для распаивания кабеля большой емкости на два или более кабелей меньшей емкости.

Изолирующая муфта обеспечивает прерывание электрического контакта металлической оболочки соединяемых кабелей без нарушения герметичности.

Газонепроницаемая муфта представляет собой газонепроницаемую пробку, обеспечивающую герметичность кабельной линии по ее концам.

Подготовка ОВ к сращиванию. Процесс подготовки ОВ к сращиванию включает в себя операции снятия первичного защитно-упрочняющего покрытия волокна и скалывания для получения хорошо обработанной торцевой поверхности волокна, а также обтирку зачищенных концов мягким материалом, пропитанным растворителем (спиртом).

Способы сращивания ОВ. В настоящее время для соединения ОВ кабелей связи

применяется сварка ОВ. Сварку проводят с помощью электрической дуги, кислородно-водородной горелки, хлороводородной горелки, СО-лазера, плазменного генератора.

Из всех способов практическое применение при монтаже ОК в процессе строительства и эксплуатации ВОЛС нашел только способ сварки с помощью электрической дуги.

При сварке одномодовых волокон приходится решать сложные инженерные задачи, связанные с необходимостью обеспечения малых значений осевого и углового смещений, например, осевое смещение свариваемых одномодовых ОВ не должно превышать 0,1 мкм. Жесткий допуск по смещению продольных осей соединяемых одномодовых ОВ обусловлен тем, что силы поверхностного натяжения не могут обеспечить для данного типа волокна с диаметром сердцевины 5...8 мкм точную юстировку. Такие допуски при юстировке одномодовых ОВ не могут быть достигнуты вручную.

6.4. Строительство междугородных линий связи.

Выбор трассы прокладки линии связи. При выборе оптимального варианта трассы кабельной линии исходят из того, что линейные сооружения являются наиболее дорогой и сложной частью сети связи, поэтому при проектировании особое внимание должно быть обращено на уменьшение удельного веса расходов по строительству и эксплуатации линии, эффективную и надежную ее работу.

Трасса выбирается преимущественно вдоль автомобильных и грунтовых дорог. В виде исключения, для значительного спрямления, трасса может отходить от них, прокладываясь вдоль железных дорог с соблюдением допустимой ширины сближения. Также возможно применение метода воздушной подвески специальных оптических кабелей на железных дорогах или опорах линий электропередачи.

На территории городов с благоустроенными улицами кабель прокладывается в телефонной канализации, при этом следует стремиться к максимальному использованию существующей канализации. Сооружение новой канализации и прокладку бронированного кабеля в черте населенного пункта необходимо предусматривать преимущественно под тротуаром или пешеходной частью улицы. В стесненных условиях при близком расположении строений, кабелей, при пересечении с коммуникациями работы по прокладке телефонной канализации и кабеля производят вручную.

Для прокладки междугородных ОК в грунт в настоящее время получили применение три способа: прокладка кабелеукладчиком, траншейная прокладка и прокладка кабеля в пластмассовой трубе.

Бестраншейный способ прокладки кабеля с помощью кабелеукладчика, благодаря высокой производительности и эффективности, является основным. Он широко применяется на трассах с размытыми рельефами местности и разными грунтами. Для прокладки используются кабелеукладчики с активными и пассивными рабочими органами. С помощью ножевого кабелеукладчика в грунте прорезается узкая щель, и кабель укладывается на ее дно на заданную глубину залегания 0,9... 1,2 м.

Прокладку кабеля рекомендуется выполнять под постоянным оптическим контролем. Контроль осуществляется по результатам измерения затухания ОВ кабеля с помощью оптического тестера, оптического рефлектометра или других аналогичных средств измерения.

Прокладка оптического кабеля на переходах через подземные коммуникации. На пересечениях с шоссейными, железными дорогами, продуктопроводами и другими коммуникациями ОК затягивают в асбоцементные или пластмассовые трубы, которые прокладываются закрытым (горизонтальным проколом, бурением) или открытым способом. Прокладка труб под препятствиями, как правило, проводится до начала прокладки кабеля в районе пересечения. При этом необходимо отдавать предпочтение таким способам, при которых не требуется разрезать ОК. При подходе кабелеукладчика к подземному препятствию ОК сматывают с барабана и укладывают «восьмеркой». Затем протягивают кабель под препятствием в заготовленную трубу, снова наматывают на барабан, заряжают в кассету и продолжают прокладку.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Определение полосы пропускания волоконно-оптической линии связи	3	Работа в малых группах (3 часа)
2	2.	Исследование влияния погрешностей в стыках оптоволоконных кабелей на затухание сигнала	3	Работа в малых группах (3 часов)
3	3.	Исследование распространения электромагнитных колебаний в кабелях в зависимости от сопротивления источника сигнала и нагрузки на импульсном сигнале	3	Работа в малых группах (3 часов)
4	3.	Определение характера распространения сигналов в линии при внешнем воздействии электромагнитных полей	3	Работа в малых группах (3 часов)
5	3.	Сравнительная оценка помехозащищенности линий при внешнем воздействии электромагнитных полей	3	Работа в малых группах (3 часов)
6	3.	Проведение качественной оценки передачи телевизионного сигнала по волоконно-оптической линией связи с внесением неоднородностей в стык оптического кабеля.	3	Работа в малых группах (3 часов)
ИТОГО			18	18

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование практической работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Основные требования к трассе кабельной линии связи	3	-
2	2.	Конструкция кабеля и способ организации связи	3	-
3	3.	Определение параметров передачи кабельных цепей.	3	-
4	4.	Взаимное влияние между цепями.	3	-
5	4.	Защита электрических кабелей связи от влияния внешних электромагнитных полей.	3	-
6	2.	Волоконно-оптические линии передачи	3	-
ИТОГО			18	-

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект

Цель: Спроектировать и рассчитать волоконно-оптическую магистральную линию связи.

Структура: Каждое индивидуальное задание предполагает выполнение студентом следующих разделов:

- Расчет нагрузки,
- Выбор системы передачи
- Выбор трассы передачи
- Выбор типа кабеля
- Расчет затухания и дисперсии
- Определение длины регенерационного участка
- Определение механических усилий при прокладке кабелеукладчиком
- Рассчитать грозозащищенность.

Основная тематика: Проектирование волоконно-оптической линии связи..

Рекомендуемый объем: Пояснительная записка объемом 25 - 30 страниц должна содержать титульный лист, задание, описание выполняемых действий по каждому разделу и полученные результаты.

Выдача задания и защита КП проводится в соответствии с календарным учебным графиком

Оценка	Критерии оценки
отлично	Курсовой проект сдан в первую неделю защит. В курсовом проекте полностью раскрыта тема работы. Правильно выбран тип кабеля, точно выбрана трасса магистральной линии, с учетом длины регенерационного участка
хорошо	Курсовой проект содержит незначительные ошибки и требует минимальной доработки.
удовлетворительно	Курсовой проект содержит значительные ошибки и требует исправление целых разделов и полной переработки.
неудовлетворительно	Курсовой проект не сдан в установленный срок.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>					
			<i>3</i>	<i>9</i>	<i>15</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1. Построение первичных сетей электросвязи		21	+	+	+	3	7	Лк, ПЗ, КП, СРС,	ЭКЗАМЕН
2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи		33	+	+	+	3	11	Лк, ЛР, ПЗ, КП, СРС,	ЭКЗАМЕН
3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи		39	+	+	+	3	13	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	ЭКЗАМЕН
4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты		27	+	+	+	3	9	Лк, ПЗ, СРС	ЭКЗАМЕН
5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний		21	+	+	+	3	7	Лк, СРС	ЭКЗАМЕН
6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.		21	+	+	+	3	7	Лк, КП, СРС	ЭКЗАМЕН
всего часов		162	54	54	54	3	54		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Биккенин, Р. Р. Теория электрической связи : учебное пособие для вузов / Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. - Москва : Академия, 2010. - 336 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2010	Лк, ЛР, ПЗ, КП.	10	0,67
Дополнительная литература				
2.	Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.	Лк, ПЗ, ЛР	5	0,33

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практически работ

Лабораторная работа №1

Определение полосы пропускания волоконно-оптической линии связи.

Цель работы:

Изучить построение волоконно-оптических линий связи..

Задание:

1. Определить полосу пропускания линии связи по уровню 3 дБ для линии длиной 1 метр.
2. Определить полосу пропускания линии связи по уровню 3 дБ для линии длиной 12 метров.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы.
2. Подготовить установку в работе.
3. Установить амплитуду входного сигнала равную 1 в.
4. Определить полосу пропускания.
5. Увеличить длину линии связи до 12 метров.
6. Повторно определить полосу пропускания.
7. Полученные данные занести в таблицу.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Достоинства и недостатки волоконно-оптической линии связи.
2. Как влияют дополнительные соединения и длина на полосу пропускания?

Лабораторная работа №2

Исследование влияния погрешностей в стыках оптоволоконных кабелей на затухание сигнала

Цель работы:

Изучить влияние погрешностей в стыках оптоволоконных кабелей на затухание сигнала и определить техническое требование к точности изготовления оптических кабелей.

Задание:

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы.
2. Определить статические параметры логических элементов.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы
2. Собрать схему лабораторного стенда .
3. Установить необходимые параметры генератора сигналов.
4. Добиться совмещения светодиодов.
5. Снять семейство значений зависимости амплитуды выходного сигнала от поперечного смещения световодов.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каковы технические требования к точности изготовления оптических соединителей?
2. Как влияют неоднородности в стыках на затухание сигнала в линии связи?

Лабораторная работа №3

Исследование распространения электромагнитных колебаний в кабелях в зависимости от сопротивления источника сигнала и нагрузки на импульсном сигнале

Цель работы:

Исследование распространения электромагнитных колебаний в кабелях связи в зависимости от сопротивления источника сигнала и нагрузки на импульсном сигнале.

Задание:

1. Изучить влияние сопротивления источника на выходной сигнал.
2. Изучить влияние дополнительной нагрузки выходной сигнал.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы
2. Собрать схему лабораторного стенда .
3. Установить необходимые параметры генератора сигналов.
4. Изменить нагрузку линии и проследить за изменением выходного сигнала.
5. Изменить сопротивление линии и проследить за изменением выходного сигнала.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы

2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Почему изменяется полярность отдельных импульсов при изменении сопротивления нагрузки линии?
2. Объясните появление дополнительных импульсов в линии с бесконечным сопротивлением нагрузки.

Лабораторная работа №4

Определение характера распространения сигналов в линии при внешнем воздействии электромагнитных полей.

Цель работы:

Определение характера распространения сигналов в линии при внешнем воздействии электромагнитных полей

Задание:

1. Определить влияние сопротивления линии на гармонический сигнал.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы
2. Собрать схему лабораторного стенда .
3. Установить необходимые параметры генератора сигналов.
4. Снять семейство зависимостей амплитуды сигнала от частоты при различных сопротивлениях нагрузки.
5. Изменяя частоту генератора пронаблюдать режим стоячей волны в линии связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем объясняется образование стоячей волны?
2. Как влияет на распространения сигнала режим стоячей волны?

Лабораторная работа №5

Сравнительная оценка помехозащищенности линий при внешнем воздействии электромагнитных полей

Цель работы:

Оценка помехозащищенности линий при внешнем воздействии электромагнитных полей

Задание:

1. Оценить помехозащищенности линий при внешнем воздействии электромагнитных полей в различных линиях связи.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы
2. Собрать схему лабораторного стенда .
3. Установить необходимые параметры генератора сигналов.
4. Включить источник помех.
5. Измерить напряжение помехи на различных линиях связи.
6. Сравнить полученные результаты.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дать характеристику помехозащищенности линии связи.
2. Что такое запас помехозащищенности?

Лабораторная работа №6

Проведение качественной оценки передачи телевизионного сигнала по волоконно-оптической линии связи с внесением неоднородностей в стык оптического кабеля.

Цель работы:

Проведение качественной оценки передачи телевизионного сигнала по волоконно-оптической линии связи с внесением неоднородностей в стык оптического кабеля.

Задание:

1. Провести качественную оценку передачи телевизионного сигнала по волоконно-оптической линии связи.
2. Оценить влияние внесения неоднородностей в стык оптического кабеля на телевизионный сигнал..

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы
2. Собрать лабораторный стенд к работе
3. Оценить качество ТВ сигнала.
4. Внести неоднородность в стык оптоволокна.
5. Оценить новый ТВ сигнал и сравнить его с предыдущим.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретические данные по теме лабораторной работы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем обусловлено искажение видеоизображения?
2. Как влияют неоднородности на затухания сигнала?

Практическое занятие №1

Основные требования к трассе кабельной линии связи.

Цель работы:

Познакомиться с основными требованиями к трассе кабельной линии связи.

Задание:

1. Сформулировать три основных требования к трассе кабельной линии связи.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Сформулировать и дать определение основным требованиям к трассе кабельной линии связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Вдоль каких дорог прокладываются линии связи?
2. Какие критерии должны учитываться во время выбора трассы линии связи?
3. Когда допускается спрямление трассы линии связи?

Практическое занятие №2

Конструкция кабеля и способ организации связи

Цель работы:

Приобрести навыки выбора типа кабеля и способа организации связи.

Задание:

1. Рассчитать конструктивные значения кабеля связи

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Выбрать тип кабельной системы. Вычислить основные конструктивные характеристики кабеля связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Основные особенности коаксиального кабеля связи.
2. Основные особенности симметричного кабеля связи.

Практическое занятие №3

Определение параметров передачи кабельных цепей..

Цель работы:

Определить параметры передачи кабельных цепей с целью оценки электрических свойств кабеля и нахождения количества регенерационных пунктов и их размещения по трассе линии связи.

Задание:

1. Рассчитать первичные параметры линии связи.
2. Рассчитать вторичные параметры линии связи.
3. Рассчитать длину регенерационного участка.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Рассчитать первичные и вторичные параметры линии связи в зависимости от выбранного типа кабеля. Рассчитать длину регенерационного участка линии связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что входит в первичные параметры линии связи?
2. Что входит во вторичные параметры линии связи?
3. Регенерационный участок цепи?
4. Для чего необходимо вычислять длину регенерационного участка?

Практическое занятие №4

Взаимное влияние между цепями..

Цель работы:

Рассчитать значение взаимных влияний между цепями линий связи.

Задание:

1. Рассчитать значение взаимных влияний между цепями линий связи.
2. Изучить мероприятия для уменьшения взаимного влияния между цепями линии связи.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Согласно выбранному типу кабеля рассчитать значение взаимных влияний между цепями линий связи. Сравнить полученные результаты с нормами. Изучить мероприятия для уменьшения взаимного влияния между цепями линии связи и выбрать подходящие для выбранной линии связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем обусловлены взаимные влияния в кабелях линий связи?
2. Взаимные влияния между цепями коаксиального кабеля.
3. Взаимные влияния между цепями симметричного кабеля.
4. Какие мероприятия могут уменьшить взаимное влияние между цепями кабеля связи?

Практическое занятие №5

Защита электрических кабелей связи от влияния внешних электромагнитных полей..

Цель работы:

Изучить источники опасных влияний на линии связи и способы защиты от них.

Задание:

1. Рассчитать параметры опасных влияний.
2. Изучить нормы опасных магнитных влияний.
3. Изучить способы защиты кабелей связи от ударов молнии.
4. Изучить способы повышения надежности магистральных кабелей связи.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Изучить способы обеспечения надежной защиты ЭКС от внешних электромагнитных влияний. Рассчитать параметры опасных влияний. Изучить нормы опасных магнитных влияний. Изучить способы защиты кабелей связи от ударов молнии. Изучить способы повышения надежности магистральных кабелей связи.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвертом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что является главными источниками электромагнитных влияний?
2. В чем разница между опасным и мешающим влиянием?
3. Способы защиты кабелей связи от ударов молнии.
4. Какие главные требования надежности магистральных линий связи?

Практическое занятие №6

Волоконно-оптические линии передачи.

Цель работы:

Изучить порядок проектирования ВОЛП.

Задание:

1. Выбрать и обосновать волоконно-оптическую систему передачи
2. Выбрать тип оптического волокна,
3. Выбрать конструкцию применяемого оптического кабеля .
4. Произвести расчет мощности и дисперсии.

Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Выбрать и обосновать волоконно-оптическую систему передачи. Выбрать тип оптического волокна. Выбрать конструкцию применяемого оптического кабеля. Произвести расчет мощности и дисперсии.

Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы
2. Задание
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта
4. Заключение.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом студента.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Направляющие системы электросвязи. В 2 т. Т.2 / В. А. Андреев [и др.]. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Ксенофонтов, С. Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач : учеб. пособие для вузов / С. Н. Ксенофонтов, Э. Л. Портнов. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2004.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем оптический кабель отличается от других кабелей линии связи?
2. Основные особенности конструкции оптического кабеля связи?
3. Как вычисляется длина элементарного кабельного участка?.

9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта

Волоконная оптика в настоящее время получила широкое развитие и находит применение в различных областях науки и производства (связь, радиоэлектроника, энергетика, термоядерный синтез, медицина, космос, машиностроение, летающие объекты, вычислительные комплексы и т. д.). Темпы роста волоконной оптики и оптоэлектроники на мировом рынке опережают все другие отрасли техники и составляют 40 % в год. В ряде стран (Англия, Япония, Франция, Италия и др.) при строительстве сооружений связи используются в основном оптические кабели (ОК). О масштабах развития волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) свидетельствуют объемы производства оптических волокон в США. За последнее время ими изготовлено около 10 млн. км волокна. Такое количество позволило бы сделать 250 витков вокруг всего земного шара.

Первые работы по освоению оптического диапазона волн для целей связи относятся к началу 60-х годов. В качестве тракта передачи использовались приземные слои атмосферы и световоды с периодической коррекцией расходимости и направления луча с помощью системы линз и зеркал. Открытые (атмосферные) линии оказались подверженными влиянию метеорологических условий и не обеспечивали необходимой надежности связи. Линзовые световоды с дискретной коррекцией оказались весьма дорогостоящими, требовали тщательной юстировки линз и сложных устройств автоматического управления лучом. Они не нашли практического применения на сетях связи.

Создание высоконадежных оптических кабельных систем связи стало возможным в результате разработки в начале 70-х годов оптических волокон с малыми потерями. Такие волокна в значительной мере стимулировали разработку специализированного оборудования и элементов линейного тракта ВОСП.

Область возможных применений волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) весьма широка — от линии городской и сельской связи и бортовых комплексов (самолеты, ракеты, корабли) до систем связи на большие расстояния с высокой информационной емкостью. На основе оптической волоконной связи могут быть созданы принципиально новые системы передачи информации. На базе ВОЛС развивается единая интегральная сеть многоцелевого назначения. Весьма перспективно применение оптических систем в кабельном телевидении, которое обеспечивает высокое качество изображения и существенно расширяет возможности информационного обслуживания абонентов.

Обычно проектирование оптической линии связи выполняется в следующей последовательности:

1) Рассчитать нагрузку, полагая, что кроме чисто телефонной нагрузки имеются: передача данных, интернет и обмен телевизионными программами, причем число каналов передачи данных $n_{\text{дд}}=1,2 n_{\text{тф}}$, число каналов интернета $n_{\text{инт}}=5 n_{\text{тф}}$, а 2 телевизионных канала занимают полосу, эквивалентную $n = 3200$ телефонным каналам.

2) Выбрать систему передачи.

3) Выбрать трассу передачи из нескольких вариантов и обосновать этот выбор.

4) Выбрать тип кабеля, учитывая нагрузку, систему передачи, условия трассы и тип грунта.

5) Подсчитать затухание и дисперсию при заданных длинах волн.

6) Определить длину регенерационного участка при первой заданной длине волны.

7) Определить механические усилия при прокладке кабелеукладчиком, учитывая вес, строительную длину кабеля и заданный коэффициент трения. Сравнить с нормой (допустимой величиной).

8) Для кабеля с металлическими покровами:

- определить вероятное число повреждений кабеля от ударов молнии при заданных параметрах грозодеятельности в соответствии с «Руководством по защите оптических кабелей от ударов молнии» и выбрать защиту, если это необходимо;

Для кабеля без металла во внешних покровах:

- определить угол поворота плоскости поляризации ϕ света в волокне во время удара молнии при заданных величинах I , a и ρ .

Далее рассматриваются примеры для каждого пункта курсового проектирования.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к занятиям,
- создания презентационного сопровождения лекций;
- интерактивного общения;
- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level ;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР или ПЗ</i>
1	2	3	4
ЛР	Лаборатория «Телекоммуникации, теории электрической связи»	Лабораторный стенд для исследования телекоммуникационных линий связи	ЛР 1-6
ПЗ	Лаборатория «Телекоммуникации, теории электрической связи»	Лабораторный стенд для исследования телекоммуникационных линий связи	ПЗ 1-6
КП	Лаборатория телекоммуникаций	Персональные компьютеры	-
СР	ЧЗЗ	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-3	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.1. Основные положения развития сетей связи.	Экзаменационный билет
		2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.1. Классификация и конструктивные элементы электрических кабелей.	Экзаменационный билет
			2.4. Маркировка оптических кабелей.	Экзаменационный билет
		3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.1. Уравнения максвелла.	Экзаменационный билет
			3.4. Основные уравнения передачи по двухпроводным направляющим системам.	Экзаменационный билет
		4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.1. Основные понятия о влиянии между симметричными цепями.	Экзаменационный билет
		5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний	5.1. Источники опасных и мешающих влияний.	Экзаменационный билет
6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.	6.1. Организация работ по строительству линейных сооружений электросвязи.	Экзаменационный билет		
ПК-9	Уметь проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.2. Принципы построения сетей связи.	Экзаменационный билет
		2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.2. Маркировка электрических кабелей связи.	Экзаменационный билет
			3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.2. Теорема Умова-Пойтинга.
		3.5. Вторичные	Экзаменационный билет	

	средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных		параметры направляющих систем.	билет
		4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.2. Первичные и вторичные параметры влияния	Экзаменационный билет
		5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний	5.2. Меры защиты на линиях связи	Экзаменационный билет
			5.4. Защитные мероприятия от коррозии	Экзаменационный билет
		6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.	6.2. Прокладка кабеля в канализации.	Экзаменационный билет
ПК-15	Уметь разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.3. Магистральные и зонные сети связи.	Экзаменационный билет
		2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.3. Классификация и конструкция волоконно-оптических кабелей.	Экзаменационный билет
		3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.3. Расчет параметров передачи двухпроводных направляющих систем.	Экзаменационный билет
			3.6. Физические процессы при передаче импульсных сигналов	Экзаменационный билет
		4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.3. Основные уравнения влияния	Экзаменационный билет
		5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний	5.3. Коррозия подземных кабелей связи	Экзаменационный билет
		6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.	6.3. Монтаж электрических и оптических кабелей связи	Экзаменационный билет
			6.4. Строительство междугородных линий связи.	Экзаменационный билет

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5

1	ОПК-3	Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	1. Основные термины и определения.	1. Построение первичных сетей электросвязи.
			1. Классификация электрических кабелей.	2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.
			2. Конструктивные элементы электрических кабелей. Сердечник.	
			3. Конструктивные элементы электрических кабелей. Изоляция токопроводящих жил.	
			4. Конструктивные элементы электрических кабелей. Защитные покровы.	
			5. Маркировка оптических кабелей связи.	
			1. Уравнение Максвелла	3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.
			2. Основные уравнения передачи по двухпроводным проводящим системам.	
			1. Основные понятия о влиянии между симметричными цепями.	4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты.
			1. Опасные и мешающие влияния.	5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний.
1. Основные виды работ при строительстве линейных сооружений связи. Строительство кабельной канализации.	6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.			
2	ПК-9	Уметь проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием	1. Принципы построения сетей связи.	1. Построение первичных сетей электросвязи.
			1. Маркировка электрических кабелей связи	2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.
			1. Теорема Умова-Пойнтинга.	3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.
			2. Вторичные параметры направляющих систем.	

		м как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных	<p>1. Емкостные и электрические составляющие влияния.</p> <p>2. Индуктивные и магнитные составляющие влияния.</p> <p>3. Первичные параметры влияния между симметричными цепями.</p> <p>4. Вторичные параметры влияния между симметричными цепями.</p> <p>1. Основные меры защиты на линиях связи от опасных и мешающих влияний. Экранирование.</p> <p>2. Основные меры защиты на линиях связи от опасных и мешающих влияний. Защита с помощью разрядника.</p> <p>3. Основные меры защиты на линиях связи от опасных и мешающих влияний. Защита с помощью редуцированных трансформаторов.</p> <p>4. Меры защиты от коррозии. Защитные покрытия.</p> <p>5. Меры защиты от коррозии. Электрический дренаж.</p> <p>6. Меры защиты от коррозии. Катодная защита.</p> <p>7. Меры защиты от коррозии. Протекторная защита.</p> <p>1. Основные виды работ при строительстве линейных сооружений связи. Прокладка кабеля в кабельной канализации.</p>	<p>4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты.</p> <p>5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний.</p> <p>6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.</p>
3	ПК-15	Уметь разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	<p>1. Магистральные и зональные сети связи.</p> <p>1. Классификация волоконно-оптических кабелей.</p> <p>2. Конструкция волоконно-оптических кабелей. Сердечник и силовые элементы.</p>	<p>1. Построение первичных сетей электросвязи.</p> <p>2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.</p>

			3. Конструкция волоконно-оптических кабелей. Виды конструкций.	
			1. Расчет параметров передачи двухпроводных направляющих систем.	3. Теория передачи по направляющим система электросвязи.
			2. Физические процессы при передаче импульсных сигналов.	
			1. Основные уравнения влияния между симметричными цепями.	4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты.
			2. Регулярные и нерегулярные влияния. Влияния на ближнем конце.	
			3. Регулярные и нерегулярные влияния. Влияния на дальнем конце.	
			4. Влияния в цепях с одинаковым направлением сигнала.	
			5. Влияния в цепях с противоположным направлением сигнала.	
			1. Виды коррозии подземных кабелей связи. Межкристаллитная коррозия.	5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний.
			2. Виды коррозии подземных кабелей связи. Почвенная коррозия.	
			3. Виды коррозии подземных кабелей связи. Коррозия блуждающими токами.	
			1. Основные виды работ при строительстве линейных сооружений связи. Монтаж электрических кабелей связи.	6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи
			2. Основные виды работ при строительстве линейных сооружений связи. Монтаж оптических кабелей связи.	
			3. Строительство междугородных линий связи. Выбор трассы.	
			4. Способы прокладки междугородных линий связи.	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные способы и методы получения актуальной информации о направляющих средах электросвязи. <p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Принципы построения направляющих систем электросвязи и их структур, <p>(ПК-15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные требования к проектной и технической документации. <p>Уметь (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять на практике методы анализа основных устройств направляющих сред электросвязи. 	<p>отлично</p>	<p>Студент должен во время ответа показать знания: различных типов кабельной связи, их основных характеристик и параметров, основных терминов используемых в научно-технической литературе по направляющим средам связи. Студент должен иметь навыки владения: использования универсальных программных продуктов на ПК, понимания материала и способности высказывания мыслей на научно-техническом языке. Студент во время ответа должен продемонстрировать умения: использования навыков анализа типов кабельной связи и принципов их функционирования.</p>
<p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проводить компьютерное моделирование узлов направляющих сред электросвязи. 	<p>хорошо</p>	<p>Ответ содержит неточности. Дополнительные вопросы требуются, но студент с ними справляется отлично.</p>
<p>(ПК-15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оформлять документацию согласной текущим требованиям. 	<p>удовлетворительно</p>	<p>Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.</p>
<p>Владеть (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Навыками разработки и обоснования, соответствующих техническому заданию и современному уровню развития источников и систем электропитания. <p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методикой расчетов по проектированию сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций. <p>(ПК-15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Способами актуализации требований под новые стандарты в технической и проектной документации. 	<p>неудовлетворительно</p>	<p>На оба вопроса студент отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина направляющие среды электросвязи направлена на ознакомление с основными типами кабельной связи, и её практическим применением в современных системах телекоммуникаций; на получение теоретических знаний и практических навыков с различными типами кабельной связи для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины направляющие среды электросвязи предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- курсовой проект
- самостоятельную работу студента,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Построение привычных сетей электросвязи» студенты должны изучить: основные понятия проектирования сетей связи, классификацию сетей связи.

В ходе освоения раздела 2 «Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи» студенты должны изучить: различные кабельные системы, их конструкцию, классификацию и маркировку.

В ходе освоения раздела 3 «Теория передачи по направляющим система электросвязи» студенты должны изучить: физические основы электросвязи, расчет параметров передачи, первичные и вторичные параметры направляющих систем.

В ходе освоения раздела 4 «Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты» студенты должны изучить: основные понятия влияния между цепями, первичные и вторичные параметры влияния, основные уравнения влияния.

В ходе освоения раздела 5 «Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний» студенты должны изучить: источники опасны и мешающих влияний, меры защиты от них, коррозия подземных кабелей и защитные мероприятия от неё.

В ходе освоения раздела 6 «Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи» студенты должны изучить: организацию работ по строительству линий связи, прокладка кабелей в различных условиях, проектирование и строительство магистральных линий связи.

В процессе проведения лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления об различных типах кабельной связи и процессах протекающих в них.

В процессе проведения практических работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков работы с различными типами кабельных систем.

В ходе расчета курсового проекта происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков работы по проектированию магистральной линии передачи данных, с расчетом ключевых параметров линии связи.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: расчет параметров передачи двухпроводных направляющих систем, основные уравнения передачи по двухпроводным направляющим системам, основные понятия о влиянии между симметричными цепями

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Направляющие среды электросвязи

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: изучение различных направляющих сред электросвязи и их особенностей.

Задачей изучения дисциплины является : изучение теории, конструкций и характеристик направляющих сред с целью применения их оптимальных конструкций на различных сетях связи на основании определения их пропускной способности; ознакомление с российскими и международными стандартами и нормативными документами в области телекоммуникаций и перспективами развития направляющих сред электросвязи

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 38 часов, ЛР – 18 часов, ПЗ – 18 часов, СРС – 90 часов. Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Построение первичных сетей электросвязи.
2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.
3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.
4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты.
5. Защита от коррозии и внешних электромагнитных влияний.
6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

ОПК-3 - Способность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации.

ПК-9 - Уметь проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных.

ПК-15 - Уметь разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
1.	ОПК - 3	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.1. Основные положения развития сетей связи.	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект
		2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.1. Классификация и конструктивные элементы электрических кабелей..	Отчеты по лабораторным работам, практическим занятиям. Курсовой проект
		3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.3. Расчет параметров передачи двухпроводных направляющих систем..	Отчеты по лабораторным работам, практическим занятиям. Курсовой проект
		4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.1. Основные понятия о влиянии между симметричными цепями	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект
2.	ПК - 9	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.2. Принципы построения сетей связи..	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект
		2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.1. Классификация и конструктивные элементы электрических кабелей..	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект
		3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.4. Основные уравнения передачи по двухпроводным направляющим системам..	Отчеты по лабораторным работам. Курсовой проект
		4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.2. Первичные и вторичные параметры влияния	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект
3.	ПК-15	1. Построение первичных сетей электросвязи.	1.3. Принципы построения сетей связи.	Отчеты по практическим занятиям. Курсовой проект

	2. Конструкции и характеристики направляющих систем электросвязи.	2.3. Классификация и конструкция волоконно-оптических кабелей	Отчеты по лабораторным работам, практическим занятиям. Курсовой проект
	3. Теория передачи по направляющим системам электросвязи.	3.5. Вторичные параметры направляющих систем.	Отчеты по лабораторным работам. Курсовой проект
	4. Взаимные влияния в направляющих системах электросвязи и меры защиты	4.4. Основные уравнения влияния	Отчеты по практическим занятиям, Курсовой проект
	6. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация направляющих систем электросвязи.	6.4. Строительство междугородных линий связи.	Курсовой проект

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные способы и методы получения актуальной информации о направляющих системах электросвязи. <p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Принципы построения направляющих систем электросвязи и их структур, <p>(ПК-15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные требования к проектной и технической документации. <p>Уметь (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять на практике методы анализа основных устройств направляющих систем электросвязи. <p>(ПК-9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проводить компьютерное моделирование узлов направляющих систем электросвязи. <p>(ПК-15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Оформлять документацию согласно текущим требованиям. <p>Владеть (ОПК-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Навыками разработки и обоснования, соответствующих техническому заданию и 	отлично	Во время защиты курсового проекта студент показал знание все основных определений и продемонстрировал уверенное умение проектирование оптоволоконной линии связи, владение достаточным уровнем понимания материала, и способностью самостоятельно высказать мысль на научно-техническом языке.
	хорошо	Во время защиты курсового проекта студент показал не полное понимание материала и навыков владения практическими приемами.
	удовлетворительно	Во время защиты курсового проекта студент показал слабое понимание материала и навыков владения практическими приемами.
	неудовлетворительно	Во время защиты курсового проекта студент не продемонстрировал теоретических знаний по теме работы, либо не показал никаких практических навыков..

<p>современному уровню развития источников и систем электропитания. (ПК-9) - Методикой расчетов по проектированию сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций. (ПК-15) - Способами актуализации требований под новые стандарты в технической и проектной документации.</p>	<p>зачтено</p>	<p>Во время защиты лабораторных работ и практических работ студент ответил на поставленные преподавателем вопросы. Продемонстрировал знание конструктивных особенностей кабелей связи и способов расчета их параметров.</p>
	<p>не зачтено</p>	<p>Во время защиты лабораторных работ и практических работ студент не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы. Либо отчет имеет ряд замечаний.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи от «6» марта 2015 г. №174

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015г. № 475

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» марта 2017г. № 125

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130

Программу составил (и):

Ульянов А.Д. старший преподаватель кафедры УТС
Ф.И.О., должность, ученое звание, (степень)

_____ (подпись)

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
от «28» декабря 2018 г., протокол № 6

УТС

(сокращенное наименование)

Заведующий кафедрой УТС
(разработчик)

_____ (подпись)

Игнатьев И.В.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

_____ (подпись)

Игнатьев И.В.
(Ф.И.О.)

Директор библиотеки

_____ (подпись)

Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЭиА факультета
от «28» декабря 2018 г., протокол № 6

(сокращенное наименование)

Председатель методической комиссии факультета

_____ (подпись)

Ульянов А.Д.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____

Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____