

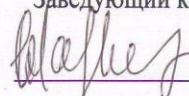
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Томский государственный университет систем управления  
и радиозлектроники (ТУСУР)**

**Кафедра радиотехнических систем (РТС)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТС

 Г.С. Шарьгин


“ 10 ” 01 2012 г.

**НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ В  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ И СРЕДСТВА ИХ ЗАЩИТЫ**

**Методические указания по практическим занятиям  
и семинарам для студентов специальности  
210403 «Защищенные системы связи»**

Разработчик

Профессор каф.РТС, д.ф.-м.н.

 Н.П. Красненко

“ 10 ” 01 2012 г.

2012

Рекомендовано к изданию кафедрой радиотехнических систем Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники

**Н.П. Красненко.** Направляющие среды в электросвязи и средства их защиты. Методические указания по проведению практических занятий и семинаров для студентов специальности 210403 «Защищенные системы связи» – Томск: Том. гос.ун-т систем управления и радиоэлектроники,- 2012.-26 с.

© Красненко Н.П.

© Томский гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2012.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
1. Цель проведения занятий	4
2. Объем курса	5
3. Содержание курса	5
3.1. Тематика лекций	5
3.2. Практические и семинарские занятия, их содержание и объем в часах	7
3.3. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах	9
3.4. Курсовой проект (работа), его характеристика	10
3.5. Виды самостоятельной работы (с указанием объема часов и форм контроля)	10
4. Учебно-методические материалы по дисциплине	11
4.1. Литература (основная)	11
4.2. Литература (дополнительная)	11
4.3. Перечень методических указаний	12
5. Рейтинговая система оценки качества	13
5.1. Бальная раскладка отдельных элементов контроля по видам занятий	13
5.2. Методика формирования семестровых балльных оценок в контрольные точки	14
5.3. Методика формирования итоговой оценки по дисциплине	15
Приложение 1	17
Приложение 2	18
Приложение 3	20
Приложение 4	21
Приложение 5	22
Приложение 6	23
Приложение 7	25
Приложение 8	26

## 1. ЦЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях и (или) в результате самостоятельного изучения теоретического материала.

Целью курса является изучение физических и технических основ существующих направляющих средств в электросвязи, а также средств их защиты от различных воздействий.

В результате изучения студенты должны:

- 1) иметь представление о различных типах существующих направляющих сред в электросвязи;
- 2) уметь количественно описывать основные свойства поля в различных направляющих средах;
- 3) знать особенности применения различных направляющих сред;
- 4) иметь представление о конструктивных характеристиках и параметрах современных направляющих средств передачи;
- 5) знать и уметь оценивать взаимное влияние между различными направляющими средами передачи, различных видов воздействий на них, а также применять средства их защиты.

Предусмотрен тестовый контроль полученных знаний в объеме, предусмотренном рейтинговой раскладкой для данной дисциплины (см. Приложение 1).

## **2. ОБЪЕМ КУРСА**

Лекции - 30 часов

Практические занятия - 16 часов

Самостоятельная работа – 39 часов

Всего – 85 часов

Экзамен – в 9 семестре

## **3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА**

### **3.1. ТЕМАТИКА ЛЕКЦИЙ**

#### **3.1.1. НАПРАВЛЯЮЩИЕ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ (НСП) – 2 ЧАСА.**

Предмет курса. Общие понятия о направляющих средах передачи сигналов. Современная электрическая связь. Виды НСП. Классификация НСП. Способы передачи сигнала (информации). Диапазоны используемых частот. История развития НСП. Общие принципы построения и использования НСП. Технические возможности различных НСП.

#### **3.1.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ РАЗЛИЧНЫХ НСП – 4 ЧАСА.**

Конструкции и характеристики направляющих систем связи. Электрические кабели связи. Оптические кабели связи. Классификация, маркировка, конструктивные элементы. Конструктивные характеристические параметры коаксиальных симметричных, сверхпроводящих кабелей, волноводов и оптических кабелей.

#### **3.1.3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ НСП – 4 ЧАСА.**

Общие сведения. Характеристики электромагнитного поля и электрофизические параметры сред. Основные положения теории

электромагнитного поля. Параметры направляемых волн в линиях передачи. Направляемые волны в прямоугольном металлическом волноводе. Ослабление волн при распространении в волноводе. Направляемые волны в круглом металлическом волноводе. Линии передачи с  $T$  – волной. Общие подходы к расчету направляющих систем передачи.

### 3.1.4. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЛИЯНИЯ НА НСП – 4 ЧАСА.

Теория электромагнитного влияния. Физическая сущность и источники электромагнитного влияния на цепи связи. Основные формулы расчета влияния внешнего электромагнитного поля на НСП.

### 3.1.5. ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ НСП – 8 ЧАСОВ.

Проблемы электромагнитной совместимости в направляющих системах. Основные понятия о влиянии между симметричными цепями. Первичные и вторичные параметры взаимного влияния. Основные уравнения взаимного влияния. Частотные и временные характеристики взаимного влияния. Взаимные влияния в коаксиальных кабелях связи. Меры повышения защищенности.

### 3.1.6. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И КОРРОЗИИ НА НСП – 4 ЧАСА.

Влияние атмосферного электричества. Влияние линий электропередачи. Влияние электрофицированных железных дорог. Особенности влияния на воздушные и кабельные направляющие системы электросвязи. Виды коррозии и меры защиты.

### 3.1.7. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЛИЯНИЙ И НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В НСП – 4 ЧАСА.

Меры защиты сооружений связи. Схемы защиты. Применение экранов.

### 3.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ И СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ В ЧАСАХ:

N	Наименование практических занятий	Число часов
1	Виды НСП и их технические возможности	2
2	Характеристик и параметры различных НСП	4
3	Расчет направляющих систем передачи	4
4	Расчет влияния внешнего электромагнитного поля на НСП	4
5	Расчет первичных и вторичных параметров взаимного влияния НСП	2

#### **Занятие № 1.**

*Тема.* Виды НСП и их технические возможности (2 часа).

*Содержание.* Решение организационных вопросов, ознакомление с рейтинговой раскладкой, входной тестовый контроль.

*Форма проведения.* Входной тестовый контроль (Приложение 1).  
Решение задач (Приложение 2). Письменные ответы сдаются

преподавателю.

*Тематический план.*

Решение организационных вопросов - 15 минут.

Входной тестовый контроль - 30 минут.

Анализ результатов решения задач - 45 минут.

### **Занятия № 2 и № 3.**

*Тема.* Характеристики и параметры различных НСП (4 часа).

*Содержание.* Тестовый контроль знаний теоретического материала.

*Форма проведения.* Решение задач (Приложение 3).

*Тематический план каждого занятия.*

Самоподготовка по литературе по проведению практических занятий - 10 минут.

Вводная информация по теме - 30 минут.

Решение задач – 40 минут.

Тестовая контрольная - 10 минут.

### **Занятия № 4 и № 5.**

*Тема.* Расчет направляющих систем передачи (4 часа).

*Содержание.* Тестовый контроль. Проверка теоретических знаний.

*Форма проведения.* Решение задач (Приложение 4 и 5).

*Тематический план каждого занятия.*

Вводная информация по теме - 20 минут.

Решение задач – 60 минут.

Тестовая проверка знаний - 10 минут.

### **Занятия № 6 и № 7.**

*Тема.* Расчет влияния внешнего электромагнитного поля на НСП (4 часа).

*Содержание.* Тестовая проверка теоретических знаний.



*Форма проведения.* Решение задач (Приложение 6).

*Тематический план каждого занятия.*

Вводная информация по теме - 30 минут.

Решение задач – 60 минут.

Обсуждение результатов - 30 минут.

### **Занятие № 8.**

*Тема.* Расчет первичных и вторичных параметров взаимного влияния НСП. Семинар (2 часа).

*Содержание.* Выступления по индивидуальным темам.

*Форма проведения.* Решение задач (Приложение 7) и выступления по индивидуальным темам (Приложение 8).

*Тематический план.*

Вводная информация по теме и решения задач - 20 минут.

Доклады – 60 минут.

Обсуждение результатов - 10 минут.

### **Примечания.**

1. Некоторые темы занятий по усмотрению преподавателя могут быть заменены на семинарские занятия, на которых заслушиваются и обсуждаются доклады по темам рефератов (Приложение 8).

2. Некоторые контрольные работы могут выдаваться студентам в виде домашних заданий (Приложения 2-7).

3. При дистанционной форме обучения решение всех практических заданий и написание реферата обязательно. Консультации путем электронной почты или по индивидуальному расписанию.

## **3.3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ НАИМЕНОВАНИЕ И ОБЪЕМ В ЧАСАХ**

Не предусмотрено.

### 3.4.КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА), ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

Не предусмотрено.

### 3.5.ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ (С УКАЗАНИЕМ ОБЪЕМА ЧАСОВ И ФОРМ КОНТРОЛЯ)

№ п/ п	Наименование работы	Кол- во часов	Форма контроля (примеры)
1.	Проработка лекционного материала (~0,5 час на 2 часа лекции)	8	<b>Опрос (тесты)</b>
2.	Подготовка к практическим занятиям, (~0,5-1 час на 2 час. занятие).	5	Опрос ( <i>тесты, проверка на практических занятиях</i> )
3.	Выполнение домашних заданий.	8	Проверка заданий. ( <i>презентация и доклад</i> )
4	Написание реферата.	8	Проверка реферата ( <i>презентация и доклад</i> ).
5.	Изучение тем (вопросов) теоретической части курса, отводимых на самостоятельную проработку: 1) Электрический расчет сверхпроводящих кабельных линий; 2) Основные параметры оптических направляющих систем.	10	Проверка конспектов самостоятельного изучения тем ( <i>Опрос, тесты</i> )
	Всего часов самостоятельной работы	39	

## **4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1. Основная литература**

1. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2-х томах. Том 1 – Теория и влияния / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; Под ред. В.А. Андреева. – 7-е изд. перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 424 с. 1 экз. в библи.
2. Ефанов В.И. Направляющие системы электросвязи. Ч. 1. Электрические линии связи: учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 182 с. 25 экз. в библи.
3. Ефанов В.И. Направляющие системы электросвязи. Ч. 2. Волоконно-оптические линии связи: учеб. пособие. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 161 с. 25 экз. в библи.

### **4.2. Дополнительная литература**

1. Ксенофонтов С.Н., Портнов Э.Л. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач: учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. - 268 с. 30 экз. в библи.
2. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. -М.: Высшая школа, 1992. -416с. 50 экз. в библи.
3. Никольский Р.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. -М.: Наука, 1989. -544с. 78 экз. в библи.
4. Сб. задач по курсу "Электродинамика и распространение радиоволн"/Баскаков С.И., Карташов В.Г., Лобов Г.Д., Филатова Е.А., Штыков В.В.; Под ред. С.И. Баскакова. -М.: Высшая школа, 1981. - 208с. 13 экз. в библи.
5. Андрушко Л.М., Гроднев И.И., Панфилов И.П. Волоконно-оптические линии связи. Учеб. пособие для вузов. –М.: Радио и связь, 1985. –136с. 5 экз. в библи.
6. Гальперович Д.Я., Павлов А.А., Хренков Н.Н. Радиочастотные кабели. –М.: Энергоатомиздат, 1990. –256с. 2 экз. в библи.

7. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. -М.: Связь, 1972. -336с. 62 экз. в библи.
8. Телекоммуникационные системы и сети. Т.1: Учеб. пособие / Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. -Новосибирск: Сиб. предприятие «Наука» РАН, 1998, -536с. 108 экз. в библи.
9. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. –232 с. 70 экз. в библи.
10. Алиев И.И., Казанский С.Б. Кабельные изделия. Справочник. –М.: ИП РадиоСофт, 2002. –224с. 24 экз. в библи.
11. Гильденбург В.Б., Миллер М.А. Сборник задач по электродинамике – 2-е изд. дополн. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. -168с. 10 экз. в библи.
12. Петраков А.В. Утечка и защита информации в телефонных каналах. – М.: Энергоатомиздат, 1997. –304с. 6 экз. в библи.

#### **4.3. Перечень методических указаний**

По дисциплине "Направляющие среды в электросвязи и средства их защиты" подготовлены следующие учебно-методические пособия:

- 1) Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Ефанов, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), 2012, 150 с.  
(<http://edu.tusur.ru/training/publications/802>).
- 2) Красненко Н.П. Направляющие среды в электросвязи и средства их защиты: Методические указания по практическим занятиям и семинарам. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.П. Красненко, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск), 2012, 150 с.

## 5. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

### 5.1. Бальная раскладка отдельных элементов контроля по видам занятий

Элементы учебной деятельности	Кол-во элементов в	Длительность элемента, час.	Кол - во баллов за 1 элемент контроля	Срок контроля, (неделя с начала семестра)	Кол - во баллов (всего)
Посещение занятий	15	2	1	1-18	15
Тестовый контроль	2	2	5	1-18	10
Выполнение практических заданий	4	1	5	1-18	20
Компонент своевременности	5	1	5	1-18	25
<b>Итого максимум за период</b>					70
<b>Сдача экзамена (3 вопроса по 10 баллов за каждый)</b>					30
<b>Итого максимум за период:</b>					100

## 5.2. Методика формирования семестровых балльных оценок в контрольные точки

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	4	4	4	<b>12</b>
Тестовый контроль	11	11		<b>22</b>
Выполнение практических заданий		6	18	<b>24</b>
Компонент своевременности	4	4	4	<b>12</b>
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>70</b>
<b>Сдача экзамена (3 вопроса по 10 баллов за каждый)</b>				<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>19</b>	<b>44</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

### 5.3. Методика формирования итоговой оценки по дисциплине

Осуществляется в соответствии с Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на бально-рейтинговой системы оценки успеваемости, действующей с 2009 г., которая включает текущий контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга (раздел 8) и итоговый контроль.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх| = \frac{(Сумма\_баллов,\_набранная\_к\_КТх)*5}{|x=1,2 \text{ Требуемая\_сумма\_баллов по\_балльной\_раскладке}}$$

Итоговый контроль освоения дисциплины осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей экзамена является выполнение студентом необходимых по рабочей программе для дисциплины видов занятий: выполнение и защита реферата, сдача контрольных работ.

Формирование итоговой суммы баллов осуществляется путем суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

**Пересчет итоговой суммы баллов в традиционную и международную оценку**

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D(удовлетворительно)
3(удовлетворительно)	65 - 69	E(посредственно)
	60 - 64	
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F(неудовлетворительно)



## Тестовые вопросы

1. Что подразумевается под понятием направляющие среды передачи сигналов?
2. Какие бывают направляющие среды?
3. Свойства (характеристики) направляющих сред?
4. Чем определяется выбор направляющей среды?

### Практическое задание 1

1. В идеальном прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения  $a$  и  $b$  ( $a > b$ ) распространяется волна типа  $TE_{10}$  (низшая мода) с частотой  $\omega$  и максимальной амплитудой электрического поля  $E_{\max}$ .  
Найти:
  - а) критическую частоту ( $\omega_{\text{cr}}$ ), длину волны в волноводе ( $\lambda_g$ ), фазовую ( $\nu$ ) и групповую ( $\nu_g$ ) скорости; вычислить эти величины при  $a=2$  см,  $\omega=2\pi\cdot 10^{10}$  1/с;
  - б) максимальные амплитуды поперечной ( $H_{\perp\max}$ ) и продольной ( $H_{z\max}$ ) компонент магнитного поля.
2. С двух концов прямоугольного волновода запущены навстречу друг другу два радиоимпульса с высокочастотным заполнением: один – на волне  $TE_{10}$ , второй – на волне  $TE_{m0}$ . Центры импульсов встречаются точно посередине волновода. Каково соотношение между длинами волн обоих импульсов в свободном пространстве ( $\lambda_1/\lambda_2$ ) и в волноводе ( $\lambda_{g1}/\lambda_{g2}$ )?
3. Длина волны в волноводе  $\lambda_g$  в два раза превышает критическую длину волны для данной моды  $\lambda_{\text{cr}}$ . Во сколько раз частота волны превышает критическую?
4. За какое время радиоимпульс с ВЧ заполнением на частоте  $\omega$  пройдет отрезок линии передачи длины  $L$ , если:
  - а) это импульс первой распространяющейся волны в незаполненном прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения  $a$  и  $b$ ;
  - б) это импульс главной волны ( $TEM$ ) в незаполненной коаксиальной линии.

5. Расстояние между ближайшими узлами стоячей волны  $TE_{11}$  в прямоугольном волноводе с размерами поперечного сечения  $a, b$  равно  $L$ . Найти частоту поля  $\omega$ .
6. На входе в незаполненный прямоугольный волновод с идеально проводящими стенками волна типа  $TE_{10}$  промодулирована по амплитуде на частоте  $\Omega$ .

$$E = E_0(1 + m \cos \Omega t) \exp(i\omega t).$$

Ширина волновода  $a$  удовлетворяет условиям

$$\pi c / \omega > a > \pi c / (\omega + \Omega).$$

Как зависит частотный спектр сигнала от продольной координаты  $z$ ?

7. Для измерения распределений поля в волноводе в его стенке прорезается узкая щель, через которую внутрь волновода вводится измерительный зонд. Исходя из требований минимального искажения щелью структуры измеряемого поля, укажите:
- каким образом должна быть ориентирована щель по отношению к вектору напряженности магнитного поля на стенке волновода;
  - в каком месте прямоугольного волновода следует прорезать продольную щель для измерения структуры стоячей волны типа  $TE_{10}$ .

## Практическое задание 2

1. Найти коэффициент отражения волны  $\Gamma$  от скачка диэлектрической проницаемости в линии передачи: при  $z < 0$   $\varepsilon = \varepsilon_1$ , при  $z > 0$   $\varepsilon = \varepsilon_2$  ( $z$  – продольная координата). Волна имеет поперечное волновое число  $k$  и частоту  $\omega$ . Рассмотреть волны: а) типа  $TE$ ; б) типа  $TM$ .
2. Рассчитать эквивалентные погонные параметры (коэффициент самоиндукции  $L$  и емкость  $C$ ) и волновое сопротивление  $Z_w$  (определяемое как отношение напряжения к току в бегущей волне) для главных ( $TEM$ ) волн в следующих линиях передачи без диэлектрического заполнения:
  - а) коаксиальная линия с радиусами проводников  $a$  и  $b$ ;
  - б) полосковая линия, образованная двумя параллельными металлическими лентами ширины  $a$  с расстоянием между ними  $d \ll a$ .
3. Найти коэффициент отражения волны  $\Gamma$  от конца двухпроводной линии и входной импеданс  $Z(L)$  на расстоянии  $L$  от конца, если ее волновое сопротивление равно  $Z_w$ , расстояние между проводами много меньше длины волны, а к концу линии подключена следующая нагрузка:
  - а) емкость  $C$ ;
  - б) индуктивность  $L$ ;
  - в) сопротивление  $R=Z_w$ ;
  - г) другая линия передачи бесконечной длины с волновым сопротивлением  $Z_{w1}$ ;
  - д) сопротивление  $R=0$  (линия закорочена);
  - е) сопротивление  $R=\infty$  (линия разомкнута).

### Практическое задание 3

1. Определить диаметр сердечника двухслойного одномодового ОВ с проницаемостью сердечника  $\varepsilon_1 = 2,25$  и оболочки  $\varepsilon_2 = 2,1$  на длине волны  $\lambda = 0,84$  мкм ( $\mu_1 = \mu_2 = 1$ ).
2. Определить электрические характеристики оптического волокна на длине  $\lambda = 1,06$  мкм при радиусе сердечника кварцевого волокна  $a = 2,5$  мкм, коэффициента преломления сердечника  $n_1 = 1,48$  и оболочки  $n_2 = 1,45$ .
3. Определить количество мод, направляемых однородным двухслойным световодом с параметрами:  $n_1 = 1,4665$ ,  $n_2 = 1,452$ ,  $a = 25$  мкм,  $\lambda = 0,84$  мкм.
4. Определить количество мод в градиентном световоде с параболическим профилем показателя преломления, если показатель преломления в центре сердцевины  $n_1 = 1,4665$ , показатель преломления оболочки  $n_2 = 1,452$ , радиус сердцевины  $a = 25$  мкм, длина волны  $\lambda = 0,84$  мкм.

### Практическое задание 4

#### РАСЧЕТ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

1. Определить величину межмодовой дисперсии в параболическом световоде без учета связи мод, если показатель преломления в центре сердцевины  $n_1 = 1,4665$ , показатель преломления оболочки  $n_2 = 1,452$ , радиус сердцевины  $a \approx 25$  мкм, длина световода  $L = 1$  км.
2. Определить работает ли в одномодовом режиме  $W$ -световод с радиусом сердцевины  $a = 8$ , толщиной промежуточной 6 мкм,  $n_1 = n_2 = 1,447$ ,  $L = 1$  км,  $\lambda = 1,3$  мкм, если нормированная критическая частота первого высшего типа волны  $LP_{11}$  равна 3,832.

### Практическое задание 5

#### РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НСП

1. Определить опасное магнитное влияние линий электропередачи переменного тока (частота 50 Гц) на цепи кабелей связи и необходимость в защитных мероприятиях при следующих исходных данных:

  - кабель МКСБ 4×4×1,2;
  - эквивалентная длина участков сближения  $l_{\text{ЭК} 1} = 1$  км,  $l_{\text{ЭК} 2} = 1$  км,  $l_{\text{ЭК} 3} = 0,5$  км,  $l_{\text{ЭК} 4} = 0,6$  км,  $l_{\text{ЭК} 5} = 0,7$  км,  $l_{\text{ЭК} 6} = 0,9$  км,  $l_{\text{ЭК} 7} = 1$  км;
  - ширина сближения между ВЛ и ЛС по отдельным участкам:  $a_1 = 80$  м,  $a_2 = 150$  м,  $a_3 = 350$  м,  $a_4 = 120$  м,  $a_5 = 300$  м,  $a_6 = 100$  м,  $a_7 = 210$  м,  $a_8 = 450$  м;
  - ток короткого замыкания ВЛ –  $I_{\text{кз}} = 3000$  А;
  - удельная проводимость земли –  $\sigma_3 = 10 \cdot 10^{-3}$  См/м;
  - сопротивление металлических покровов кабеля постоянному току –  $R_0 = 2,16$  Ом/км;
  - индуктивность внешних металлических покровов кабеля связи –  $L = 5 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;
  - система передачи К-60п с дистанционным питанием усилителей постоянным током по системе «провод-провод».
2. Определить опасное гальваническое влияние линий электропередачи переменного тока на цепи кабелей связи и выяснить необходимость в защитных мероприятиях, при следующих данных:

  - кабель МКСБ 4×4×1,2;

- $a_1 = 100$  м,  $a_2 = 200$  м;
- $l = 10$  км;
- ток короткого замыкания ВЛ –  $I_{кз} = 20$  кА;
- удельная проводимость земли –  $\sigma_3 = 1 \cdot 10^{-3}$  См/м;
- сопротивление металлических покровов кабеля постоянному току –  $R_0 = 2,16$  Ом/км;
- $L = 5 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;
- $R_{31} = R_{32} = 5$  Ом;
- система передачи К-60п-4 с дистанционным питанием усилителей постоянным током по системе «провод-провод».



### Практическое задание 6

#### РАСЧЕТ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ НСП

1. Определить, на сколько изменится сопротивление симметричной цепи в кабеле МКСГ- 4×4, если в первом случае по ней организован один стандартный канал тональной частоты, во втором случае была использована система передачи К-60, в третьем случае – ИКМ-30. Расчеты проводить на верхних частотах передаваемых сигналов.
2. Определить минимальное и максимальное значения волнового сопротивления электромагнитной волне, проходящей по симметричной паре МКСГ- 4×4, если кабель работает с системой передачи К-60.
3. Рассчитать электромагнитные связи между цепями четверки симметричного кабеля МКСАШп 4×4. По кабелю работает система передач К-60. Расчеты проводить на верхней частоте системы передачи.
4. Определить электромагнитную связь на ближнем и дальнем концах цепей четверки симметричного кабеля типа МКСАШп 4×4 на полутактовой частоте системы передачи ИКМ-30..

**ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ**

1. Влияние грозových разрядов на линии связи и меры защиты.
  2. Мешающее влияние высоковольтных линий и электрофицированных железных дорог.
  3. Влияние мер защиты на изменения воздействия внешних электромагнитных полей.
  4. Взаимные влияния в симметричных цепях воздушных и кабельных линий связи.
  5. Расчет элементов конструкций симметричных кабелей.
  6. Расчет первичных параметров симметричных цепей.
  7. Расчет вторичных параметров симметричных цепей.
  8. Расчет первичных параметров коаксиальных цепей.
  9. Расчет вторичных параметров коаксиальных цепей.
  10. Расчет влияния соотношения размеров проводников коаксиальной пары на параметры передачи.
  11. Расчет влияния конструктивных неоднородностей коаксиального кабеля на параметры передачи.
  12. Расчет влияния в коаксиальных кабелях связи.
  13. Вопросы электромагнитной совместимости различных НСП.
  14. Расчет параметров оптических кабелей.
  15. Расчет затухания в оптических кабелях.
  16. Расчет дисперсии в оптических кабелях.
  17. Расчет элементов конструкций оптических кабелей.
  18. Технические возможности различных направляющих сред передачи.
  19. Общие понятия о направляющих средах передачи.
- и др.