

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра систем телекоммуникаций

Я.В. Алишев, В.Н. Урядов

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению контрольных работ
по дисциплине

«Направляющие системы и пассивные компоненты
систем телекоммуникаций»

для студентов специальности 45 01 01

«Многоканальные системы телекоммуникаций»
заочной формы обучения

Минск 2003

УДК 621.395.4 (075.8)
ББК 32.883 я 7
А 50

Алишев Я.В.

А 50 Методическое пособие к выполнению контрольных работ по дисциплине «Направляющие системы и пассивные компоненты систем телекоммуникаций» для студ. спец. 45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций» заочной формы обучения / Я.В. Алишев, В.Н. Урядов. – Мн.: БГУИР, 2003. – 22с.

ISBN 985-444-457-0

Методическое пособие к выполнению контрольных работ по дисциплине «Направляющие системы и пассивные компоненты систем телекоммуникаций» предназначено для лучшего усвоения студентами вопросов проектирования и строительства кабельных магистралей волоконно-оптических систем передачи (ВОСП).

Приведенные контрольные вопросы и задания позволяют систематизировать решение комплекса вопросов проектирования линейных сооружений ВОСП, в работе даются методические и практические рекомендации по расчету основных параметров передачи оптического кабеля и его использования в современных сетях телекоммуникаций.

УДК 621.395.4 (075.8)
ББК 32.883 я 7

ISBN 985-444-457-0

© Алишев Я.В., Я.В. Урядов Я.В., 2003
© БГУИР, 2003

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире быстрыми темпами развиваются системы связи на основе волоконно-оптической техники, возникшей лишь три десятилетия назад. И если раньше изучению оптических принципов передачи информации на большие расстояния уделялось такое же внимание, как электрическим и радиотехническим, то сегодня широкое внедрение волоконно-оптических систем передачи и большой удельный вес капитальных затрат на эти цели вызывает необходимость более глубокого изучения и прочного освоения принципов построения линейно-кабельных сооружений связи на основе оптического кабеля.

Данное методическое пособие имеет целью помочь практически применять теоретические знания, способствовать усвоению и закреплению учебного материала, а также успешно выполнить контрольную работу, которая при изучении дисциплины «Направляющие системы и пассивные компоненты» является итоговой.

Программа изучения дисциплины «Направляющие системы и пассивные компоненты систем телекоммуникаций»

Целью дисциплины «Направляющие системы и пассивные компоненты систем телекоммуникаций» является изучение принципов работы линий передачи, теории передачи применяемых в настоящее время направляющих систем, линий связи открытых оптических систем, а также принципов работы устройств управления излучением.

Задачей дисциплины является изучение:

- принципов построения сетей электросвязи;
- методов математического описания направляющих систем оптического диапазона;
- методов проектирования, строительства и эксплуатации линий связи оптического диапазона.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать принципы действия и устройства направляющих систем оптического диапазона: оптических волоконных световодов (ВС), дискретных оптических волноводов, открытых линий связи оптического диапазона, их основные характеристики; ознакомиться с проектированием, строительством и эксплуатацией линий связи оптического диапазона.

1. Содержание дисциплины

1.1. Введение

Предмет и задачи дисциплины. Современная электрическая связь и ее развитие. Основные виды связи. Развитие направляющих систем передачи. Основные требования к линиям связи оптического диапазона.

2. Открытые оптические системы связи

2.1. Распространение излучения в атмосфере: атмосферное затухание поглощения и рассеивания Релея, μ -рассеивание.

2.2. Турбулентность атмосферы. Влияние турбулентности на распространение оптического излучения в системах оптической связи.

3. Теория передачи, конструкция и характеристики оптических направляющих систем оптического диапазона

3.1. Оптические кабели связи. Типы волоконных световодов, характерные конструкции оптических кабелей. ГОСТы по условным обозначениям компонентов волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Маркировка оптических кабелей.

3.2. Квазиоптимальный режим. Вывод уравнения геометрической оптики из основных уравнений электродинамики. Физические процессы в кабелях. Падающие, отраженные и преломленные волны. Закон полного внутреннего отражения.

3.3. Лучевой анализ распространения излучения в волоконных световодах.

3.4. Волновой анализ распространения излучения в ВС. Одномодовый режим. Градиентное волокно.

3.5. Потери и затухание в ВС. Потери на примесях. Затухание на неоднородностях, рассеивание Релея.

3.6. Дисперсия в ВС. Материальная, многомодовая, волноводная поляризационная.

3.7. Затухание при соединении оптических одномодовых и многомодовых волокон. Устройство ввода-вывода энергии. Методы изготовления волоконных световодов, защитные покрытия. Механические свойства и характеристики ВС.

4. Основные элементы оптического тракта и измерение их характеристик

4.1. Соединение ВС. Устройства ввода и разъемы. Стыковка с источниками излучения.

4.2. Разветвители, неразъемные соединения. Плоские зеркала. Призмы, оптические фильтры.

4.3. Измерение затухания волоконных световодов.

4.4. Измерение дисперсии. Измерение импульсного отклика и передаточной функции.

5. Проектирование, строительство и эксплуатация оптических линий связи

5.1. Основные положения проектирования волоконно-оптических магистралей. Организация проектирования. Расстановка усилительных пунктов. Принципы организации дистанционного питания.

5.2. Организация строительных работ. Способы прокладки оптических кабелей (ОК). Методы группирования ВС и монтажа ОК. Приемосдаточные испытания. Основы технической эксплуатации ВОЛС. Надежность ВОЛС. Техно-экономические показатели ВОЛС.

Методические указания к изучению материала

Тема 1. Введение. [4, с. 10–31; 6, с. 4–12; 10, с. 11–12]

Необходимо рассмотреть историю развития оптических линий связи и систем передачи, основные требования к современным волоконно-оптическим системам передачи, их роль и место в сетях телекоммуникаций.

Тема 2. Открытые оптические системы связи. [1, с. 116–129]

Вначале необходимо изучить открытые оптические системы связи, в которых не используются направляющие системы, а распространение осуществляется в атмосфере. Такие линии связи появились исторически первыми, и они будут и далее использоваться в космосе или на земле, например, в горах и т.д. На распространение света в условиях открытого пространства влияет атмосферное затухание и турбулентность атмосферы. Студенту необходимо изучить эти явления.

Тема 3. Теория передачи, конструкция и характеристики направляющих систем оптического диапазона.

[2, ; 3, с. 54–70; 4, с. 32–189; 5, с. 18–84; 6, с. 49–139; 7, с. 20–102; 9, с. 8–39; 9, с. 33–42; 10, с. 13–47]

В данном разделе необходимо прежде всего изучить явление полного внутреннего отражения света на границе раздела двух диэлектрических сред с разными показателями преломления. Далее на основе лучевого приближения рассматривается распространение света в волоконных световодах, вводится понятие пространственных мод, рассматривается классификация оптических волокон, основанная на различии профиля показателя преломления сердцевинны световода и числа направляемых волоконных мод. Студенту необходимо усвоить смысл таких характеристик волоконного световода, как числовая апертура и нормированная частота. Изучить конструкции и маркировку оптических кабелей.

Далее изучаются явления затухания и дисперсии оптического сигнала в ВС. Затухание и дисперсия оптического сигнала в световоде определяют при заданной скорости передачи длину регенерационного участка ВОСП, т.е. максимальное расстояние, на которое возможна передача оптического сигнала без усиления и коррекции.

Затухание является одной из основных характеристик ВС, определяющей длину регенерационного участка. Оно обусловлено собственными потерями в волоконных световодах и дополнительными кабельными потерями, связанными со скруткой, деформацией и изгибами световодов при положении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления ОК.

Собственные потери ВС состоят, в первую очередь, из потерь

поглощения α_n и потерь рассеяния α_p .

Потери на поглощение существенно зависят от чистоты материала и при наличии примесей, случайно попавших в волокно (причины самые разные, но в основном – несовершенство технологии), могут достигать очень больших величин.

Затухание за счет поглощения α_n связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, зависит от свойств материала и обратно пропорционально длине волны:

$$\alpha_n = \frac{\pi n_1}{\lambda} \operatorname{tg} \delta \cdot 8,6 \cdot 10^3 \text{ дБ/км},$$

где n_1 – показатель преломления;

λ – длина волны;

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь.

Рассеяние обусловлено неоднородностями материала ВС, размеры которых меньше длины волны. Это рассеяние носит название релеевского:

$$\alpha_p = K_p / \lambda^4,$$

где K_p – коэффициент рассеяния;

для кварца $K_p = 0,8 \dots 1,5 \text{ мкм}^4 \cdot \text{дБ/км}$.

Собственное затухание определяется выражением

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p.$$

Дисперсионные искажения волоконно-оптического кабеля

В предельном идеализированном случае по волоконному световоду возможна организация огромного числа каналов на большие расстояния, но фактически имеются значительные ограничения. Это связано с тем, что сигнал на вход приемного устройства приходит искаженным, и чем длиннее линия, тем более искажается передаваемый сигнал. Данное явление носит название дисперсии и обусловлено различием времени распространения различных мод в ВС и наличием зависимости показателя преломления от длины волны. Дисперсия приводит к увеличению длительности импульса при прохождении его по оптическому кабелю.

Дисперсия, возникающая из-за существования большого количества мод, называется модовой. Дисперсия вследствие второго явления носит название хроматической (τ_x) и делится на материальную ($\phi_{\text{мат}}$) и волноводную ($\tau_{\text{ВВ}}$). Волноводная дисперсия характеризуется зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны, материальная – зависимостью показателя преломления от длины волны. Результирующее значение уширения импульсов

$$\tau = \sqrt{\tau_{\text{мод}}^2 + (\tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}})^2}.$$

Для одномодовых волокон

$$\tau = \tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}}.$$

Модовая дисперсия зависит от профиля показателя преломления и определяется следующим выражением на единицу длины:

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta n_1}{C} \left(\frac{q-2}{q+2} \right), \quad q \neq 2,$$

где C – скорость света;

n_1 – показатель преломления сердцевины;

q – коэффициент, определяющий профиль показателя преломления,

$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{2n_1^2}$ – относительная разность показателей преломления

сердцевины (n_1) и оболочки (n_2).

В случае градиентного световода с параболическим профилем показателя преломления ($q = 2$)

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{n_1 \Delta^2}{2C}.$$

Хроматическая дисперсия определяется выражением

$$\tau_x = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \left[M\lambda + \frac{N_1 - N_2}{C} V \frac{d^2VB}{dV^2} \right],$$

где $M = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \frac{dN_1}{d\lambda} = \frac{\lambda}{C} \frac{d^2n_1}{d\lambda^2}$ – удельная материальная дисперсия (рис. 1);

$N_1 = n_1 - \lambda \frac{dn_1}{d\lambda}$; $N_2 = n_2 - \lambda \frac{dn_2}{d\lambda}$ – групповой показатель преломления сердцевины и оболочки соответственно (рис. 2).

Производная $V \frac{d^2VB}{dV^2}$ в области одномодового режима изменяется от 0,2 до 0,06 ($V = 2 - 2,4$) (рис. 3).

Используя приведенные выражения и кривые рис. 1, 2, 3, можно определить погонную дисперсию разработанного оптического кабеля.

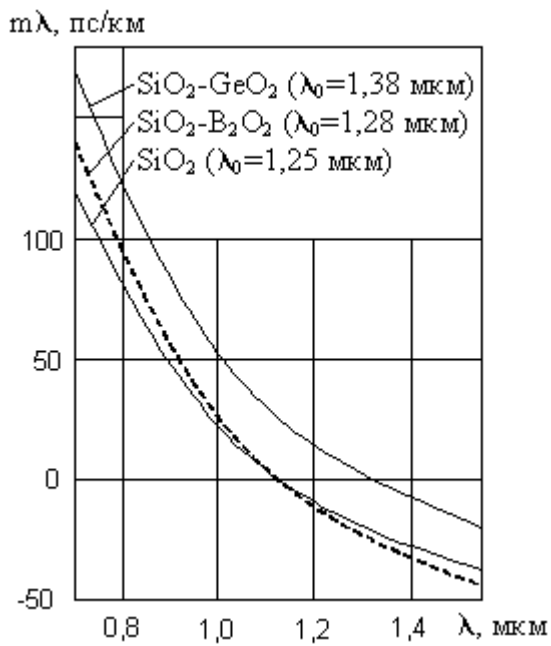


Рис.1

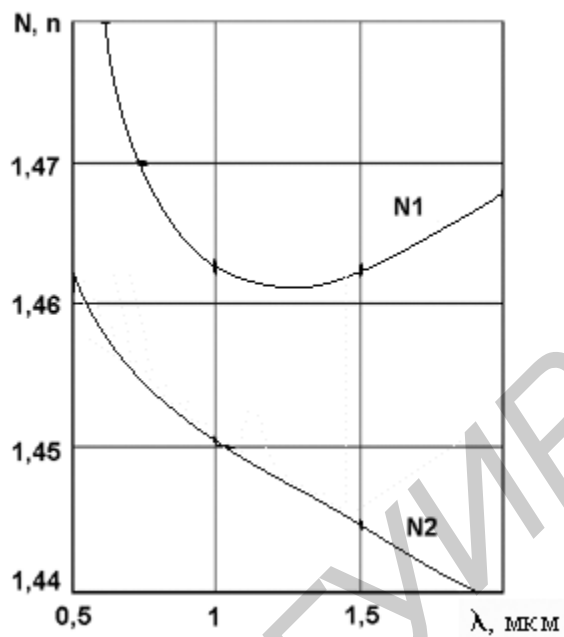


Рис.2

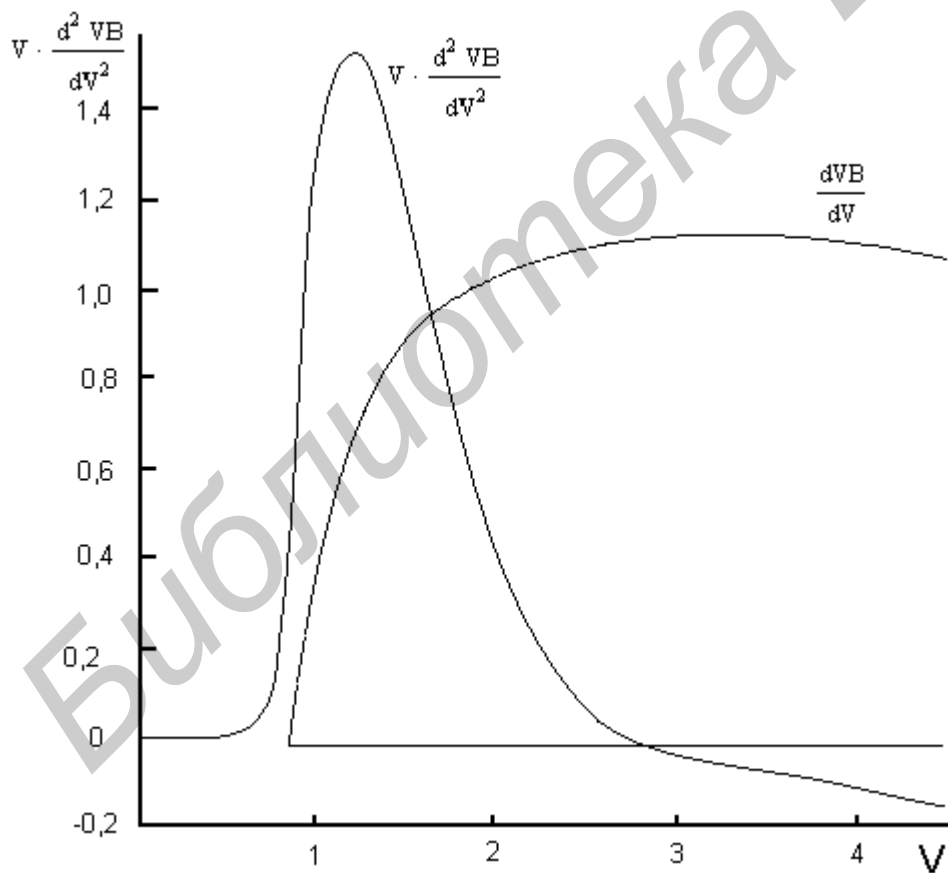


Рис.3

Тема 4. Основные элементы волоконно-оптического тракта и измерение их характеристик

[3, с. 271–278; 4, с. 257–284; 5, с. 184–218; 7, с. 132–203;
8, с. 39–42; 9, с. 57–71; 10, с. 49–77; 11, с. 181–209]

Основными элементами оптического тракта являются: устройства ввода оптического сигнала от источников излучения, разъемные и неразъемные соединения, устройства согласования ВС и приемного оптического модуля.

В последние годы в современных ВОСП широко используются различного типа ответвители, оптические фильтры и т.д. Студент должен изучить принцип работы этих устройств и уметь определить затухание и их другие характеристики.

Затухание в соединениях определяется следующим выражением:

$$\alpha_1 = \alpha_{\phi} + \alpha_a + \alpha_{Na} + \alpha_d + \alpha_D + \alpha_{\theta} + \alpha_q,$$

где слагаемые – затухания, определяемые следующими факторами:

α_{ϕ} – френелевским отражением;

α_a – различием радиусов соединяемых ВС;

α_{Na} – различием в значениях числовых апертур;

α_d – несоосностью соединяемых оптических волокон (ОВ);

α_D – зазором между ОВ;

α_{θ} – угловым смещением;

α_q – различным профилем волокна.

Соединение может быть разъемным и неразъемным (сварным). Неразъемные оптические соединения обеспечивают минимальный уровень оптических потерь в пределах 0,1...0,5 дБ в зависимости от типа волокна и технологии изготовления соединения. В этом случае затухание вследствие френелевского отражения и из-за зазора между волокнами равно нулю.

Затухание из-за зазора между соединяемыми волокнами за малостью можно не учитывать, так же как и в разъемных соединениях. Затухание за счет френелевского рассеяния

$$\alpha_{\phi} = -10 \lg \left[1 - 2 \left(\frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 \right],$$

где n_1 , n_0 – показатели преломления сердцевины ВС и заполнения между торцами соединяемых волокон.

В зависимости от типа волоконного световода потери на соединениях определяются различными выражениями. Для многомодовых волокон затухания, определяемые разными факторами, равны соответственно:

$$\alpha_a = 10 \lg \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^2 \quad a_1 > a_2$$

$$\alpha_{NA} = 10 \lg \left(\frac{NA_1(O)}{NA_2(O)} \right)^2 \quad NA_1(O) > NA_2(O);$$

$$\alpha_q = -10 \lg \left(q_1/q_2 \frac{q_1+2}{q_2+2} \right) \quad \text{для } q_2 > q_1;$$

$$\alpha_d = -10 \lg \left(1 - 0.64 \frac{d}{a} \right)^2 \quad \text{для ступенчатого ВС};$$

$$\alpha_d = -10 \lg \left(1 - 0.85 \frac{d}{a} \right) \quad \text{для градиентного ВС};$$

$$\alpha_\theta = -10 \lg \left(1 - \frac{\theta}{n_1 n_0 \sqrt{2\Delta}} \right),$$

где n_1 – показатель преломления сердцевинны;
 n_0 – показатель преломления среды между соединяемыми волокнами;
 a – радиус ВС;
 d – осевое смещение.

Распределение поля на торце одномодового световода может быть с хорошей точностью аппроксимировано гауссовой функцией

$$E(r) = A \exp \left(-\frac{r^2}{w_0^2} \right), \quad 0 < r < a,$$

где w_0 – полуширина на уровне, где напряженность поля равна $1/e$.
 Поэтому затухание определяется следующими формулами:

$$\alpha_w = -10 \lg \left(\frac{2w_{01}w_{02}}{w_{01}^2 + w_{02}^2} \right)^2,$$

$$\alpha_d = -10 \lg \exp \left(-\frac{d^2}{w_0^2} \right),$$

$$\alpha_\theta = -10 \lg \exp \left(-\frac{\pi n_2 w_0 \theta}{\lambda} \right)^2,$$

где λ – длина волны, w_{01}, w_{02} – полуширины распределения поля соединяемых волокон.

Затухание при возбуждении ВС от источника излучения

$$\alpha_{и-ВС} = -10 \lg \frac{1}{2} NA^2 (G+1),$$

где G – параметр, характеризующий направленность излучения полупроводникового лазера ($G = 1$ для светодиодов);
 NA – числовая апертура ОВ.

Тема 5. Проектирование, строительство и эксплуатация оптических линий связи [6, с. 330–410; 8, с. 192–217]

Самым дорогостоящим элементом ВОСП является оптический кабель. Правильный его выбор уменьшит капитальные затраты и эксплуатационные расходы на проектируемую ВОСП. Выбор типа ОК определяется широкополосностью или пропускной способностью линейного тракта и местом проектируемой волоконно-оптической линии. В данном разделе необходимо изучить организацию и этапы проектирования, организацию строительных работ и способы прокладки оптических кабелей связи, законы суммирования параметров передачи ОВ и метрологическое обеспечение строительства и технической эксплуатации линейных трактов ВОСП. Необходимо также уметь определять надежность магистрали и овладеть инженерной методикой расчета длины регенерационного участка ВОСП.

Линейные регенераторы (ЛР) располагаются вдоль оптической линии связи через расстояния, обусловленные дисперсией или затуханием. В ЛР сигнал восстанавливается и усиливается до требуемого значения.

Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) – вид модуляции в цифровых системах передачи, при котором помехи не накапливаются, а сигнал полностью восстанавливается в регенераторах.

Длина регенерационного участка ВОЛС определяется передаточными параметрами кабеля: его коэффициентом затухания α и дисперсией τ . Затухание приводит к уменьшению передаваемой мощности, а дисперсия – к уширению передаваемых импульсов: чем длиннее линия, тем больше вносимые искажения импульсов, что приводит к перекрытию импульсов цифрового потока и ограничивает, таким образом, длину участка регенерации.

Длина регенерационного участка выбирается по наименьшему значению L_z или L_D так, чтобы не превышались допустимые значения затухания тракта (α) и допустимого искажения импульса ϕ_D .

Расчет L_D с учетом дисперсионных искажений

Длина регенерационного участка с учетом допустимых, дисперсионных искажений определяется выражением

$$L_D = \frac{0,25}{\tau B'},$$

где B' – линейная скорость передачи;
 $B' = Bk$

Здесь k учитывает увеличение скорости передачи в результате перекодирования в линейном кодере.

Например, при применении кода 5В6В $k = 6/5$.

Расчет L_3 с учетом затухания

Общее затухание регенерационного участка ВОЛС составляет

$$\alpha_3 = 10 \lg \frac{P_{\text{пер}}}{P_{\text{пр}}} = p_{\text{пер}} - p_{\text{пр}} = \alpha L_3 + \alpha_i N_{\text{нс}} + \alpha_r N_{\text{рс}} + \alpha_{\text{и-вс}} + \alpha_{\text{вс-пр}} + \mathcal{E},$$

где $P_{\text{пер}}, p_{\text{пер}}$ – мощность и уровень мощности излучения источника;

$P_{\text{пр}}, p_{\text{пр}}$ – мощность и уровень мощности принимаемого оптического сигнала;

L_3 – длина регенерационного участка, определяемая потерями в оптическом тракте;

α – коэффициент затухания ОК;

$N_{\text{нс}}, N_{\text{рс}}$ – число неразъемных и разъемных соединений ($N_{\text{рс}}$ не менее 4) на участке;

$\alpha_i, \alpha_{\text{рс}}$ – потери в неразъемном и разъемном соединениях ($\alpha_{\text{рс}} \sim 0,5$) дБ;

\mathcal{E} – энергетический запас системы.

Уровень мощности излучения источника определяется мощностью и направленностью излучения источника, типом ОВ и наличием согласующего оптического устройства между источником и ОВ:

$$\alpha_3 = 10 \lg \frac{P_{\text{пер}}}{P} = p_{\text{пер}} - p_{\text{пр}} = l\alpha_p + l_i N_{\text{нс}} + L_{\text{рс}} N_{\text{рс}} + L_{\text{и-вс}} + L_{\text{вс-пр+э}}, \text{ мВт.}$$

Для расчета длины регенерационного участка с учетом потерь в линейном тракте преобразуем формулу для общего затухания:

$$L_3 = \frac{P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} - \alpha_{\text{рс}} N_{\text{рс}} + \alpha_i - \alpha_{\text{и-вс}} - \alpha_{\text{вс-пр}} - \mathcal{E}}{\alpha + \frac{\alpha_i}{L_{\text{сд}}}}.$$

Здесь учтено, что число неразъемных плоских соединителей на регенерационном участке

$$N_{\text{нс}} = \frac{L_3}{L_{\text{сд}}} - 1,$$

где $L_{\text{сд}}$ – строительная длина оптического кабеля.

Сравнивая L_3 и L_D , необходимо определить длину регенерационного участка (L_B).

Надежность – свойство ВОЛС выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени. Надежность характеризуется следующими параметрами: интенсивность отказов – среднее количество отказов в единицу времени на 1 км трассы линии; среднее время между отказами, выраженное в часах; параметр потока отказов – среднее количество отказов в единицу времени на всю длину трассы магистрали или на условную длину трассы; среднее время восстановления связей – среднее время простоя, от начала отказа до момента восстановления, выраженное в часах; вероятность безотказной

работы – вероятность того, что в заданный интервал времени на линии не возникнет отказов; коэффициент готовности – вероятность того, что линия в произвольно выраженный момент времени будет исправна; коэффициент простоя – вероятность нахождения линии в произвольно выбранный момент времени в состоянии отказа.

Расчет надежности ВОЛС производится по следующим формулам:

а) интенсивность потока отказов равна

$$\alpha = \alpha_1 L_1 + \alpha_2 L_2 + \alpha_3 L_3, < 1/\text{ч},$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – интенсивность отказов на 1 км соответствующих участков линии, 1/км Ч;

L_1, L_2, L_3 – длины участков линии с соответствующими интенсивностями отказов, км;

б) среднее время между отказами

$$T_{\text{cp}} = \frac{1}{\alpha}, \text{ ч};$$

в) коэффициент готовности

$$K_{\text{Г}} = \frac{T_{\text{cp}}}{T_{\text{cp}} + t_{\text{в}}},$$

где $t_{\text{в}}$ – среднее время восстановления связей, ч;

г) коэффициент простоя

$$K_{\text{п}} = 1 - K_{\text{Г}};$$

д) вероятность безотказной работы линии за сутки

$$P_{\text{сут}} = e^{-\lambda t}{}^{24},$$

где $t_{24} = 24$ ч;

е) надежность линии

$$H = P_{\text{сут}} K_{\text{Г}}.$$

Эта величина характеризует исправную работу кабельной линии в течение года.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА» (НСОД)

Контрольное задание включает в себя две задачи по разделу курса «Направляющие системы оптического диапазона», решение каждой из которых способствует углублению знаний.

Контрольные работы должны быть аккуратно оформлены, написаны чернилами на одной стороне листа в ученической тетради или листах формата А4. Справа оставляют поля шириной 4–5 см. Это позволит рецензенту делать замечания и указания по тексту работы, а студенту – вносить исправления по ходу решения задач, а не на отдельных страницах в конце тетради.

Графики и чертежи выполняются на миллиметровой бумаге с

соблюдением правил черчения и ГОСТов. Чертежи вклеиваются по мере ведения вычислений. В конце должен быть приведен список литературы, которая использована при выполнении работы, поставлены дата выполнения и подпись.

Неправильно оформленные и не соответствующие своему варианту контрольные работы к рецензированию не принимаются и возвращаются студенту для переоформления.

Задача 1

Произвести расчет длины регенерационного участка волоконно-оптической системы передачи информации по энергетическому потенциалу системы L_3 и по дисперсии в волоконных световодах L_D .

Длина участка регенерации будет равна наименьшей из величин L_3 , L_D .

Методические указания к выполнению расчетной части контрольного задания

Энергетическая длина участка L_3 рассчитывается по формуле, приведенной в теме.

Часть исходных данных к расчету задается в табл. 1 и 2.

Выбор варианта производится по двум последним цифрам номера студенческого билета. Остальные параметры выбираются студентом самостоятельно из табл. 3 после изучения теоретического материала. Студенту необходимо иметь в виду, что неправильный выбор параметров по табл.3 приводит к ошибкам в расчете.

Потери на соединении излучатель – световод рассчитываются по формулам, приведенным в теме 4 для заданных параметров излучателя и световода.

Уровень мощности сигнала на входе фотодетектора определяется в зависимости от скорости передачи информации V (Мбит/с) и типа фотодетектора (PIN или ЛФД) по формулам:

$$p_{\text{фдт}} = -55 + 11 \lg V \quad \text{для PIN,} \quad V < 50 \text{ Мбит/с}$$

$$p_{\text{фдт}} = -70 + 10,5 \lg V \quad \text{для ЛФД,} \quad V < 50 \text{ Мбит/с}$$

$$p_{\text{фдт}} = -53 + 10 \lg V \quad \text{для PIN,} \quad V > 50 \text{ Мбит/с}$$

$$p_{\text{фдт}} = -70 + 10 \lg V \quad \text{для ЛФД.} \quad V > 50 \text{ Мбит/с}$$

Для определения дисперсионной длины L_D по формулам темы 2 оценивается среднеквадратичное удельное уширение импульса τ . Дисперсионная длина L_D определяется из выражения, приведенного в теме 5.

Таблица 1

Исходные данные	Предпоследняя цифра номера студенческого билета										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Тип источника излучения	СИД	СЛД	СИД	СЛД	ЛД	СИД	СЛД	ЛД	СИД	ЛД	
2. Оптическая мощность источника излучения P_U , мВт	0,05	1	0,1	1	1	0,1	2	2	0,05	0,5	
3. Ширина спектра излучения $\Delta\lambda$, нм	20	3	35	4	1	40	5	4	50	2	
4. Тип волоконного световода	МС	Г	МС	МС	О	МС	Г	О	Г	О	
5. Скорость передачи информации, Мбит/с	8	34	2	8	155,52	10	8	622	34	2400	
6. Параметр G источника излучения	1	5	1	4	10	2	7	12	3	20	
7. Среднее поперечное смещение в соединителях d , мкм	5	3	8	6	1	5	4	2	3	2	
8. Среднее угловое смещение в соединителях θ , град	2	1	1	3	0,5	0,5	1	1	2	0,3	

Примечание. СИД – светоизлучающий диод, СЛД – суперлюминисцентный диод, ЛД – лазерный диод, МС – многомодовый световод со ступенчатым профилем показателя преломления сердцевины, Г – градиентный световод, О – одномодовый световод.

Таблица 2

Исходные данные	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Тип фотодетектора	PIN	ЛФД	PIN	ЛФД	PIN	ЛФД	PIN	ЛФД	PIN	PIN
2. Строительная длина кабеля $L_{сд}$, км	2,5	3,6	2,7	1,8	1,9	1,6	1,2	1,3	0,4	2,0
3. Потери на соединение световод-фотодетектор $\delta_{вс-пр}$, дБ	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,4	2,6	0,8	1,0
4. Энергетический запас системы Э, дБ	3	6	5	8	3	2	6	5	7	3

Таблица 3

Параметры, выбираемые студентом самостоятельно	Вариант				
	1	2	3	4	5
1. Длина волны источника излучения λ , мкм	0,63	0,85	0,9	1,3	1,55
2. Диаметр сердцевины световода $2a$, мкм	200	10	50	1	500
3. Числовая апертура NA	0,1	0,2	0,25	1,0	0,3
4. Показатель преломления сердцевины n_1	1,48	2,55	1,46	1,49	3
5. Разность показателей преломления сердцевины и оболочки $n_1 - n_2$	0,005	0,02	0,01	0,5	0,003
6. Потери на разъемных соединениях $\alpha_{рс}$, дБ	0,2	1,0	0,4	0,5	5,0

Задача 2

Каждый студент выполняет одну из перечисленных ниже задач, выбор задачи производится по табл. 4. Ответы на вопросы при необходимости должны сопровождаться рисунками и графиками, выполненными с соблюдением

Номер задачи	Последние цифры номера студенческого билета					
1	00	18	36	54	72	90
2	01	19	37	55	73	91
3	02	20	38	56	74	92
4	03	21	39	57	75	93
5	04	22	40	58	76	94
6	05	23	41	59	77	95
7	06	24	42	60	78	96
8	07	25	43	61	79	97
9	08	26	44	62	80	98
10	09	27	45	63	81	99
11	10	28	46	64	82	
12	11	29	47	65	83	
13	12	30	48	66	84	
14	13	31	49	67	85	
15	14	32	50	68	86	
16	16	33	51	69	87	
17	16	34	52	70	88	
18	17	35	53	71	89	

Контрольные вопросы

1. Приведите и поясните назначение основных компонентов структурной схемы волоконно-оптической системы передачи информации.
2. Сравните параметры традиционных кабельных, проводных систем с ВОСП, укажите их преимущества и недостатки.
3. Поясните, какие факторы влияют на выбор спектрального диапазона ВОСП.
4. Опишите физическое явление, которое лежит в основе распространения света по волоконным световодам.
5. Планарный диэлектрический волновод. Объясните, чем вызван дискретный характер направляемых мод в волноводах?
6. Поясните структуру и назначение каждого элемента оптического волокна.
7. Рассмотрите классификацию оптических волокон. На основе каких характеристик она произведена?
8. Приведите и поясните основные характеристики волоконных световодов.
9. Типичные характеристики одномодового световода. Каково условие существования в волокне одномодового режима?
10. Градиентные волоконные световоды. В чем их преимущества и

недостатки?

11. Какие причины приводят к затуханию сигнала в волоконном световоде? Опишите механизм этих явлений.

12. Каковы причины возникновения дисперсии в волоконных световодах?

13. Чем обусловлено уширение импульсов:

а) в многомодовых ступенчатых ВС;

б) в градиентных ВС;

в) в одномодовых ВС?

14. Как классифицируются оптические кабели связи? Какие требования предъявляются к их характеристикам?

15. Опишите и приведите рисунки основных конструкций оптических кабелей.

16. Приведите и опишите различные методы соединения оптических волокон.

17. Поясните причины потерь в соединениях волокно – волокно, источник – волокно.

18. Приведите классификацию и укажите особенности ВОСП различного назначения.

Библиотека БГУИР

ЛИТЕРАТУРА

1. Алишев Я.В. Многоканальные системы передачи оптического диапазона. – Мн.: Выш. шк. 1984. – 286 с.
2. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 544 с
3. Оптика и связь: Оптическая передача и обработка информации. Пер. с фр. / А. Козанне, Г. Мэтр, М. Руссо. – М.: Мир, 1984. – 504 с.
4. Гауэр Дж. Оптические системы связи: Пер с англ. – М.: Радио и связь. 1989. – 504 с.
5. Унгер Г.Г. Оптическая связь: Пер. с нем. / Под ред. Н.А. Семенова – М.: Связь, 1979. – 264 с.
6. Волоконно-оптические системы передачи: Учебник для вузов / М.М. Бутусов, С.М. Верник, С.Л. Галкин и др.; Под ред. В.Н. Гамзина. – М.: Радио и связь. – 1992. – 416 с.
7. Мидвинтер Дж. Э. Волоконные световоды для передачи информации: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. – 336 с.
8. Оптические системы передачи: Учебник для вузов / Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова. – М.: Радио и связь. 1994. – 224 с.
9. Волоконно-оптические линии связи: Учеб. пособие для вузов / Л.М. Андрушко, И.И. Гроднев, И.П. Панфилов. – М.: Радио и связь, 1985. – 136 с.
10. Мальке Г., Гессинг П.. Волоконно-оптические кабели: Пер. с англ. Siemens Akt, 1997. – 264 с.
11. Скляр О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. – М.: Салон-Р, 2001. – 226 с.

Учебное издание

Алишев Япанче Вагизович
Урядов Владимир Николаевич

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению контрольных работ по дисциплине
«Направляющие системы и пассивные компоненты
систем телекоммуникаций»
для студентов специальности 45 01 01
«Многоканальные системы телекоммуникаций»
заочной формы обучения

Редактор Т.Н. Крюкова
Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать .03.2003.
Печать ризографическая.
Уч.-изд. л.1,0.

Формат 60x84 1/16.
Гарнитура «Таймс».
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл.печ. л. .
Заказ 627.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.
220013, Минск, П. Бровка, 6