

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
“Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники”

Кафедра систем телекоммуникаций

В.Н. Мищенко

Измерение параметров передачи волоконно-оптических кабелей

Лабораторный практикум
по дисциплине

“Направляющие системы и пассивные компоненты”
для студентов специальностей

45 01 01 “Многоканальные системы телекоммуникаций”,

45 01 02 “Радиосвязь, радиовещание и телевидение”,

45 01 03 “Сети и устройства телекоммуникаций”

Минск 2003

УДК 621.395.126(075.8)

ББК 32.889 я 7

М 71

Мищенко В.Н.

М 71 Измерение параметров передачи волоконно-оптических кабелей: Лаб. практикум по дисц. "Направляющие системы и пассивные компоненты" для студ. спец. 45 01 01 "Многоканальные системы телекоммуникаций", 45 01 02 "Радиосвязь, радиовещание и телевидение", 45 01 03 "Сети и устройства телекоммуникаций" - Мн.: БГУИР, 2003. – 24 с.: ил.

ISBN 985–444–570-4

Лабораторный практикум объединяет две лабораторные работы, связанные с измерением параметров оптических кабелей – затухания и дисперсии.

Автор выражает благодарность студенту гр. 831201 О.П. Дорощуку за участие в изготовлении лабораторного макета и проведение на нем экспериментальных измерений.

УДК 621.395.126(075.8)

ББК 32.889 я 7

ISBN 985–444–570-4

© В. Н. Мищенко, 2003

© БГУИР, 2003

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 1

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

1.1. Цель работы

Изучение факторов, определяющих затухание в волоконно-оптических кабелях (ВОК). Изучение методов измерения затухания ВОК. Практическое измерение затухания.

1.2. Общие сведения. Потери энергии и затухание в ВОК

Потери любой линии связи, в том числе и волоконно-оптической, определяют расстояние между регенерационными пунктами. Общие потери в линии связи a складываются из собственных потерь в кабеле a_1 и стыковых (прочих) потерь a_2 . Под стыковыми потерями в волоконно-оптических линиях связи понимают следующие потери: на ввод в оптическое волокно (ОВ) и вывод из ОВ оптического излучения, потери в различного рода соединениях (разъёмных и неразъёмных) по длине кабеля.

Под потерями или затуханием ВОК a_1 понимают потери в ОВ a_3 и дополнительные потери (кабельные) a_4 , вызванные деформацией и изгибами ОВ при наложении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления ВОК, т. е.

$$a_1 = a_3 + a_4. \quad (1.1)$$

Затухание в ОВ возникает за счет потерь энергии, вызванной поглощением a_n и рассеянием света a_p при его распространении в ОВ,

$$a_3 = a_n + a_p. \quad (1.2.)$$

Основные механизмы поглощения световой энергии лежат за пределами длин волн, используемых в ОВ ($\lambda_1 < 0,4$ мкм, $\lambda_2 > 6$ мкм). Однако даже в самых чистых стеклах существуют примеси, которые определяют дополнительные потери. Сильное влияние на потери поглощения оказывает наличие гидроксильных групп OH^- , основная частота колебаний которых соответствует примерно 2,73 мкм, а третья гармоника - $\lambda \approx 0,91$ мкм. Затухание за счет поглощения (дБ/ км) определяется по формуле

$$a_n = 8,69 \cdot \pi \cdot n \cdot \text{tg} \delta \cdot 10^3 / \lambda, \quad (1.3)$$

где $n = \sqrt{\mu\epsilon}$ - показатель преломления; λ - длина волны; $\text{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь в ОВ.

Потери на рассеяние включают, в первую очередь, так называемое релеевское рассеяние, неизбежное в любом материале и обусловленное флуктуациями показателя преломления волокна и наличием в нем микродефектов, размеры которых соизмеримы с длиной волны. Потери на рассеяние (дБ/ км) определяются по формуле

$$a_p = K_p \lambda^{-4}, \quad (1.4)$$

где коэффициент релеевских потерь $K_p = 1,0 \dots 1,5$ дБ/ км· мкм⁴ (для кварца); λ - длина волны, мкм.

Кроме потерь на поглощение и рассеяние имеют место потери энергии, вызванные неоднородностями ОВ и его изгибами.

Для ОВ используются материалы, которые прозрачны не во всем оптическом диапазоне, а только там, где существуют эффективные источники света, чувствительные приемные устройства и, конечно там, где имеются минимальные потери в самом ОВ. В настоящее время сформировались три основных диапазона, отвечающих требованиям минимального затухания в ОВ: $\lambda_1 \approx 0,85$ мкм; $\lambda_2 \approx 1,3$ мкм; $\lambda_3 \approx 1,55$ мкм, что видно из рис. 1.1, где показана зависимость затухания ОВ от длины волны.

Таким образом, затухание ВОК определяется как

$$a_1 = a_p + a_n + a_4, \quad (1.5)$$

или

$$a_1 = 10 \lg \frac{P_{вх}}{P_{вых}}, \quad (1.6)$$

где $P_{вх}$, $P_{вых}$ – мощность сигнала на входе и выходе ВОК соответственно.

Параметр, характеризующий затухание на единицу длины, км, называется коэффициентом затухания и определяется как

$$\alpha = \frac{1}{l} 10 \lg \frac{P_{вх}}{P_{вых}}. \quad (1.7)$$

При интересующем нас двухточечном методе расчет производится на основе знания значений $P_{вых}$ и $P_{вх}$. Реализация измерителя мощности достаточно сложна и сам прибор является весьма громоздким с большой потребляемой мощностью. Вот почему гораздо удобнее измерять величины напряжений или токов. Однако здесь следует учитывать то, что ток, образуемый в фотоприемном устройстве, пропорционален падающей на фотодетектор мощности, поэтому формула для определения затухания будет выглядеть так:

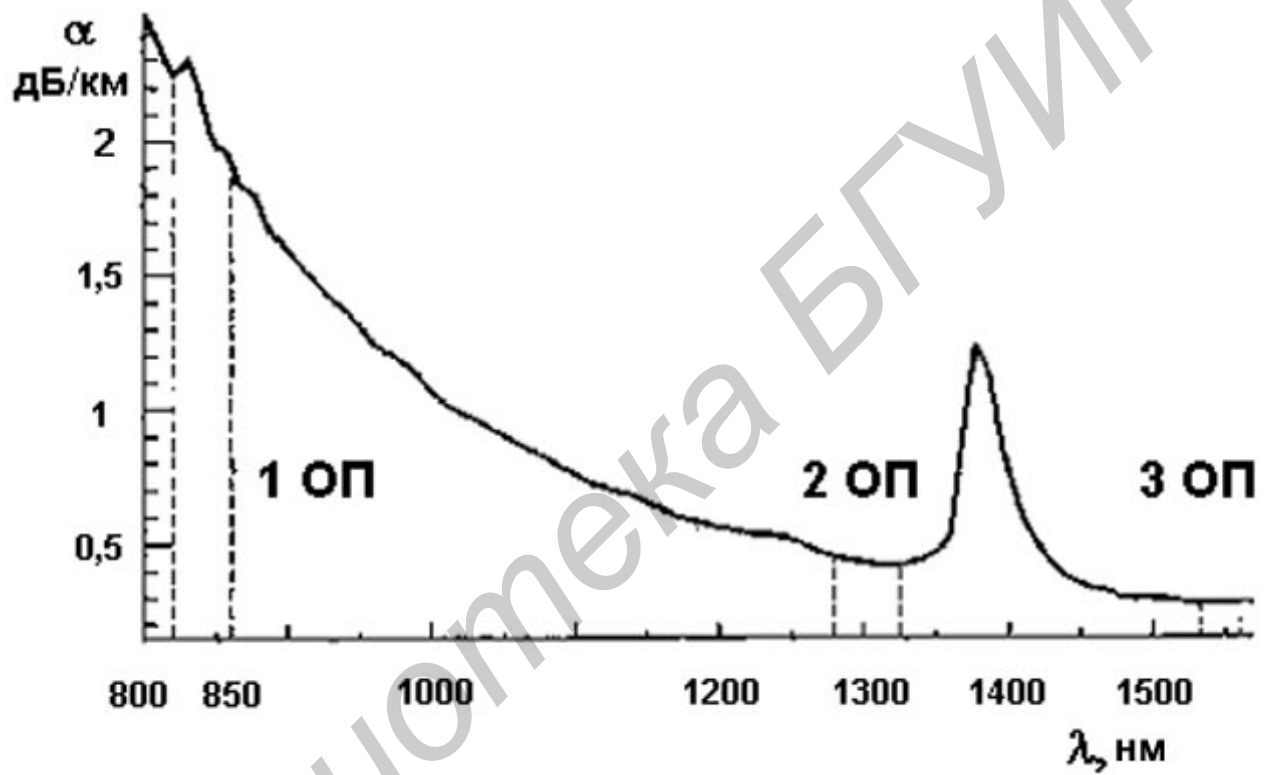


Рис. 1.1. Зависимость затухания ОВ от длины волны

$$a = 10 \lg \frac{I_{\text{вх}}}{I_{\text{вых}}} = 10 \lg \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}}, \quad (1.8)$$

где $I_{\text{вх}}$, $U_{\text{вх}}$ – ток и напряжение сигнала на входе ВОК, $I_{\text{вых}}$, $U_{\text{вых}}$ – ток и напряжение сигнала на выходе ВОК.

1.3. Измерение затухания

Известны следующие методы измерения затухания: 1) двухточечный; 2) замещения; 3) обратного релеевского рассеяния во временной области; 4) раздельного измерения поглощения и рассеяния.

Наибольшее распространение получил двухточечный метод при расчете затухания по формулам (1.6) и (1.8) по результатам измерения параметров сигнала на входе и выходе ВОК.

К разновидностям данного метода можно отнести метод обламывания, безобломный метод и метод калиброванного рассеяния.

Первая модификация двухточечного метода, а именно, метод обламывания может быть объяснен структурной схемой, показанной на рис. 1.2. Излучение из оптического передающего устройства 1 через юстировочное устройство 2 подается на исследуемое ОВ 3, а затем на оптическое приемное устройство 4. Регистрирующее устройство 5 фиксирует величину мощности на выходе ОВ 4. Трехкоординатное юстировочное устройство 2 предназначено для оптимального согласования оптического передающего устройства с ОВ, что определяется максимальными показаниями регистрирующего устройства 5. Затем, не нарушая условий согласования, ОВ обламывается на расстоянии 3-5 м от входного конца и производятся повторные измерения с точностью 0,03 дБ в пределах 10 дБ, что является его основным достоинством. Недостатком метода является необходимость обламывать ОВ и терять при каждом измерении 3-5 м и практически невозможность проведения повторного измерения. Данный метод используется в лабораторных условиях и на предприятиях-изготовителях ОВ.

Схема измерения затухания безобломным двухточечным методом показана на рис. 1.3. Определение затухания производится измерением мощности вначале на выходе исследуемого ОВ 4, затем на выходе смесителя мод 3 и, наконец, расчетом по известной формуле. Все соединения осуществляются через оптические разъемы 2.

При наличии стабильного источника излучения основной погрешностью данного метода является нестабильность потерь, вносимая оптическими разъемами 2, которая уменьшается по мере улучшения качества самих разъёмов

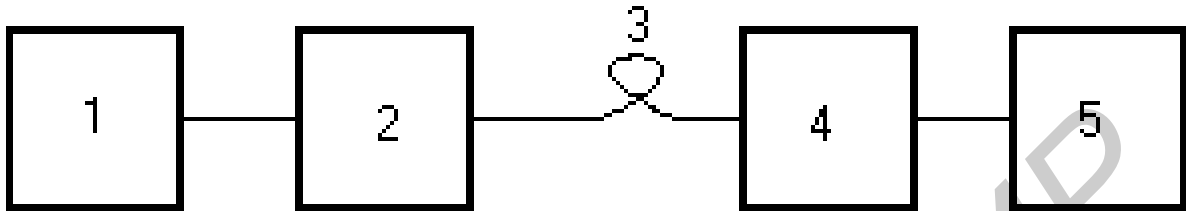


Рис. 1.2. Структурная схема измерения затухания ВОК методом обламывания

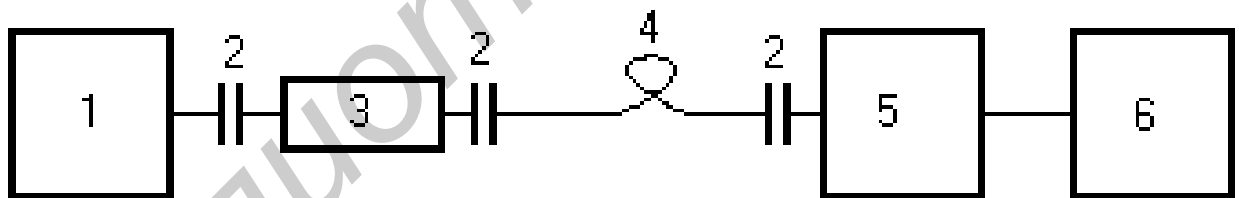


Рис. 1.3. Структурная схема измерения затухания ВОК безобломным двухточечным методом

Данный метод нашел самое широкое применение в связи и может использоваться не только в лабораторных, но и в полевых условиях и при прокладке в кабельной канализации.

Метод калиброванного рассеяния можно рассматривать как частный случай двухточечного метода, т. к. определение им затухания основано на измерении рассеянного через боковую поверхность ВС излучения в двух точках на его длине, между которыми измеряется затухание. Он не нашел практического применения не только из-за необходимости иметь сверхчувствительные приемные устройства, но и из-за отсутствия серьезного теоретического и экспериментального обоснования корректности измерений.

Метод замещения обоснован на сравнении измеряемого затухания с затуханием образцового аттенюатора. В настоящее время в оптической связи он используется редко, т. к. требует применения прецизионных аттенюаторов в оптическом диапазоне.

Метод обратного рассеяния основан на исследовании свойств излучения, рассеянного в обратном направлении при прохождении по ОВ мощных измерительных импульсов света. Он позволяет исследовать зависимость затухания света от длины ОВ, определить характер и местоположение неоднородностей, место обрыва; измерить потери мощности излучения в местах соединений ОВ; измерить полное ослабление света в ОВ и др. Этот метод находит все большее применение, однако имеет такие существенные недостатки, как сложность реализации, небольшой диапазон измеряемых затуханий и др.

Приборы, которыми производят такие измерения, являются составными частями оптического тестера. Оптические тестеры выпускаются в двух вариантах. Первый вариант представляет собой эталонный излучатель и измеритель оптической мощности, размещенные в одном корпусе (например: AQ215, фирма ANDO, Япония). Второй вариант - это эталонный излучатель и измеритель оптической мощности, которые выпускаются в разных корпусах как два отдельных прибора (модели K2702, K2503, K2505 – изготовитель фирма SIEMENS, приборы серии АЛМАЗ - предприятие ЛОНИИР, Россия). Измерители мощности в этих комплектах имеют две калибровки - в единицах мощности (мВт и нВт) и в дБм (дБм - уровень мощности в дБ относительно величины $P_{\text{отт}} = 1 \text{ мВт}$). На практике удобнее пользоваться 2-й калибровкой. При этом измеряют уровень мощности на выходе излучателя в дБм, потом - уровень мощности на выходе ОВ или ВОК. Вычитая второе показание из первого, получают искомый результат. Описанный метод измерения отличается высокой точностью. Его основной недостаток - необходимость доступа к обоим концам ОК, что часто бывает неудобным при линейных измерениях.

В настоящее время все большее распространение получает рефлектометрический метод измерения затухания, основанный на измерении той

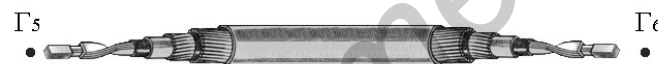
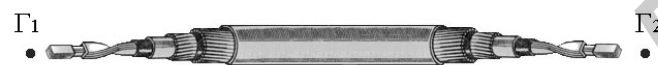
части рэлеевского рассеяния в ОВ, которое распространяется в обратном направлении (назад). Для этого в волокно вводится периодическая последовательность оптических импульсов длительностью τ_i и периодом следования T_i . При этом к входному торцу ОВ будут возвращаться импульсы, которые регистрируются прибором. Эти импульсы отстают во времени от входного (опорного импульса), отраженного от плоскости входного торца на период, равный времени двойного пробега импульса в прямом и обратном направлениях. Одно из достоинств этого метода измерения состоит в том, что достаточно иметь доступ к одному концу ОВ. Кроме того, с помощью рефлектометра можно определить расстояние до локальных неоднородностей, длину трассы, распределение неоднородностей по длине ОВ. Современные рефлектометры производятся рядом ведущих фирм мира: ANDO, HEWLETT PACKARD, WAVETEK WANDEL и др.

1.4. Описание лабораторного макета

Лабораторный макет построен на применении приемно-передающего устройства типа МПД-1, имеющего следующие характеристики: длина волны излучения лазера $\lambda = 0,85$ мкм, мощность излучения 2 мВт, ширина линии излучения 4 нм, скорость передачи информации может изменяться от 0,01 до 17 Мбит/с, напряжение питания ± 5 В, ток потребления 300 мА. В качестве источника излучения используется полупроводниковый лазер, а в качестве приёмного элемента - фотодиод. Передняя панель лабораторного макета показана на рис.1.4. На ней находятся оптические разъёмы Γ_1 и Γ_2 , Γ_3 и Γ_4 , Γ_5 и Γ_6 , которые позволяют подключить приемно-передающее устройство к трём оптическим линиям передачи. Разъёмы "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник" являются, соответственно, выходом и входом приемно-передающего устройства. Тумблер "Сеть" позволяет включить лабораторной макет, т.е. при установке его в положение "Вкл" подается питание на приемно-передающее устройство и появляется оптическое излучение на разъёме "Оптический передатчик".

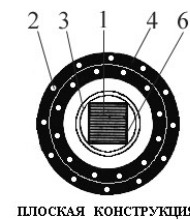
Структурная схема установки для измерения затухания и дисперсии ВОК представлена на рис.1.5. Установка содержит следующие устройства: 1 – генератор импульсных сигналов, 2 - формирователь импульсных сигналов, 3 - модулятор, 4 – систему автоматической регулировки усиления, 5 - усилитель сигнала обратной связи, 6 - полупроводниковый лазер, 7 - фотодиод, включенный в цепь обратной связи, 8 – отрезок оптического кабеля с оптическими разъёмами, 9 – приёмный фотодиод, 10 – предварительный усилитель, 11 – усилитель мощности, 12 – измерительный прибор (осциллограф

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ



Типовые конструкции оптических кабелей:

- 1 - волокно;
- 2 - силовой элемент;
- 3 - демпфирующая оболочка;
- 4 - защитная оболочка;
- 5 - профилированный сердечник;
- 6 - ленты с волокнами



СЕТЬ
● 0,5 А

ВКЛ
○
ВЫКЛ

Передняя панель лабораторного макета показана на рис. 1.4.

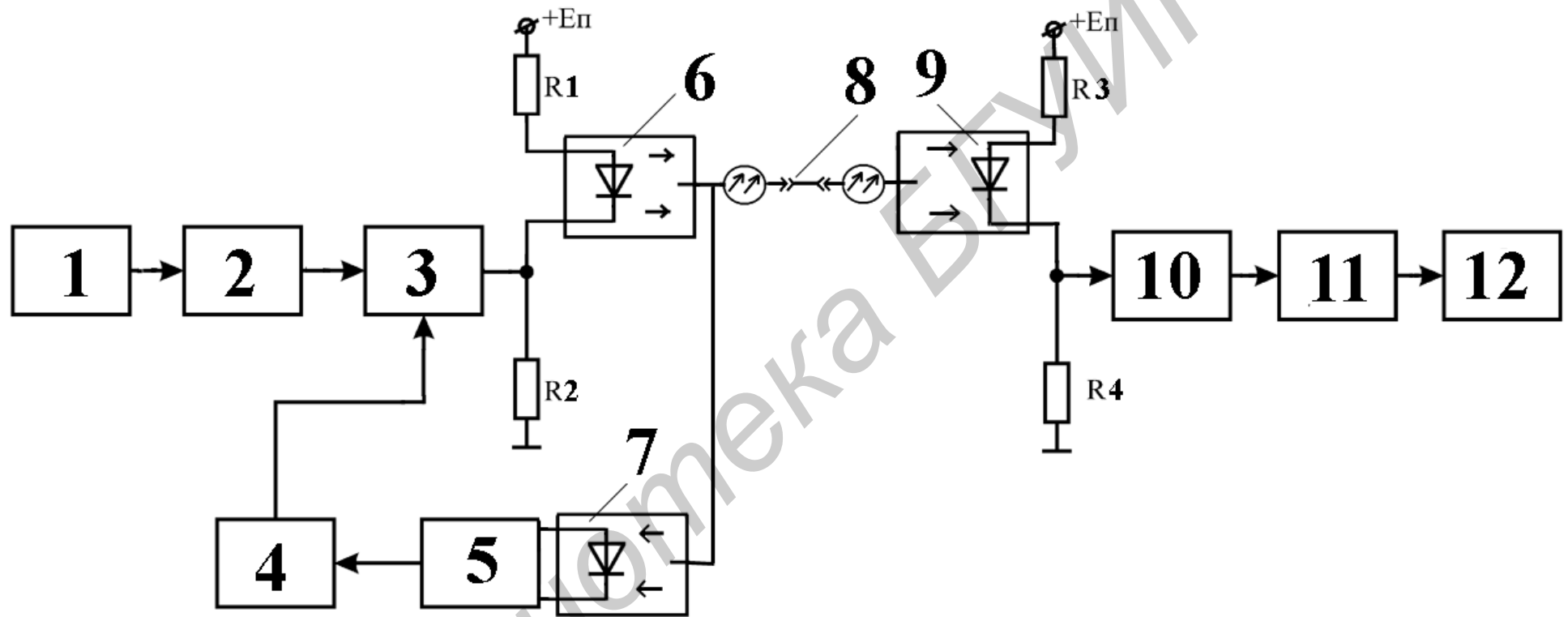


Рис. 1.5 Структурная схема лабораторного макета

С1-65А). Источником оптического сигнала является полупроводниковый лазер 6, а приёмником – фотодиод 9. Как известно, излучаемая мощность полупроводникового лазера находится в сильной зависимости от температуры, поэтому используется схема стабилизации мощности. В составе этой схемы используется фотодиод 7, смонтированный в одном корпусе с полупроводниковым лазером 6 и включенный в цепь обратной связи. Сигнал с фотодиода 7 подается на усилитель сигнала обратной связи 5, а затем на систему АРУ 6 для стабилизации выходной мощности оптического передатчика. В цепи подачи питания на полупроводниковый лазер 6 и фотодиод 9 располагаются нагрузочные сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , R_4 , которые обеспечивают необходимый режим работы этих элементов.

1.5. Порядок выполнения работы

1.5.1. Меры предосторожности при работе с лабораторным макетом.

1) Лабораторный макет содержит источник оптического излучения – лазер. Излучение лазера появляется на выходе разъёма "Оптический передатчик" при установке тумблера "Сеть" на передней панели лабораторного макета в положение "Вкл". Поэтому ЗАПРЕЩАЕТСЯ работа с лабораторным макетом, если к разъёму "Оптический передатчик" не присоединена нагрузка в соответствии с требованиями лабораторной работы, т.е. отрезок соединительного оптического кабеля.

2) Для обеспечения нормативных параметров и характеристик соединительных оптических кабелей ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- перегибать кабель с очень маленьким радиусом изгиба (меньше, чем 25 мм);
- применять излишние растягивающие усилия вдоль кабеля;
- допускать механические удары по кабелю;
- допускать воздействие влаги на оптические разъёмы;
- прикасаться руками к керамической поверхности оптических разъёмов;
- вынимать предохранитель, расположенный в держателе на передней панели макета, а также прикасаться к другим токоведущим частям макета, которые находятся под напряжением.

3) Допускается все действия с оптическими соединительными кабелями (шнурами), т.е. их присоединение и отсоединение от разъёмов (коннекторов), установленных на передней панели лабораторного макета, выполнять, прикасаясь только к металлическим частям этих кабелей.

1.5.2. Подготовить к проведению измерений лабораторный макет. Для этого:

- тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл";
- подключить приемно-передающее оптическое устройства к источнику питания 220 В;
- установить переключатели и тумблеры на панели управления осциллографа С1-65А в следующие положения: переключатель "Время/ дел." - в положение 0,2 μ s; переключатель "V/ дел. " в положение – 0,5 V; "Синхронизация" - в положение "Внутренняя"; "Развертка" - в положение "x 1";
- снять защитные колпачки с оптических разъёмов исследуемых оптических линий и разъёмов "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник";
- соединить между собой разъёмы "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник", расположенные на панели "Оптический модуль" отрезком соединительного оптического кабеля;

1.5.3. Включить тумблер "Сеть" на передней панели осциллографа С1-65А. Поставить тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета в положение "Вкл". Прогреть осциллограф С1-65А в течение 10 мин;

1.5.4. Подключить разъём "Контроль приёма", расположенный на передней панели лабораторного макета, к разъёму "Вход" осциллографа С1-65А;

1.5.5. Добиться устойчивого изображения импульсного сигнала на экране осциллографа С1-65А. Измерить величину амплитуды импульсного сигнала $U_{вх}$ с помощью осциллографа С1-65А;

1.5.6. Выполнить измерение затухания первой оптической линии передачи. Для этого тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл". Подсоединить с помощью отрезков соединительного оптического кабеля разъёмы Γ_1 и Γ_2 первого исследуемого образца ВОК к разъёмам "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник" соответственно;

1.5.7. Измерить величину амплитуды импульсного сигнала $U_{вых}$ на выходе первой оптической линии с помощью осциллографа С1-65А. Определить затухание ВОК, используя формулу (1.8);

1.5.8. Тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл". Прodelать аналогичные измерения (согласно пп 1.5.5-1.5.7) для двух других оптических линий, подключая поочередно разъёмы Γ_3 и Γ_4 , Γ_5 и Γ_6 исследуемых образцов ВОК к разъёмам "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник", соответственно, на панели лабораторного макета;

1.5.9. Все измерения для трёх ВОК свести в таблицу. Определить коэффициент затухания, если известно, что длина трёх ВОК составляет 2; 3,3 и 5 км, соответственно. Построить зависимость затухания от длины ВОК.

1.6. Содержание отчёта

Отчет по работе должен содержать следующие разделы:

- цель работы и лабораторное задание;
- перечень приборов, используемых при выполнении работы;
- таблицу с результатами измерений;
- заключение в виде выводов по всем разделам работы.

1.7. Контрольные вопросы

1. Что понимают под потерями в волоконно-оптических линиях связи?
2. Каковы основные механизмы поглощения световой энергии в ОВ?
3. Чем обусловлены потери на рассеяние?
4. Что понимают под дополнительными потерями в ВОК?
5. Как определить затухание в ОВ?
6. Какие существуют методы измерения затухания?
7. В чем суть: а) метода обламывания; б) безобломного двухточечного метода; в) метода калиброванного рассеяния; г) метода замещения; д) метода обратного рассеяния?
8. Какова структурная схема измерения затухания ВОК?

Литература

1. Гроднев И.И., Верник С.М., Кочановский Л.Н. Линии связи. - М.: Связь, 1995.
2. Иванов С. И. и др. Измерение затухания оптических кабелей. - М., 1983.
3. Котюк А.Ф. и др. Введение в технику измерений оптико-физических параметров световодных систем. - М.: Радио и связь, 1987.
4. Андрушко Л.М. и др. Волоконно-оптические линии связи. - М.: Радио и связь, 1984.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N2

ИЗМЕРЕНИЕ ДИСПЕРСИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

2.1. Цель работы

Изучение факторов, определяющих значения дисперсии и пропускной способности в ВОК. Изучение методов измерения дисперсии ВОК. Практическое измерение дисперсии.

2.2. Общие сведения

В идеализированном варианте по ВС возможна организация огромного числа каналов на большие расстояния, но фактически имеются значительные ограничения. Это обусловлено тем, что сигнал на выход приемного устройства приходит размытым, искаженным, причем чем длиннее линия, тем больше искажается передаваемый сигнал. Данное явление носит название дисперсии и обусловлено рядом причин, в частности, различием времени распространения различных мод в световоде и наличием частотной зависимости показателя преломления.

Дисперсия приводит к увеличению длительности импульса при прохождении сигнала по ОК. Величина дисперсии, т.е. величина уширения импульса τ определяется как квадратичная разность длительности импульсов на выходе $t_{вых}$ и входе $t_{вх}$ кабеля по формуле

$$\tau = \sqrt{t_{вых}^2 - t_{вх}^2}, \quad (2.1)$$

причем значения $t_{вых}$ и $t_{вх}$ берутся на уровне половины амплитуды импульсов.

Связь между величиной уширения импульсов и полосой частот ΔF , передаваемых по ВС, приближенно выражается соотношением $\Delta F \approx 1/\tau$. Так, если $\tau = 20$ нс/км, то $\Delta F = 50$ МГц·км. Параметр ΔF наряду с затуханием является важнейшим параметром ВОСП. Он определяет полосу частот, пропускаемую световодом, и соответственно объем информации, который можно передать по ВОК.

Дисперсия не только ограничивает частотный диапазон использования световодов, но и существенно снижает дальность передачи по ВОК, так как чем длиннее линия, тем больше проявляется дисперсия и больше уширение импульса. Пропускная способность ВОК существенно зависит от типа ВС (одномодовые, многомодовые, градиентные), а также от типа излучателя (лазер,

светодиод).

Для одномодовых ВОК различают хроматическую (частотную) и поляризационную дисперсии. Хроматическая дисперсия делится на материальную и волноводную (внутримодовую) дисперсию. Волноводная дисперсия обусловлена процессами внутри моды и характеризуется зависимостью коэффициента распространения моды от длины волны. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью показателя преломления от длины волны. Для одномодовых ВОК к перечисленным выше видам дисперсии добавляется модовая дисперсия, которая обусловлена наличием большого количества мод, распространяющихся с разной скоростью. В геометрической интерпретации соответствующие модам лучи идут под разными углами, проходят различный путь в сердцевине волокна и, следовательно, поступают на вход приемника с различной задержкой.

Результирующее значение уширения импульсов за счет модовой $\tau_{\text{мод}}$, материальной $\tau_{\text{мат}}$ и волноводной $\tau_{\text{вв}}$ дисперсий

$$\tau = \sqrt{\tau_{\text{мод}}^2 + (\tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}})^2}. \quad (2.2)$$

С учетом реального соотношения вкладов отдельных видов дисперсий имеем для многомодовых волокон уширение импульсов $\tau = \tau_{\text{мод}}$, а для одномодовых волокон $\tau = \tau_{\text{мат}} + \tau_{\text{вв}}$.

Величина уширения импульса в многомодовых волокнах за счет модовой дисперсии, которая характеризуется временем нарастания сигнала и определяется как разность между самым большим и самым малым временем прихода в сечение световода на расстоянии l от начала, может быть рассчитана для ступенчатого и градиентного световода соответственно по формулам

$$\tau_{\text{мод}} = \Delta n_1 \sqrt{l \cdot l_c} / c; \quad (2.3)$$

$$\tau_{\text{мод}} = \Delta^2 n_1 \sqrt{l \cdot l_c} / 2c, \quad (2.4)$$

где параметр $\Delta = (n_1 - n_2) / n_1$; параметр n_1 — показатель преломления сердцевины; n_2 — показатель преломления оболочки; l — длина линии; c — скорость света; l_c — длина связи мод, при которой наступает установившийся режим (5 ... 7 км для ступенчатого и 10 ... 15 км градиентного волокон).

2.3. Измерение дисперсии

Существует несколько методов измерения хроматической дисперсии, например, 1) метод измерения длительности импульсов; 2) метод сдвига фаз; 3) метод дифференциального сдвига фаз; 4) метод амплитудной модуляции. Последние три метода предполагают использование перестраиваемого по частоте источника оптического излучения. Для реализации первого метода необходим доступ к началу и концу оптического кабеля. При этом измеряется длительность импульса на входе и выходе оптической линии. Зная эти параметры, можно определить величину дисперсии. На практике, для измерений величины дисперсии наибольшее распространение получил второй метод. Это связано с тем, что третий метод измерений требует применения дополнительного эталонного волокна, а четвертый подходит только для измерений сравнительно больших значений хроматической дисперсии.

При проведении измерений перестраиваемое по длине волны излучение вводится в тестируемое волокно и для каждой фиксированной длины волны измеряется групповая временная задержка τ_g , после чего строится график зависимости производной групповой задержки от длины волны и далее рассчитывается коэффициент хроматической дисперсии. В современных средствах измерений хроматической дисперсии указанные операции производятся автоматически.

В настоящее время номенклатура серийно производимых измерителей хроматической дисперсии весьма ограничена. Фирма HEWLETT PACKARD выпускает прибор для измерения хроматической дисперсии HP86037A. В основу его работы заложен метод сдвига или модуляции фаз. С помощью прибора HP86037A можно измерять дисперсию во втором и в третьем окнах прозрачности ОВ. Коэффициент дисперсии определяют по кривой зависимости $D = f(\lambda)$, отображающейся на дисплее прибора. Точность определения коэффициента хроматической дисперсии D составляет 0,1 пс. На этом же принципе основан измеритель хроматической дисперсии одномодовых ОВ типа ИД-2-1, выпускаемый ИИТ г. Минск, Беларусь.

2.4. Описание лабораторного макета

Лабораторный макет построен на применении приемно-передающего устройства типа МПД-1, имеющего следующие характеристики: длина волны излучения лазера $\lambda = 0,85$ мкм, мощность излучения 2 мВт, ширина линии излучения 4 нм, скорость передачи информации может изменяться от 0,01 до 17 Мбит/с, напряжение питания ± 5 В, ток потребления 300 мА. В качестве

источника излучения используется полупроводниковый лазер, а в качестве приёмного элемента - фотодиод. Передняя панель лабораторного макета показана на рис.1.4. На ней находятся оптические разъёмы Γ_1 и Γ_2 , Γ_3 и Γ_4 , Γ_5 и Γ_6 , которые позволяют подключить приемно-передающее устройство к трём оптическим линиям передачи. Разъёмы "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник" являются, соответственно, выходом и входом приемно-передающего устройства. Тумблер "Сеть" позволяет включить лабораторной макет, т.е. при установке его в положение "Вкл" подается питание на приемно-передающее устройство и появляется оптическое излучение на разъёме "Оптический передатчик".

Структурная схема установки для измерения затухания и дисперсии ВОК представлена на рис.1.5. Установка содержит следующие устройства: 1 – генератор импульсных сигналов, 2 - формирователь импульсных сигналов, 3 - модулятор, 4 – систему автоматической регулировки усиления, 5 - усилитель сигнала обратной связи, 6 - полупроводниковый лазер, 7 - фотодиод, включенный в цепь обратной связи, 8 – отрезок оптического кабеля с оптическими разъёмами, 9 – приёмный фотодиод, 10 – предварительный усилитель, 11 – усилитель мощности, 12 – измерительный прибор (осциллограф С1-65А). Источником оптического сигнала является полупроводниковый лазер 6, а приёмником – фотодиод 9. Как известно, излучаемая мощность полупроводникового лазера находится в сильной зависимости от температуры, поэтому используется схема стабилизации мощности. В составе этой схемы используется фотодиод 7, смонтированный в одном корпусе с полупроводниковым лазером 6 и включенный в цепь обратной связи. Сигнал с фотодиода 7 подается на усилитель сигнала обратной связи 5, а затем на систему АРУ 6 для стабилизации выходной мощности оптического передатчика. В цепи подачи питания на полупроводниковый лазер 6 и фотодиод 9 располагаются нагрузочные сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , R_4 , которые обеспечивают необходимый режим работы этих элементов.

2.5. Порядок выполнения работы

2.5.1. Меры предосторожности при работе с лабораторным макетом.

1) Лабораторный макет содержит источник оптического излучения – лазер. Излучение лазера появляется на выходе разъёма "Оптический передатчик" при установке тумблера "Сеть" на передней панели лабораторного макета в положение "Вкл". Поэтому ЗАПРЕЩАЕТСЯ работа с лабораторным макетом, если к разъёму "Оптический передатчик" не присоединена нагрузка в

соответствии с требованиями лабораторной работы, т.е. отрезок соединительного оптического кабеля.

2) Для обеспечения нормативных параметров и характеристик соединительных оптических кабелей ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- перегибать кабель с очень маленьким радиусом изгиба (меньше, чем 25 мм);
- применять излишние растягивающие усилия вдоль кабеля;
- допускать механические удары по кабелю;
- допускать воздействие влаги на оптические разъёмы;
- прикасаться руками к керамической поверхности оптических разъёмов;
- вынимать предохранитель, расположенный в держателе на передней панели макета, а также прикасаться к другим токоведущим частям макета, которые находятся под напряжением.

3) Допускается все действия с оптическими соединительными кабелями (шнурами), т.е. их присоединение и отсоединение от разъёмов (коннекторов), установленных на передней панели лабораторного макета, выполнять, прикасаясь только к металлическим частям этих кабелей.

2.5.2. Подготовить к проведению измерений лабораторный макет. Для этого:

- тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл";
- подключить приемно-передающее оптическое устройства к источнику питания 220 В;
- установить переключатели и тумблеры на панели управления осциллографа С1-65А в следующие положения: переключатель "Время/ дел." - в положение 0,2 μ s; переключатель "V/ дел." в положение – 0,5 V; "Синхронизация" - в положение "Внутренняя"; "Развертка" - в положение "x 1";
- снять защитные колпачки с оптических разъёмов исследуемых оптических линий и разъёмов "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник";
- соединить между собой разъёмы "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник", расположенные на панели "Оптический модуль" отрезком соединительного оптического кабеля;

2.5.3. Включить тумблер "Сеть" на передней панели осциллографа С1-65А. Поставить тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета в положение "Вкл". Прогреть осциллограф С1-65А. в течение 10 мин.

2.5.4. Подключить разъём "Контроль приёма", расположенный на передней панели лабораторного макета, к разъёму "Вход" осциллографа С1-65А.

2.5.5. Добиться устойчивого изображения импульсного сигнала на экране осциллографа С1-65А. Измерить длительность импульсного сигнала t_{ex} на уровне половины его амплитуды с помощью осциллографа С1-65А.

2.5.6. Тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл".

2.5.7. Выполнить измерение величины дисперсии первой оптической линии передачи. Для этого присоединить с помощью отрезков оптического кабеля разъёмы Γ_1 и Γ_2 от первого исследуемого образца ВОК к разъёмам "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник", соответственно, расположенных на панели лабораторного макета.

2.5.8. Измерить длительность импульсного сигнала на уровне половины амплитуды $t_{вых}$ на выходе первой оптической линии с помощью осциллографа С1-65А. Определить дисперсию ВОК, используя формулу (2.1).

2.5.9. Тумблер "Сеть" на передней панели лабораторного макета установить в положение "Выкл". Провести аналогичные измерения (пп 2.5.2-2.5.8) для двух других оптических линий, подключая поочередно разъёмы Γ_3 и Γ_4 , Γ_5 и Γ_6 исследуемых образцов ВОК к разъёмам "Оптический передатчик" и "Оптический приёмник", соответственно, на панели лабораторного макета.

2.5.10. Все измерения для трёх ВОК свести в таблицу. Определить дисперсию и пропускную способность для трёх ВОК. Известно, что длина трёх ВОК составляет 2; 3,3 и 5 км, соответственно. Построить зависимость дисперсии от длины ВОК.

2.6. Содержание отчета

Отчёт по работе должен содержать следующие разделы:

- цель работы и лабораторное задание;
- перечень приборов, используемых при выполнении работы;
- таблицу с результатами измерений;
- заключение в виде выводов по всем разделам работы.

2.7. Контрольные вопросы

1. Что понимают под дисперсией в волоконно-оптических линиях связи?
2. Каковы основные механизмы появления дисперсии в ОВ?
3. Чем обусловлена модовая дисперсия?
4. Чем обусловлена хроматическая дисперсия?
5. Какие существуют методы измерения дисперсии?

Литература

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. - М.: Связь, 1980.
2. Иванов С. И. и др. Измерение затухания оптических кабелей. - М., 1983.
3. Котюк А.Ф. и др. Введение в технику измерений оптико-физических параметров световодных систем. - М.: Радио и связь, 1987.
4. Андрушко Л.М. и др. Волоконно-оптические линии связи.- М.: Радио и связь, 1984.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Мищенко Валерий Николаевич

Измерение параметров передачи волоконно-оптических кабелей

Лабораторный практикум
по дисциплине

"Направляющие системы и пассивные компоненты"

для студентов специальностей 45 01 01 "Многоканальные системы
телекоммуникаций", 45 01 02 "Радиосвязь, радиовещание и
телевидение", 45 01 03 "Сети и устройства телекоммуникаций"

Редактор Т.Н. Крюкова

Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать

Бумага

Усл. печ. л.

Заказ

Печать

Уч. изд. л. 1,0

Формат 60×84 1/16

Гарнитура Таймс

Тираж 150 экз.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

"Белорусский
радиоэлектроники"

государственный университет информатики и

Лицензия ЛП N156 до 12.2002

Лицензия ЛВ N 509 от 03.08.2001

220013, Минск, П.Бровки