

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНФОРМАЦИОННО-
ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОЛОКОННО-
ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
200700.62 – Фотоника и оптоинформатика

2014

Мягков Александр Сергеевич

Факторы, влияющие на информационно-пропускную способность волоконно-оптических линий связи: методические указания к лабораторной работе для студентов направления 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика / А.С. Мягков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2014. - 11 с.

Цель работы: с помощью компьютерного эксперимента построить и исследовать “глаз- диаграмму” для цифрового сигнала.

В ходе выполнения работы у студентов формируется способность проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия (ПК-7); способность подготовить научно-технические отчеты и обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-16); способность разрабатывать элементы и устройства фотоники и оптоинформатики на основе существующей элементной базы (ПК-20); способность выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-21); способность конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования; проводить расчеты (ПК-25); способность разрабатывать технические задания на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией (ПК-34); способность составлять техническое задание на научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, производственно-технологическую деятельность (ПК-37).

Пособие предназначено для студентов очной формы и заочной формы обучения, обучающихся по направлению 200700.62 – Фотоника и оптоинформатика по дисциплине «Приборы квантовой электроники и фотоники»

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
« ___ » _____ 2014 г.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНФОРМАЦИОННО-
ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ
ЛИНИЙ СВЯЗИ

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
200700.62 – Фотоника и оптоинформатика

Разработчик
_____ А.С. Мягков
_____ 2014 г

Содержание

1 Введение.....	5
2 Теоретическая часть.....	5
2.1 Распространение света в оптических волокнах.....	5
2.2 Совместное влияние материальной и межмодовой дисперсии на длительность импульса.....	7
2.3 Контрольные вопросы.....	7
3 Экспериментальная часть.....	8
3.1 Задание.....	8
3.2 Описание экспериментальной установки и исходные данные.....	8
3.3 Основные расчётные формулы	9
3.4 Содержание отчета.....	10
Рекомендуемая литература	10

1 Введение

Цель данной лабораторной работы: с помощью компьютерного эксперимента построить и исследовать “глаз- диаграмму” для цифрового сигнала.

В ходе выполнения работы у студентов формируется:

- способность проектировать элементы и устройства, основанные на различных физических принципах действия (ПК-7);
- способность подготовить научно-технические отчеты и обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-16);
- способность разрабатывать элементы и устройства фотоники и оптоинформатики на основе существующей элементной базы (ПК-20);
- способность выбирать необходимое оборудование и способ контроля параметров устройства (ПК-21);
- способность конструировать в соответствии с техническим заданием типовые оптические и оптоинформационные системы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования; проводить расчеты (ПК-25);
- способность разрабатывать технические задания на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией (ПК-34);
- способность составлять техническое задание на научно-исследовательскую, проектно-конструкторскую, производственно-технологическую деятельность (ПК-37).

2 Теоретическая часть

2.1 Распространение света в оптических волокнах

Рассмотрим характеристики оптического волокна как среды для передачи оптических сигналов. Распространение света в волокне будем трактовать как распространение световых лучей, подчиняющихся законам геометрической оптики, т.е. используя лучевое приближение.

Эффект волнового распространения света в прозрачной диэлектрической среде, показатель преломления которой больше показателя преломления окружающей среды, иллюстрирует рис.1.

На рис.2 изображены лучи, входящие в волокно с торца из воздуха.

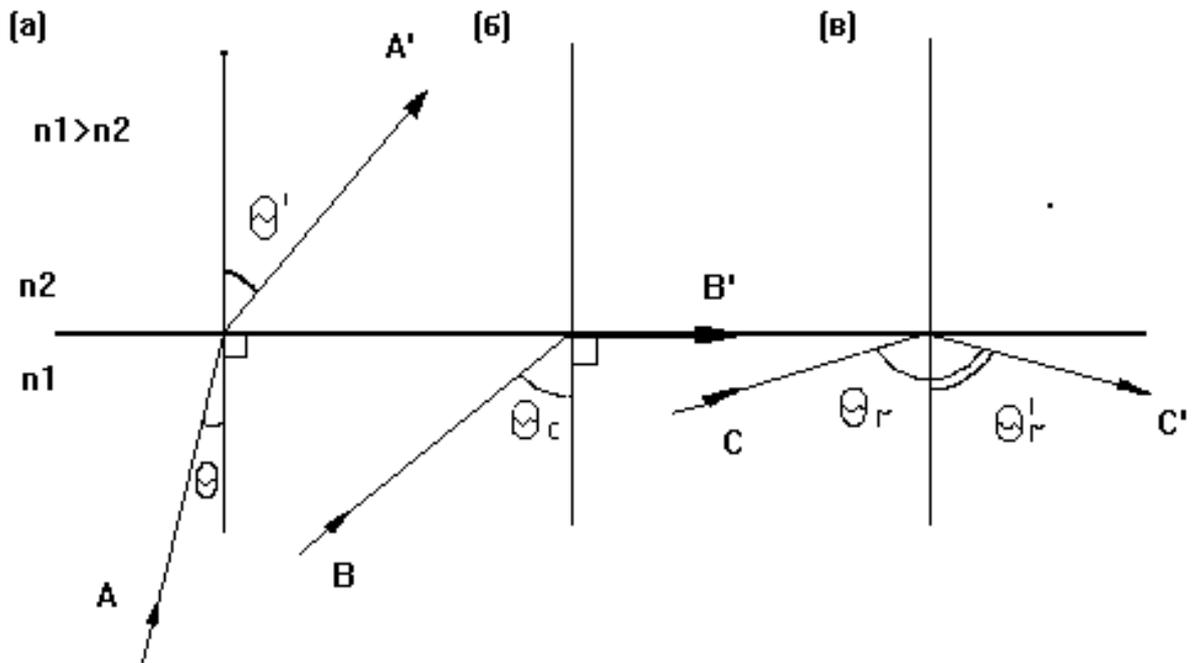


рис.1. Отражение и полное внутреннее отражение на границе раздела.

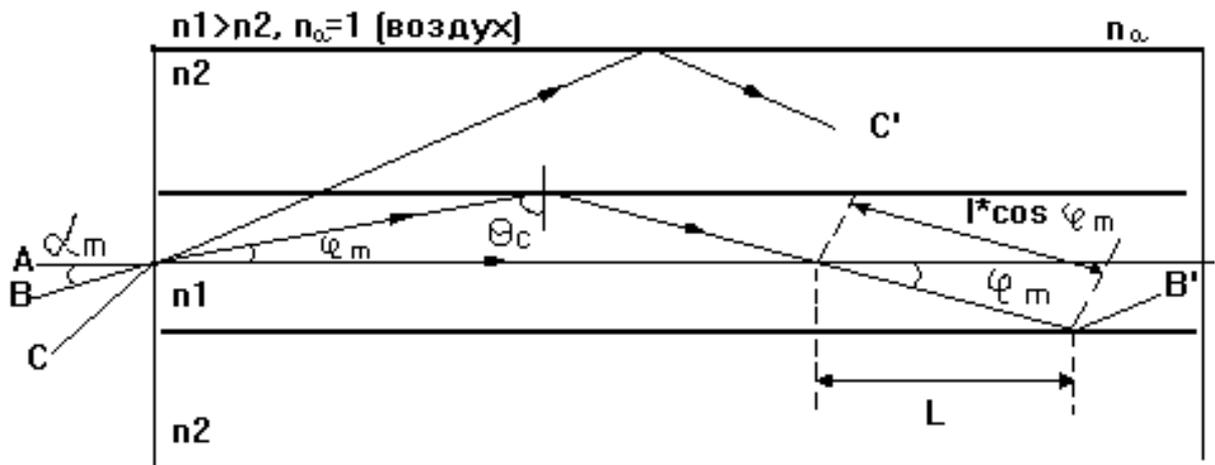


Рис.2. Распространение света в оптическом волокне.

Если по аналогии со случаем, показанным на рис.2, в волокно одновременно введены несколько лучей под разными углами, то на выходе волокна два соседних из них оказываются разделенными во времени на интервал, определяемый формулой:

$$\Delta T = (n1 / n2) \times (l / c) \times \Delta n, \quad (1)$$

где c - скорость света.

В результате имеющий структуру импульса световой пучок, содержащий лучи под всеми возможными углами, окажется размытым во времени в процессе своего распространения по волокну на величину, определяемую выражением:

$$\Delta T / l = (n_1 / n_2) \times (\Delta n / c), \quad (2)$$

где l - длина трассы.

Это уширение светового импульса определяет межмодовую (многолучевую) временную дисперсию волокна. Межмодовая дисперсия - явление вредное и для ее минимизации волокно (ступенчатое) можно покрыть оболочкой, имеющей немного меньший показатель преломления по сравнению с сердцевиной. Эта акция уменьшает временную дисперсию и потери в волокне, но при этом падает и доля вводимой в волокно мощности, так как уменьшается числовая апертура волокна.

2.2 Совместное влияние материальной и межмодовой дисперсии на длительность импульса

Оба типа дисперсии изменяют форму импульса, уширяя его. Поэтому возникает вопрос о том, каким образом следует их объединить при определении общей дисперсии оптического волокна. Предположим теперь, что акты уширения воздействующего гауссова импульса под влиянием как межмодовой, так и материальной дисперсии, независимы друг от друга и что каждый из них приводит к появлению видоизмененных импульсов длительностью τ_1 и τ_2 , измеренной на половинном уровне. Часто для удобства используют значения материальной и межмодовой дисперсии, нормированные на длину линии:

$$\tau = [(\tau_0^2 / l) + (\tau_1 / l)^2 + (\tau_2 / l)^2]^{1/2} l, \quad (3)$$

где τ характеризует результирующий импульс.

На практике межмодовая дисперсия оказывается преобладающей в составе полной дисперсии для градиентных и ступенчатых волокон, если последние возбуждаются лазерным пучком.

2.3 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы при передаче, приеме и регенерации сигналов в ВОЛС.
2. Назовите основные отличия NRZ и MAN кодов друг от друга.
3. Какими параметрами "глаз-диаграммы" характеризуется устойчивость системы к шуму, фазовому дрожанию сигнала?

4. Возможно, ли выбором кода уменьшить вероятность ошибок? Если можно, то как?
5. Какие приближения использует геометрическая оптика? Что это дает?
6. Учтена ли в наших моделях квантовая природа света?
7. Какие основные механизмы потерь в волокне влияют на информационно-пропускную способность ВОЛС?
8. Объясните отличие межмодовой от материальной дисперсии.
9. Возможно ли свести к нулю материальную дисперсию?

3 Экспериментальная часть

3.1 Задание

1. Снимите зависимость относительного раскрыва “глаз-диаграммы” d от частоты в пределах 0.1-100 МГц с шагом 5 МГц для пяти значений сигнал/шум (1, 10, 25, 50 дБ).

2. Снимите зависимость относительного раскрыва “глаз-диаграммы” от отношения сигнал/шум для пяти значений частот (1, 10, 25, 50, 80 МГц).

3. Снимите зависимость параметра α от частоты в пределах 0.1-100 МГц с шагом 5 МГц.

ЗАМЕЧАНИЕ: В ходе моделирования параметр α выводится на экран; параметр d оценивается по масштабной сетке вдоль оси ординат ($d_{\max}=1$).

4. Проанализировав полученные результаты, определите какое минимальное отношение сигнал/шум приёмного элемента ФПУ необходимо выбрать, зная верхнюю и нижнюю границы частоты, чтобы раскрыв “глаз-диаграммы” d был не менее критической величины $d_{\text{кр}}$? Величина $d_{\text{кр}}$ задаётся преподавателем.

5. Пологая, что преобладающей в оптическом волокне является межмодовая дисперсия и используя (2), (3), численно определите эту дисперсию на основе зависимости $\alpha(f)$.

Начальную эффективную длительность посылок считать малой по сравнению с конечной.

6. Зная искомое отношение сигнал / шум и полосу частот Δf , оцените с помощью формулы Шеннона минимальную информационно-пропускную способность моделируемого в компьютерном эксперименте ФПУ.

3.2 Описание экспериментальной установки и исходные данные

Программа реализована на языке PASCAL; имя программы: **DIAGRAM.exe**. После активизации программы выполняется контрольная задача. На экране возникает изображение “глаз-диаграммы” для идеального случая, когда не происходит наложения между импульсами посылок (отсутствует межсимвольная интерференция) и нет влияния шума.

3.3 Основные расчётные формулы

Компьютерный эксперимент осуществляет построение “глаз-диаграммы” для цифрового сигнала, представляющего собой случайную последовательность посылок $h(t)$:

$$U_C = \sum_{-\infty}^{\infty} b_k \cdot h(t - T_k),$$

где k - индекс суммирования;

b_k - коэффициент принимает значение 0 или 1.

Ограничившись взаимным влиянием в пределах пяти тактовых интервалов T получаем:

$$U_C \approx b_0 h(0) + b_1 h(t - T) + b_2 h(t - 2T) + b_{-1} h(t + T) + b_{-2} h(t + 2T).$$

Максимум напряжения в момент стробирования получается при передаче последовательности одних единиц. Считая $h(t)$ четной функцией, получаем:

$$U_{C \text{ MAX}} = h(0) + 2h(T) + 2h(2T).$$

“Глаз-диаграмма” представляет собой набор нормированных графиков в интервале $-\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2}$ для всевозможных сочетаний символов посылок гауссовой формы:

$$h(t) = \exp\left[-\frac{t^2}{2\alpha^2 T^2}\right],$$

где α - коэффициент, характеризующий эффективную длительность посылки, измеренной на уровне $1/\sqrt{2}$.

В ходе моделирования расчет производится для 21 значения времени и 16 сочетаний символов для каждого временного отсчета. В практической реализации ВОЛС систем им свойственно явление взаимообмена энергией между импульсами за счет того, что дисперсия в волокне приводит к уширению передаваемых импульсов и, соответственно к увеличению эффективной длительности посылки. Если преобладающей является межмодовая дисперсия, то зависимость от частоты носит параболический характер, а если преобладает материальная дисперсия, то сложный, обусловленный различными механизмами потерь и поглощения в ВОЛС. Т.к. с ростом частоты увеличивается влияние межсимвольной помехи за счет роста α , раскрыв “глаз-диаграммы”, характеризуемый параметром d , уменьшается. Заметим, что положение порогового уровня ФПУ находится в пределах этого раскрытия и зависит от отношения сигнал\шум на входе приемного элемента. В реальности существующие шумы фотоприёмника

определяют отношение сигнал\шум ФПУ, поэтому влияние этих шумов становится заметным на раскрыв “глаз-диаграммы” и, следовательно, на положение порогового уровня ФПУ.

3.4 Содержание отчета

По предложенной лабораторных работе необходимо составить отчет, который должен содержать:

- титульный лист;
 - цель работы;
 - краткие сведения из теории, содержащие расчетные формулы;
 - результаты расчетов и экспериментов в виде таблиц и графиков;
- выводы по проведенной работе.

Рекомендуемая литература

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. – СПб.: Изд-во "Лань", 2011. – 320 с. - 2-е изд. испр. и доп.. ISBN: 978-5-8114-1114-6 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=627
2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника. – СПб.: Изд-во "Лань", 2011. – 528 с ISBN: 978-5-8114-1136-8 http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=684
3. Волоконная оптика в системах связи : Пер. с англ. / Глен Р. Элион, Херберт А. Элион. - М. : Мир, 1981. - 198, [2] с
4. Волоконная оптика: Приборы и системы : Пер. с англ. / Питер К. Чео. - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 278[2] с.
5. Цифровые и аналоговые системы передачи : учебник для вузов / В. И. Иванов [и др.] ; ред. В. И. Иванов. - 2-е изд. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 231[1] с. : ил. - (Учебник) (Специальность для высших учебных заведений). - Библиогр.: с. 229-230. - ISBN 5-93517-116-3

Учебное пособие

Мягков А.С.

Факторы, влияющие на информационно-пропускную способность
волоконно-оптических линий связи

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Приборы квантовой электроники и фотоники»

Усл. печ. л. _____. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40