

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.С. Перин

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА МЕТОДОМ ВНОСИМЫХ ПОТЕРЬ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Томск
2020

УДК 621.391.1.519.8(075.8)

ББК 32.88-01я73

П274

Рецензент:

Хатьков Н.Д., доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
канд. техн. наук

Перин, Антон Сергеевич

П274 Измерение затухания оптического волокна методом вносимых потерь: методические указания по выполнению лабораторной работы / А.С. Перин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 11 с.

В методических указаниях приведены краткие сведения о методах измерения затухания оптических волокон, применяемых при эксплуатации волоконно-оптических линий связи, а также описание способа измерения затухания оптического волокна методом вносимых потерь.

Предназначено для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль "Оптические системы и сети связи" по курсу «Проектирование, строительство и эксплуатация волоконно-оптических линий связи».

Одобрено на заседании каф. сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники,
протокол № 2 от 01.10.2020

УДК 621.391.1.519.8(075.8)

ББК 32.88-01я73

© Перин А.С., 2020

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ВВЕДЕНИЕ	4
2	ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА.....	5
3	ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	7
4	СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	8
5	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	9
6	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Статистическая обработка результатов измерений	11

1 ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: освоение методики измерения затухания оптических волокон методом вносимых потерь.

В процессе производства оптического кабеля (ОК), строительства и эксплуатации волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) интерес представляет полное затухание ОК, которое определяется следующими причинами:

- затухание, обусловленное поглощением и рассеянием в оптическом волокне (ОВ);
- добавочное затухание, возникающее в процессе эксплуатации (возникающие микротрещины, микро- и макро-изгибы и т.п.);
- затухания, обусловленные отражениями от входного торца оптического волокна (ОВ), возникающие при вводе излучения в ОВ и на неоднородностях.

Измерение затухания оптических кабелей проводят методами обрыва и вносимых потерь. Допускается для измерения затухания использовать метод измерения распределения потерь по длине (метод обратного рассеяния). Затухание измеряют на фиксированной длине волны или во всей спектральной полосе пропускания кабеля, что должно быть указано в стандартах или технических условиях на конкретный оптический кабель.

Метод обрыва, рекомендуемый ITU-T G.651, EIA/TIA и ГОСТ 26814-86 «Кабели оптические» [1], является наиболее точным из используемых, но требует разрыва волокна. Его использование при инсталляции, техническом обслуживании и в полевых условиях нежелательно, поэтому он применяется только при производстве ОВ. Метод основан на сравнении значений мощности оптического излучения, измеренной на выходе длинного волокна и на выходе короткого отрезка волокна, образованного отсечением части длины (около 2 м) со стороны источника. При измерении необходимо обеспечить постоянство мощности, вводимой в оптическое волокно измеряемого кабеля, и неизменность модового состава излучения.

В данной лабораторной работе измерение затухания оптических волокон будет проводиться **методом вносимых потерь**. В отличие от метода обрыва данный метод является неразрушающим методом контроля параметров оптического волокна. Благодаря этому, а также достаточно высокой точности метод вносимых потерь широко применяется в полевых условиях. Для измерения данным методом сначала измеряется оптическая мощность на выходе эталонного волокна. Затем между эталонным волокном и измерителем включают измеряемое волокно. Измеряется мощность на выходе тестируемого волокна. Потери в волокне определяются как разность между уровнем эталонного и измеряемого волокна. Измерение по этому методу проводят с обеих сторон волокна с последующим усреднением результатов.

Обработку результатов измерений проводят в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [2]. Погрешность измерений не должна превышать 20 %, если не оговорено иное.

Затухание измеряемого оптического кабеля определяют по формуле:

$$A_{\lambda_i} = 10 \lg \frac{T_1(\lambda_i)}{T_2(\lambda_i)}, \quad (1.1)$$

где λ_i – длина волны, на которой проведены измерения, мкм;

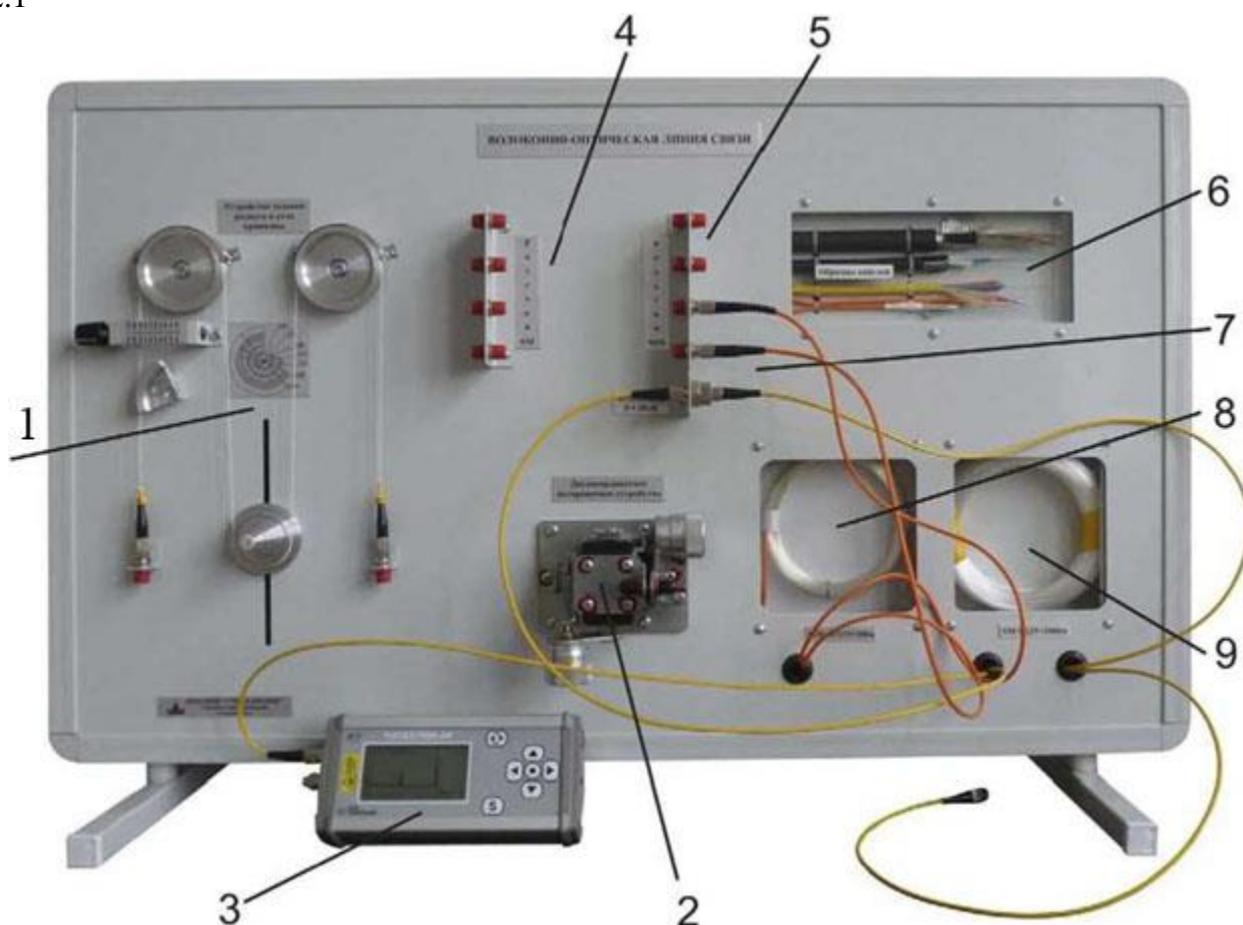
$T_1(\lambda_i)$, $T_2(\lambda_i)$ – значения, соответствующие уровню мощности на выходе вспомогательного и тестируемого оптических кабелей соответственно, дБ.

Результаты измерений включают:

- Результаты измерения затухания и коэффициента затухания;
- Длину волны и спектральную ширину источника излучения;
- Среднее значение потерь в соединителе;
- Погрешность результата измерения при выбранной доверительной вероятности.

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Типовой комплект для выполнения лабораторной работы состоит из лабораторной установки и дополнительного оборудования. Внешний вид установки представлен на рисунке 2.1



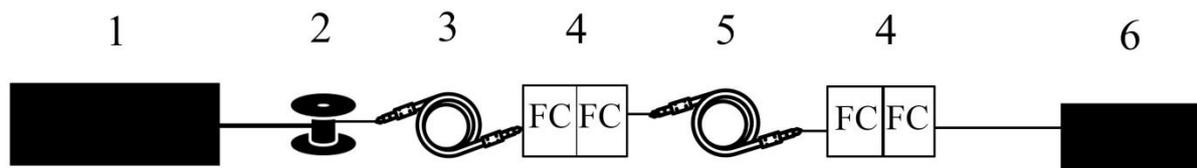
- 1 – устройство задания радиуса и угла кривизны;
- 2 – устройство внесения неоднородностей в стык оптоволокна с трехкоординатным юстировочным устройством;
- 3 – оптический тестер–рефлектометр;
- 4 – планка с оптическими розетками для подключения одномодового волокна (SM);
- 5 – планка с оптическими розетками для подключения многомодового волокна (MM);
- 6 – образцы оптических кабелей;
- 7 – переменный аттенюатор;
- 8 – оптическая линия связи MM длиной 200 м;
- 9 – оптическая линия связи SM длиной 1000 м.

Рисунок 2.1 – Внешний вид лабораторного макета

Рабочая панель лабораторной установки поделена на области разного функционального назначения. Для выполнения данной лабораторной работы необходимо задействовать области под номерами 4 и 5.

На рисунке 2.2. приведена схема экспериментальной установки для измерения затухания ОВ методом вносимых потерь. В качестве источника излучения (1) будет выступать оптический рефлектометр «Топаз-7315-AR» [3] в режиме источника излучения. Модовый скремблер (2) (смеситель мод), соответствующий спецификации TIA/EIA-568-B.1,

представляет собой катушку диаметром 22 мм, на которую требуется намотать 5 витков оптического кабеля (рисунок 2.3). Для фиксации витков на катушке необходимо использовать винт. В основу конструкции смесителя мод положен тот факт, что в ОВ часть траекторий лучей мод высокого порядка проходит вблизи границы раздела «сердцевина-оболочка». Поэтому при изгибе волокна с небольшим радиусом создаются условия для интенсивного высвечивания этих лучей в оболочку, где они быстро затухают. Кроме того, наличие изгиба усиливает связь между отдельными модами и приводит к увеличению интенсивности обмена энергии между ними, что значительно ускоряет процесс стабилизации модового состава. Модовый скремблер реализуется на вспомогательном оптическом волокне.



- 1 – источник излучения;
- 2 – смеситель мод;
- 3 – вспомогательное оптическое волокно;
- 4 – оптические разъемные соединения;
- 5 – измеряемый кабель;
- 6 – приемник излучения.

Рисунок 2.2 – Схема экспериментальной установки

Вспомогательное оптическое волокно (3) для разных измерений будет разное, но всегда с одной стороны снабжено оптическим соединителем типа FC. Оптические розетки (4) используются в соответствии с используемым типом волокна и типом оптического соединителя. В качестве приемника излучения (6) будет применяться оптический рефлектометр «Топаз-7315-AR» в режиме приемника излучения.



Рисунок 2.3 – Оптический рефлектометр «Топаз-7315-AR» (а) и модовый скремблер (б)

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится в 4 этапа. На первом/втором этапах необходимо провести измерения затухания **многомодового** оптического кабеля (патчкорда) с FC-FC коннекторами на длинах волн 1550/1310 нм. Для этого необходимо использовать два оптических кабеля с FC-FC коннекторами и многомодовую оптическую розетку FC-FC, закрепленную на стенде. Оболочка многомодового оптического кабеля, как правило, имеет оранжевый цвет.

На третьем/четвертом этапе производятся измерения **одномодового** FC-FC оптического кабеля для 1310/1550 нм. Оболочка одномодового волоконно-оптического кабеля, как правило, имеет желтый цвет.

Порядок проведения измерений:

- 1) Соберите схему, представленную на рисунке 2.2, соблюдая правила техники безопасности и правила работы с оптическим оборудованием.
- 2) Рефлектометр «ТОПАЗ-7315-AR» переведите в режим источника излучения на длине волны 1550 нм. В параметрах приемника оптической мощности установите такую же длину волны. Выставьте на приемнике единицы измерения - ватты.
- 3) Снимите значение мощности излучения на измерителе оптической мощности на выходе тестируемого волокна.
- 4) Отключите из схемы измеряемый FC-FC оптический кабель и проведите измерения оптической мощности на выходе вспомогательного волокна.
- 5) Повторите замеры для длины волны 1310 нм и одномодового оптического кабеля на длинах волн 1310/1550 нм.
- 6) Постройте таблицу полученных результатов и по формуле 2.1 вычислите затухание для тестируемых волокон на двух длинах волн.
- 7) Найдите коэффициент затухания измеряемого оптического кабеля по формуле:

$$\alpha(\lambda)_i = \frac{A(\lambda)_i}{L},$$

где L – длина линии, км.

- 8) Обработайте результаты в соответствии с ГОСТ 8.207-76. В приложении А приведен пример оформления результатов обработки измерений.

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен включать:

1. Схема лабораторной установки для измерений;
2. Таблицы с данными по измерениям для двух длин волн многомодового и одномодового волокна;
3. Результаты статистической обработки данных;
4. Выводы относительно применимости метода вносимых потерь для коротких оптических шнуров;
5. Ответы на контрольные вопросы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего при измерении применяется модовый скремблер?
2. Для чего при измерении применяется вспомогательное оптическое волокно?
3. Как меняется точность измерений в зависимости от сочетания типов вспомогательного и измеряемого шнуров?
4. Изменится ли результат измерений, если вспомогательный и измеряемый шнуры поменять местами и почему?
5. Какие методы измерения потерь существуют?

6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26814-86 Кабели оптические. Методы измерения параметров. — Москва: Изд-во стандартов, 1986. — 33 с.
2. ГОСТ 8.207-76 Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений. — Москва: Изд-во стандартов, 1976. — 7 с.
3. Рефлектометр оптический «Топаз-7315-AR». Руководство пользователя [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.topfibertester.ru/downloads/manual/ТОПАЗ-7000-AR_ARX_v1.2.pdf

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Статистическая обработка результатов измерений

Когда физическая величина определяется непосредственно с помощью того или иного измерительного прибора (прямые измерения), оценка истинного значения измеряемой величины и погрешности может быть осуществлена в следующем порядке:

1. Составляется таблица результатов измерений.
2. Вычисляется среднеарифметическое значение из n измерений:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$$

3. Вычисляются квадраты погрешностей отдельных измерений:

$$\Delta^2 x_i = (\bar{X} - X_i)^2$$

4. Вычисляется средняя квадратичная погрешность результата серии измерений:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^2 x_i}{n(n-1)}}$$

5. Задаются значением доверительной вероятности α (в лабораторных работах физического практикума обычно принимают α в пределах от 0,8 до 0,9).
6. Определяют по таблице А.1 коэффициент Стьюдента t (α , n) для заданной надежности α и числа проведенных измерений n .

Таблица А.1 – Коэффициенты Стьюдента при различных значениях доверительной вероятности α и различном количестве опытов n

α	Количество измерений, n														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	23	31	41
0,9	6,3	2,9	2,4	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
0,95	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
0,99	63,7	9,9	5,8	4,6	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,8	2,7

7. Определяют границы доверительного интервала ($\delta = 0,3$ Дб – погрешность прибора):

$$\Delta X = \sqrt{t^2(\alpha, n) \cdot S_x^2 + \delta^2}$$

8. Рассчитывают относительную погрешность результата серии измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

9. Окончательный результат записывается в виде:

$$(\bar{X} \pm \Delta X) \text{ ед. измер, } \alpha = \dots$$

$$\varepsilon = \dots\%$$