

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

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.С. Перин

**КОНТРОЛЬ ПОТЕРЬ НА РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ВОЛОКОННО-
ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ**

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 Контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи: методические указания по выполнению лабораторной работы / А.С. Перин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 13 с.

Приведены сведения о различных типах оптических разъемов (коннекторов) для оптического волокна, даны указания по осуществлению контроля потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи.

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 | 6 |
| 3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ | 9 |
| 4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА | 10 |
| 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 11 |
| 6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 12 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Статистическая обработка результатов измерений | 13 |

1 ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: исследовать различные типы соединительных и переходных розеток для одномодового оптического волокна и осуществить контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи.

Оптические разъемы (коннекторы) применяются для стыковки оптических волокон с пассивным или активным телекоммуникационным оборудованием. На сегодняшний день в мире представлено большое количество специализированных оптических коннекторов. Наибольшее распространение получили стандартные оптические разъемы типов SC, FC, ST и LC. Коннекторы различаются видом применяемыми наконечниками, типом фиксации конструкции в розетке. Принцип работы у всех коннекторов одинаковый.

SC-коннектор:

Сечение корпуса имеет прямоугольную форму (рисунок 1.1). Подключение/отключение коннектора осуществляется поступательным движением по направляющим и фиксируется защелками. Керамический наконечник также имеет цилиндрическую форму диаметром 2,5 мм со скругленным торцом (некоторые модели имеют скос поверхности). Наконечник почти полностью покрывается корпусом и потому менее подвержен загрязнению. Отсутствует вращательных движений обуславливает более осторожное прижатие. В некоторых случаях SC-коннекторы применяются в дуплексном варианте. На конструкции могут быть предусмотрены фиксаторы для спаривания коннекторов, или применяться специальные скобы для группировки корпусов. Коннекторы с одномодовым волокном обычно имеют голубой цвет, а с многомодовым серый.

FC-коннектор:

В одномодовых системах встречается еще одна разновидность коннекторов FC (рисунок 1.2). Они характеризуются отличными геометрическими характеристиками и высокой защитой наконечника.



Рисунок 1.1 – SC коннектор



Рисунок 1.2 – FC коннектор

ST-коннектор:

Самым распространенным представителем в локальных оптических сетях является ST-тип коннектора (рисунок 1.3). Керамический наконечник имеет цилиндрическую форму диаметром 2,5 мм со скругленным торцом. Фиксация производится за счет поворота оправы вокруг оси коннектора, при этом вращения основы коннектора отсутствуют (теоретически) за счет паза в разьеме розетки. Направляющие оправы сцепляясь с упорами ST-розетки при вращении вдавливают конструкцию в гнездо. Пружинный элемент обеспечивает необходимое прижатие.

Слабым местом ST-технологии является вращательное движение оправы при подключении/отключении коннектора. Вращения наконечника отсутствуют только теоретически, даже минимальные изменения положения последнего влекут рост потерь в оптических соединениях. Наконечник выступает из основы конструкции на 5-7 мм, что ведет к его загрязнению.

LC-коннектор:

Коннекторы типа LC – это малогабаритный вариант SC-коннекторов (рисунок 1.4). Он также имеет прямоугольное сечение корпуса. Конструкция выполняется на пластмассовой основе и снабжена защелкой, подобной защелке, применяющейся в модульных коннекторах медных кабельных систем. Вследствие этого и подключение коннектора производится схожим образом. Наконечник изготавливается из керамики и имеет диаметр 1,25 мм. Встречаются как многомодовые, так и одномодовые варианты коннекторов.



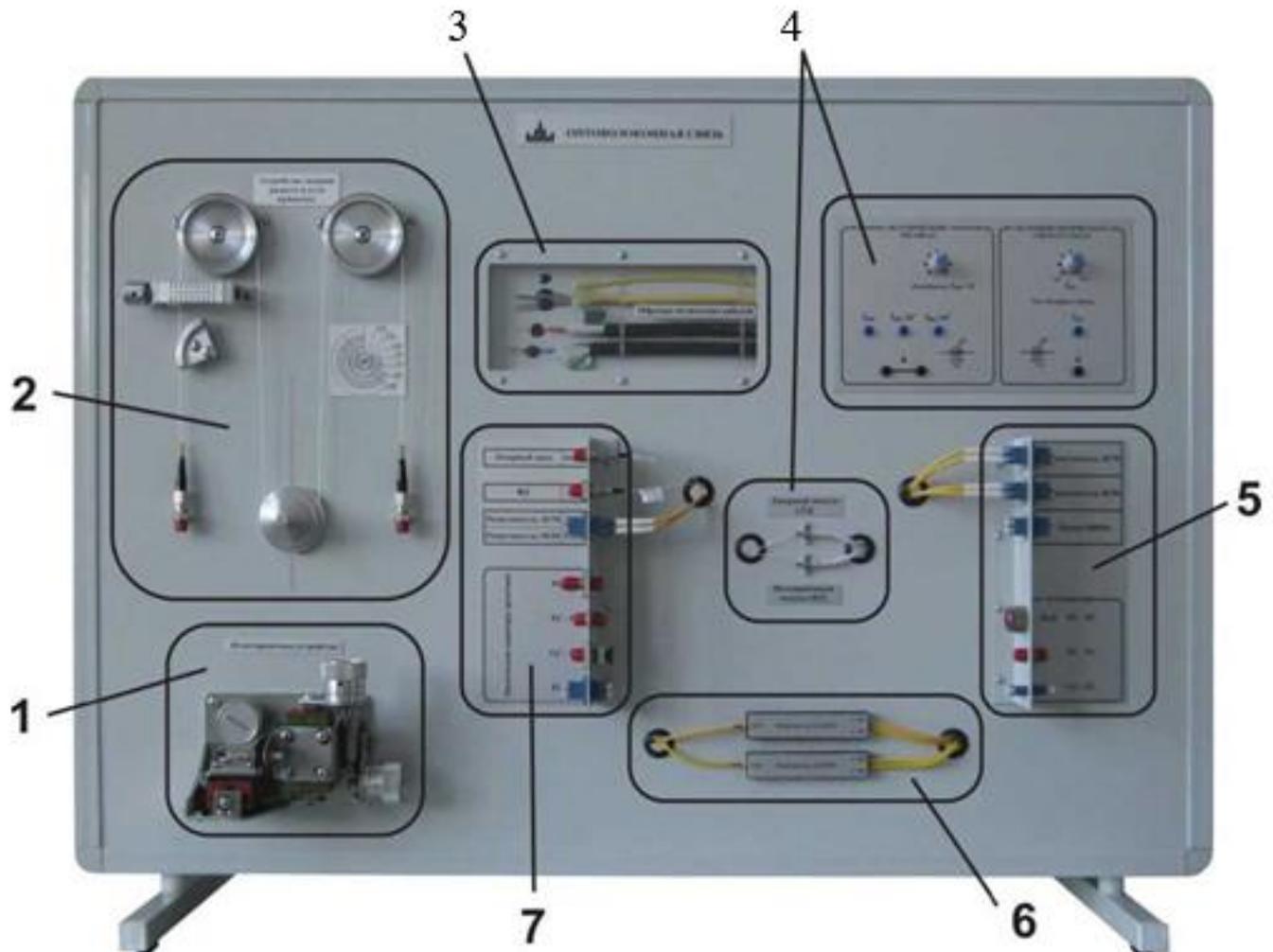
Рисунок 1.3 – ST коннектор



Рисунок 1.4 – LC коннектор

2 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

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



- 1 – Трёхкоординатное юстировочное устройство;
- 2 – Устройство задания радиуса и угла кривизны оптоволокна;
- 3 – Образцы оптических кабелей для внутренней и внешней прокладки;
- 4 – Блок активных компонентов волоконно-оптической системы передачи данных;
- 5 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов;
- 6 – Пассивные компоненты ВОЛС: разветвитель 70/30, разветвитель 50/50;
- 7 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов.

Рисунок 2.1 – Внешний вид лабораторного макета

Рабочая панель лабораторной установки поделена на области разного функционального назначения. Для выполнения данной лабораторной работы необходимо задействовать область под номер 7.

Область под номером 7 – это оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов (рисунок 2.2).

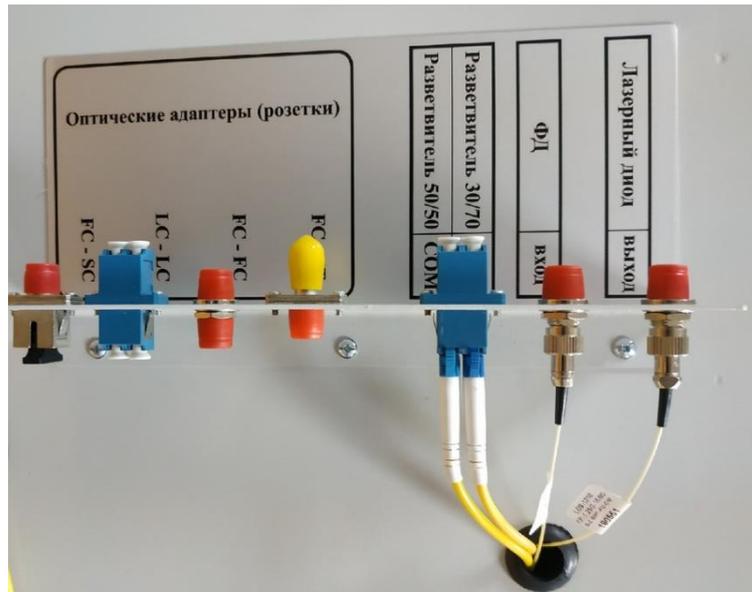
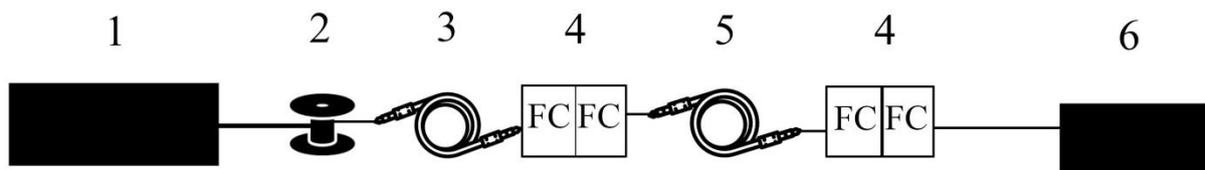


Рисунок 2.2 – Оптические розетки с коннекторами активных и пассивных элементов и источник излучения

Блок оптических розеток представляет собой набор разных типов оптических розеток: проходные и переходные розетки. Каждая розетка снабжена соответствующей ей подписью слева от нее.

В данной лабораторной работе контроль потерь на разъемных соединениях волоконно-оптической линии связи будет проводиться путём измерения затухания оптических волокон **методом вносимых потерь** [1].

На рисунке 2.3. приведена схема экспериментальной установки для измерения затухания ОВ методом вносимых потерь.



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

Рисунок 2.3 – Схема экспериментальной установки

В качестве источника излучения (1) будет выступать оптический тестер «Топаз-7315-AL» (рисунок 2.4а) [2]. Модовый скремблер (2) (смеситель мод), соответствующий спецификации ТИА/ЕІА-568-В.1, представляет собой катушку диаметром 22 мм, на которую требуется намотать 5 витков оптического кабеля (рисунок 2.4б). 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.

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 тестер «Топаз-7315-AL».

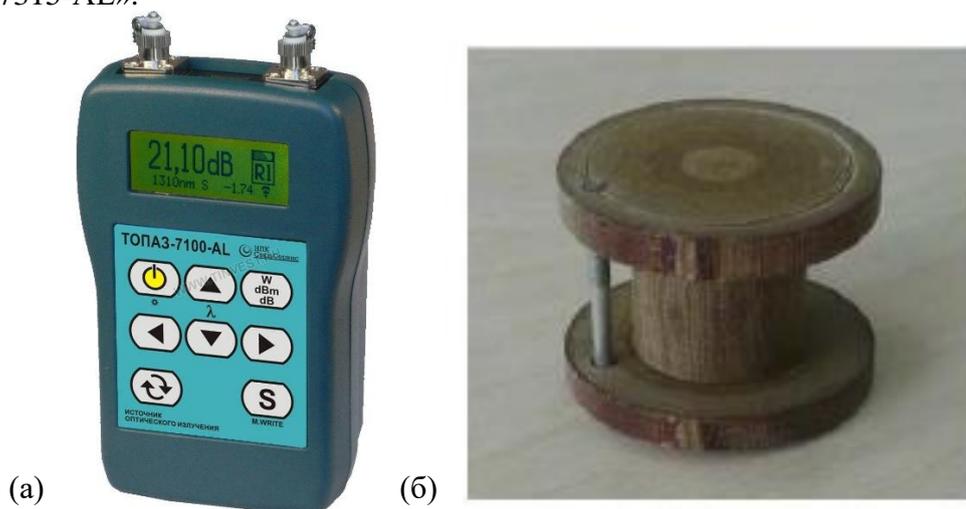


Рисунок 2.4 – Оптический тестер «Топаз-7315-AL» (а) и модовый скремблер (б)

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа проводится в несколько этапов. На первом этапе необходимо провести измерения потерь оптического кабеля с FC-FC коннекторами на длине волны 1310 нм. Для этого необходимо использовать два оптических кабеля с FC-FC коннекторами и оптическую розетку FC-FC, закрепленную на стенде. Розетка закрыта заглушками и имеет соответствующую подпись. На следующем этапе производятся измерения одномодового FC-FC оптического кабеля на 1310 нм.

Порядок проведения измерений:

1. Проведите измерение потерь для FC-FC розетки, методом вносимых потерь для одномодового волокна:

1.1 Соберите схему, представленную на рисунке 2.3, соблюдая правила техники безопасности и правила работы с оптическим оборудованием;

1.2 Включить источник излучения на длине волны 1310 нм и измеритель оптической мощности;

1.3 Настроить приемник на измеряемую длину волны и выбрать измерение в ваттах;

1.5 Снять значение мощности излучения на измерителе оптической мощности;

2. Для других типов оптических розеток сделать следующие допущения: оптическое излучение от источника к приемнику через FC-FC шнур приходит без потерь, потери в волокне оптического шнура пренебрежимо малы. Следовательно, потери, возникающие при измерении соединений разных типов оптических розеток, следует отнести к самим оптическим розеткам, т.е. к стыку волокна в оптической розетке;

3. Проведите измерения для оставшихся типов оптических розеток (FC-ST, LC-LC, FC-SC);

4. Запишите результаты измерений в таблицу:

| № | FC-FC | FC-ST | LC-LC | FC-SC |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 1 | | | | |
| ... | | | | |
| n | | | | |

5. Обработайте результаты в соответствии с ГОСТ 8.207-76 [3]. В приложении А приведен пример оформления результатов обработки измерений.

6. Сделайте выводы относительно потерь разных типов розеток.

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 потерь одномодовых соединительных и переходных розеток.
5. Ответы на контрольные вопросы.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы коннекторов для ОВ существуют? В чем их конструктивные отличия?
2. Зависит ли затухание в розетке от её типа (переходная-соединительная), как и почему?
3. Зависит ли затухание в розетке от типа разъёма, как и почему?
4. Какие типы полировок оптического коннектора существуют?
5. Почему стыковка волокон с разной полировкой недопустима?

6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

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:

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

$$\varepsilon = \dots\%$$