

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

Д.Е. ПРАПОРЩИКОВ, Е.В. ДМИТРИЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ  
РАЗВЕТВИТЕЛЕЙ**

Методические указания  
по выполнению лабораторной работы

Самара  
2018

УДК 621.39.082.5

ББК 621.391.63

Д

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ, протокол  
№ 48 от 28.04.2018 г.

Рецензент:

доцент, кафедра систем связи ФГБОУ ВО ПГУТИ,  
к.т.н., Трошин А.В.

**Прапорщиков, Д.Е., Дмитриев, Е.В.**

Д Исследование характеристик оптических разветвителей: методические указания по выполнению лабораторной работы/ Д.Е. Прапорщиков, Е.В. Дмитриев. – Самара: ПГУТИ, 2018. – 14 с.

В учебно-методической разработке приводится материал по исследованию параметров оптических разветвителей, применяемых на современных сетях связи. В результате выполнения лабораторной работы студенты приобретают практические навыки измерения спектральных характеристик оптических разветвителей.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных занятий у студентов 3 и 4 курсов, обучающихся по направлениям подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, профиль подготовки “Оптические информационные технологии”, и 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профили подготовки “Оптические и проводные сети и системы связи” и “Сети и системы радиосвязи”.

©, Прапорщиков Д.Е., 2018

### **Цель работы**

Изучение принципов работы оптических разветвителей. Исследование основных параметров оптических разветвителей.

### **Литература**

1. Андреев А.А., Бурдин, А. В.; Портнов, Э. Л.; Кочановский, Л. Н.; Попов, В. Б. Направляющие системы электросвязи. Т. 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация/ ПГУТИ, 2017
2. Дмитриев С.А., Слепов Н.Н., Волоконно-оптическая техника: современное состояние и новые перспективы. Сборник статей. – М.: Техносфера, 2010. – 608 с.
3. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2007. – 514 с.
4. Цуканов В.Н., Яковлев М.Я., Волоконно-оптическая техника, Инфра-Инженерия, 2016.

### **Подготовка к работе**

1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности при работе с лазерными источниками.
2. Изучить классификацию оптических разветвителей
3. Изучить основные параметры оптических разветвителей
4. Изучить особенности конструкции оптических разветвителей
5. Изучить методы измерения параметров оптических разветвителей
6. Подготовить бланки протоколов измерений.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение и область применения оптических разветвителей на сетях связи
2. Классификация оптических разветвителей
3. Принцип работы оптических разветвителей
4. Основные параметры оптических разветвителей.
5. Основные технологии производства оптических разветвителей
6. Типовые характеристики оптических разветвителей
7. Методы и средства измерения параметров оптических разветвителей
8. Алгоритм измерения вносимых потерь оптического разветвителя
9. Алгоритм измерения коэффициентов направленности оптического разветвителя

10. Алгоритм измерения потерь на отражении оптического разветвителя

11. Алгоритм измерения полных избыточных потерь оптического разветвителя

### Техника безопасности

При выполнении лабораторных работ, связанных с использованием когерентных лазерных источников излучения, необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

1. Не смотреть в выходной порт источника и на торцы коннекторов, патч-кордов или оптических адаптеров.

2. Контроль качества оптического коннектора или адаптера допускается только при отсутствии в волокне излучения.

3. Для определения активности оптического волокна рекомендуется использовать измеритель оптической мощности или специальный индикатор излучения.

**Внимание!** Излучение, используемое в телекоммуникационных системных и измерительных приборах, невозможно обнаружить визуально.



Осторожно излучение лазера

## Материалы, инструменты и оборудование для выполнения работы

1. Безворсовые салфетки



2. Спирт в дозаторе



3. Оптический патч-корд (FC/PC-FC/PC)



4. Оптический адаптер FC



5. Источник оптического излучения



6. Измеритель оптической мощности



7. Оптический разветвитель



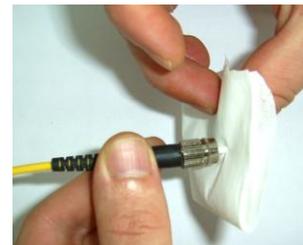
## Порядок выполнения работы

1. Для определения опорного уровня источника оптического излучения соберите схему (см. рис.1) в следующей последовательности:



Рис.1 - Схема для определения опорного уровня источника

1.1. Снимите защитный колпачок и протрите торец коннектора измерительного шнура (патч-корда) безворсовой салфеткой, смоченной спиртом.



1.2. Введите коннектор патчкорда в разъем источника оптического излучения FOD 2112, совмещая ключ на коннекторе с пазом в разьеме.

Внимание! Не допускайте смещения коннектора в поперечных направлениях.



1.3. Зафиксируйте гайку коннектора.

Внимание! При фиксации не прилагайте усилия во избежание повреждения торцов коннекторов



1.4. Аналогично произведите подключение второго конца патч-кабеля к измерителю оптической мощности FOD 1204.

2. Прогрейте источник FOD 2112 в течение 15 мин.

3. Снимите значения уровня мощности  $P_0$  (в дБм) на двух длинах волн ( $\lambda_1=1310$  нм и  $\lambda_2=1550$  нм). Результаты занесите в табл. 1.

4. Для определения качества второго патч-кабеля и качества его подключения к измерителю оптической мощности соедините источник и измеритель двумя патч-кабелями через адаптер.

Внимание! Подключение на стороне источника излучения необходимо оставлять **неизменным**.

Для этого соберите схему (см. рис. 2) в следующей последовательности:



Рис.2 - Схема для контроля качества второго патч-кабеля

4.1. Отключите патч-кабель от измерителя мощности.

4.2. Подключите второй измерительный патч-корд к измерителю мощности.

4.3. Соедините коннекторы патч-кордов через адаптер измерительную розетку.



5. Снимите новые значения уровня мощности  $P_0'$  (в дБм) на двух длинах волн ( $\lambda_1=1310$  нм и  $\lambda_2=1550$  нм).

Если  $P_0P_0' < 0,5$  дБ, то качество патч-корда и условия подключения можно считать удовлетворительными.

6. В случае неудовлетворительного результата повторите пункты 1-5.

7. Далее удалите измерительную розетку и, не отключая коннекторы патч-кордов на сторонах источника и измерителя, подключите их к исследуемому оптическому разветвителю. Дальнейшие измерения следует производить в следующем порядке:

7.1. Пронумеруйте выходы исследуемого разветвителя.

7.2. Последовательно подключая патч-корды источника и измерителя к портам разветвителя, снимите показания измерителя оптической мощности  $P_{mn}$  (в дБм) на двух длинах волн ( $\lambda_1=1310$  нм и  $\lambda_2=1550$  нм).

7.3. Для исключения погрешности, вызванной случайным характером качества подключения оптических коннекторов, проведите как минимум 3 измерения, каждый раз переподключая патч-корды к портам разветвителя.

Внимание! Полученные значения не должны отличаться более чем на 0.2 дБ. Значения, отклоняющиеся от среднего более чем на 0.2 дБ, следует исключить.

7.4. Усредните результаты многократных измерений.

Занесите полученные результаты в табл. 1.

Таблица 1.

$P_{mn}$ , дБм						
$n \setminus m$	1	2	...	$m$	...	$M$
1						
2						
...						
$n$						
...						
$M$						

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

$P_{mn}$  – уровень мощности, измеренный на выводе  $n$  при подключении источника излучения к выводу  $m$ . Причем при  $m=n$   $P_{mn}=P_0$ ,

$M$  – общее число выводов.

8. Рассчитайте параметры исследуемых оптических разветвителей по формулам, приведенным в Приложении 1. Полученные результаты занесите в таблицу 2.

9. Сделайте выводы о соответствии рассчитанных параметров типовым значениям, характерным для оптических разветвителей, применяемых на современных сетях связи.

10. Оформите отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- цель и задачи лабораторной работы;
- схемы измерения;
- результаты измерения и расчетов исследуемых параметров;
- выводы.

Таблица 2.

Вносимое затухание, дБ	
Коэффициент направленности, дБ	
Потери на отражении, дБ	
Полные избыточные потери, дБ	

## Основные параметры оптических разветвителей

Вносимые потери определяют потери мощности сигнала, который приходит на один из входных полюсов и выходит с одного из выходных полюсов и рассчитываются по формуле:

$$a_{ins} = -(P_{mn} - P_m), \text{ дБ},$$

$P_m$  – мощность оптического сигнала, проходящего на полюс  $m$ ,

$P_{mn}$  – мощность, регистрируемая на выходном полюсе  $n$  при условии поступления сигнала на входной полюс  $m$ . Причем  $m \neq n$  и порты  $m$  и  $n$  не изолированы друг от друга.

Коэффициенты направленности являются мерой того, как хорошо разветвитель передает мощность в предназначенные выходные полюса. Определяются той же формулой, что и вносимые потери, но в данном случае порты  $m$  и  $n$  изолированы друг от друга:

$$b_{dir} = P_{mn} - P_m, \text{ дБ}.$$

Потери на отражении определяются по формуле:

$$b_{bs} = P_{mm} - P_m, \text{ дБ},$$

где  $P_{mm}$  – регистрируемая выходная мощность на полюсе  $m$  при условии подачи сигнала на этот же полюс.

Полные избыточные потери определяются выражением:

$$a_{ex} = -10 \lg \left( \sum P_{mn} \right) / P_m, \text{ дБ},$$

где сложение производится только для тех значений  $n$ , для которых порты  $m$  и  $n$  не изолированы друг от друга. Причем мощность подставляется в мВт.

Коэффициент деления определяется отношением мощностей на выходах не изолированных от входного порта.

## Источник оптического излучения FOD 2112

Малогабаритный источник оптических сигналов (модель FOD 2112) предназначен для измерений параметров компонентов волоконно-оптических систем (ВОС). При измерениях вносимого затухания оптического кабеля источник можно использовать совместно с измерителем уровня оптической мощности FOD 1204.



- 1 – Кнопка включения/выключения прибора (ON/OFF)
- 2 – Кнопка выбора длины волны (1.31µ/1.55µ)
- 3 – Кнопка выбора режима модуляции (1 k / 2 k)

### Технические характеристики FOD 2112

1. Рабочие длины волн:  $(1550 \pm 20)$  и  $(1310 \pm 20)$  нм.
2. Максимальная выходная мощность непрерывного немодулированного оптического излучения не менее -5 дБм (0.3 мВт).
3. Относительная нестабильность выходной мощности оптического излучения за 15 мин работы при температуре  $(20 \pm 5)^0$  С не более 0,05 дБ.

4. Ширина спектра излучения не более 5 нм.
5. Режимы работы:
  - непрерывное немодулированное оптическое излучение;
  - модуляция частотой 1 кГц и 2 кГц.
6. Тип оптического разъема: FC/PC.
7. Рабочие условия эксплуатации источника:
  - температура окружающей среды 10-35<sup>0</sup> С:
  - относительная влажность воздуха до 80% при температуре 25<sup>0</sup>С.
8. Время непрерывной работы от внутреннего источника питания без подзарядки 24 ч.

Примечание. Перед измерениями прибор необходимо прогреть в течение 15 мин.

## **Основы работы с FOD 2112**

Источник включается с помощью кнопки **1 (ON/OFF)**.

Переключение длины волны излучения производится кнопкой **2 (1.31μ/1.55μ)**. При этом в соответствии с выбранной длиной волны будет светиться соответствующий светодиод: **1.31μ** при длине волны 1310 нм и **1.55μ** при длине волны 1550 нм.

Переключение режима модуляции волны излучения производится кнопкой **3**. При этом в соответствии с выбранной частотой модуляции длиной волны будет светиться соответствующий светодиод: **1k** при частоте 1 кГц и **2k** при частоте 2 кГц.

Режиму непрерывного излучения соответствуют погашенные светодиоды **1 k** и **2 k**.

## Измеритель уровня оптической мощности FOD 1204

Измеритель уровня оптической мощности FOD 1204 предназначен для измерения средней мощности оптического излучения в спектральных диапазонах 820-880; 1270-1340; 1520-1580 нм, а также для использования в качестве индикатора при оценке оптической мощности в спектральных диапазонах 959-1010 и 1450-1510 нм.



- 1 – Кнопка включения/выключения прибора (ON/OFF)
- 2 – Кнопка выбора длины волны (SET  $\lambda$ )
- 3 – Кнопка выбора единицы измерения (W/dBm)
- 4 – Режим измерения относительных уровней мощности (REF)

### Технические характеристики FOD 1204

1. Длина волны 850/980/1310/1480/1550 нм
2. Тип фотодиода InGaAs
3. Диапазон измерения средней мощности оптического излучения от -73 до + 10 дБм;
4. Основная погрешность измерения средней мощности оптического излучения на длинах волн калибровки (850±10), (1310±10), (1550±10) нм при уровне мощности оптического излучения 0 дБм не более ±0,15 дБ (±3,5%).
5. Систематическая составляющая основной погрешности измерения средней мощности оптического излучения в спектральных диапазонах 820-880, 1270-1340, 1520-1580 нм не более ±0,1 дБ (±2%).

6. Рабочие условия эксплуатации источника:
- температура окружающей среды 10-40<sup>0</sup> С;
  - относительная влажность воздуха до 90% при 30<sup>0</sup>С.

### **Основы работы с FOD 1204**

Для включения измерителя, необходимо нажать кнопку **ON/OFF** и удерживать ее в течение 1 с.

В источнике предусмотрен режим автоматического выключения через 10 мин после включения. Если необходимо отключить этот режим, нужно при включении измерителя удерживать кнопку **ON/OFF** в течении 3 с до появления на индикаторе надписи 1h. В этом случае измеритель автоматически выключается через 1 час после последнего нажатия.

Кнопка **SET λ** позволяет установить длины волн: 850, 980, 1310, 1480, 1550 нм. При очередном нажатии на эту кнопку значение длины волны изменяется на следующее по возрастанию. После значения 1550 нм следует 850 нм.

Кнопка **W/dBm** позволяет производить измерения оптической мощности в ваттах и децибелах относительно 1 мВт (дБм).

Кнопка **REF** позволяет производить измерения относительно какого-либо введенного в память прибора значения. При нажатии этой кнопки текущее значение оптической мощности будет запомнено, а на индикаторе показано относительное значение уровня, выраженное в децибелах (дБ).