

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (МГТУ ГА)»**

**Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования воздушного транспорта**

С.Б. Стукалов

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ**

*для студентов V курса
специальности 25.05.03
всех форм обучения*

Москва
2019

ББК 6Ф0.3
С-88

Рецензент:

Болелов Э.А. – канд. техн. наук, доцент

Стукалов С.Б.

С-88 Оптико-электронные технологии на транспорте: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ./ С.Б. Стукалов. – Воронеж: ООО «МИР», 2019. – 60 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины « Оптико-электронные технологии на транспорте» по учебному плану для студентов V курса специальности 25.05.03 всех форм обучения.

Пособие подготовлено в соответствии с программой по курсу дисциплины «Оптико-электронные технологии на транспорте» и требованиями государственного образовательного стандарта высшего образования.

Задания на выполнения лабораторных работ охватывают комплекс вопросов, связанных с использованием оптико-электронных технологий на транспорте. Для выполнения заданий предлагается использовать лабораторные станции NI ELVIS с модулями расширения Emona FOTEx. Это позволяет наглядно представить информацию, необходимую для качественного исследования характеристик и свойств источников оптического излучения, принципов передачи информации в типовых линиях оптико-электронных устройств.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры 15.01.2019 г.
и методического совета 22.01.2019 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 12.03.2019 г.

Формат 60x84/16 Печ.л. 3 Усл. печ. л. 3,49

Заказ 423/090429 Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Отпечатано ООО «МИР»

394033, г. Воронеж, Ленинский пр-т 119А, лит. Я, оф. 215

ЗАДАНИЯ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Организационно-методические указания

Задания предназначены для подготовки и выполнения лабораторных работ по дисциплине «Опτικο-электронные технологии на транспорте». Содержат описания лабораторных установок, порядок выполнения работ, контрольные вопросы для проверки и самопроверки.

Ознакомление с заданием на лабораторную работу и методикой ее выполнения, подготовка отчетов осуществляются перед выполнением экспериментальных исследований. Накануне занятий обучающиеся в составе учебной группы прибывают в лабораторию, изучают меры безопасности при выполнении работы, порядок выполнения работы, знакомятся с рабочим местом, лабораторной установкой *NI ELVIS*, модулями расширения *Emona FOTEx*, измерительными приборами (рис.1).

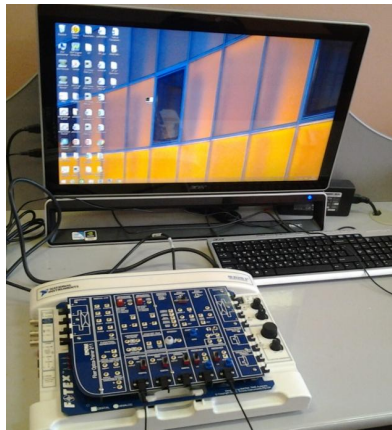


Рис.1. Рабочее место с лабораторной установкой

Категорически запрещается:

1. Смотреть прямо на светодиодные источники красного и зеленого цвета, в торец оптических проводников.
2. Касаться руками оголенных проводов и частей приборов после подачи напряжения на рабочем месте.
3. Производить изменения в схеме при подключенных источниках питания.
4. Выполнять работы, не предусмотренные заданием.

Лабораторная работа № 1. **Исследование характеристик и свойств источников излучения оптико-электронных устройств**

Цель работы: исследование характеристик и свойств источников оптического излучения, применяемых для передачи информации в оптико-электронных устройствах.

Краткие сведения по работе лабораторной установки

Задачей источников излучения оптико-электронных устройств является передача информации при помощи оптического излучения. Такие источники устанавливаются в оптических модулях передачи.

В лабораторных установках передатчики *FOTEx (Transmitter Modules)* *Emona FOTEx* содержит три оптических модуля передачи, которые используются для передачи информации через оптоволоконные кабели. Источником излучения в них являются светодиоды. Оптические модули передачи преобразовывают аналоговую или цифровую информацию из электрической формы в световую. Оптическая информация может быть передана через оптоволоконный кабель. Два модуля передачи используют в качестве источников оптического излучения красный и зеленый светодиоды.

Оптические модули передачи могут работать в цифровом и аналоговом режимах. Работу модулей можно сравнить с лампой фонарика и лампой системы освещения с регулятором яркости. Фонарик можно только включать или выключать. Именно так работают передатчики лабораторной установки в цифровом режиме (у каждого модуля есть переключатель режимов). Это позволяет им передавать цифровую информацию (например, ИКМ-сигнал) в оптоволоконный кабель. В аналоговом режиме передатчики лабораторной установки работают как лампы системы освещения с регулятором яркости. Могут быть установлены на любой уровень яркости между минимумом и максимумом. Яркость светодиодов модулей передачи управляется значением напряжения на аналоговом входе передатчика. Чем меньше аналоговое напряжение, тем ниже уровень яркости светодиода. Чем больше напряжение, тем больше и яркость. Аналоговый режим позволяет модулю передачи передавать аналоговую информацию через оптоволоконный кабель.

Необходимо указать на два важных момента об аналоговом режиме работы источников оптического излучения.

Первое, аналоговые сигналы являются биполярными. В таких процессах напряжение изменяется между положительным и отрицательным значениями. Однако светодиоды могут работать с напряжением только одной полярности. Поэтому, чтобы весь цикл синусоиды мог быть преобразован в свет, модуль передачи сдвигает сигнал на входе на 2,5 В, прежде чем использовать его для управления светодиодами.

Второе. Как только пиковая амплитуда входного сигнала превысит 5 В, будет достигнут предел возможностей светодиодов. То есть светодиоды не могут загореться ярче или потускнеть сильнее. Результатом будет обрезание вершин сигнала на выходе приемника.

В состав лабораторной установки *Emona FOTEx* входит два модуля приема, которые используются для приема информации. Приемники преобразуют информацию в электрический сигнал. Используемые стандартные датчики света реагируют на весь спектр видимого света, поэтому приемники могут работать и с красными, и с зелеными световыми сигналами, передаваемыми по оптоволокну.

Информация преобразуется из световой энергии в электрическую. Уровень сигнала усиливается с помощью усилителя. В лабораторных установках предусмотрена плавная и грубая регулировка усиления, что позволяет избежать насыщения сигнала, когда потери малы. Это позволяет обеспечить достаточное усиление при значительных потерях.

При преобразовании информации из световой в электрическую форму получается биполярный сигнал. Этот сигнал после усиления можно использовать на аналоговом выходе модуля. Если по оптоволокну передается цифровой сигнал, то сигнал после усиления, полученный на выходе приемника, не подойдет для цифровых входов со стандартной униполярной логикой ТТЛ (5 В для «1», 0 В для «0»). Для применения к цифровым выходам, приемники преобразуют полученный сигнал в стандартные уровни ТТЛ.

В лабораторной работе исследуется работа оптических излучателей в аналоговом и цифровом режимах.

Меры предосторожности

Хотя источниками оптического излучения в передатчиках и приемниках лабораторной установки являются светодиоды, а не лазеры, ***не смотрите*** на светодиодные источники красного и зеленого цвета и прямо в торец оптического проводника.

Оборудование

- Персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением.
- *NI ELVIS II* с *USB*-кабелем и блоком питания.
- Модуль расширения *Emona FOTEx* для выполнения экспериментов.
- Набор соединительных оптических проводников.
- Набор соединительных электрических проводников.

Порядок работы

Часть 1. Исследование оптических излучателей модулей передачи

В первой части эксперимента исследуется работа оптических передатчиков *Emona FOTEx*, используя сигналы сначала в виде *постоянного напряжения*, затем в виде *низкочастотного треугольного напряжения*.

Сборка схемы выполняется при помощи функциональных блоков на панели лабораторной станции *NI ELVIS* (рис.1).



Рис.1. Функциональные блоки *Emona FOTEx*,

1. Включите питание *NI ELVIS II*, выключатель расположен на задней стенке устройства, затем включите питание макетной платы, этот выключатель расположен в правом верхнем углу рядом с индикатором питания.
2. Включите компьютер и дайте ему загрузиться.
3. Запустите программу *NI ELVISmx*.
4. Запустите виртуальный прибор *NI ELVIS II Variable Power Supply* (Регулируемый источник питания).
5. Установите на выходе регулируемого источника питания положительного напряжения уровень, равный 0 В.
6. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение **DIGITAL**(цифровой). Для выполнения исследований, используется структурная схема рис.2.

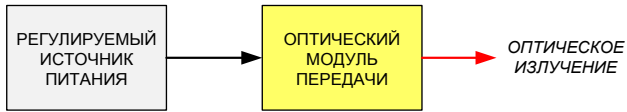


Рис.2. Структурная схема соединений оптического модуля передачи с источником питания

7. Соберите схему соединений, показанную на рис. 3 используя, передатчик, выбранный на предыдущем этапе.

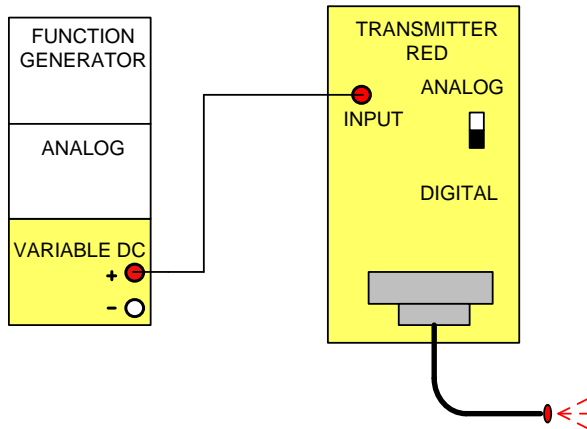


Рис.3. Схема соединений оптического модуля передачи с источником питания

Не беспокойтесь, что один конец оптического проводника ни к чему не подключен.

Рабочее напряжение, подаваемое на светодиод, регулируется источником постоянного напряжения (источник питания). При помощи светодиода формируется оптическое излучение красного цвета.

8. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену, лист бумаги или свою ладонь, чтобы увидеть свет на конце проводника.

9. Увеличивайте уровень напряжения на выходе регулируемого источника положительного питания, пока не включится светодиод передатчика.

10. Изменяйте уровень положительного напряжения на выходе регулируемого источника питания, оставаясь выше уровня, включившего светодиод

Вы должны увидеть, что интенсивность света светодиода передатчика не изменяется.

Вопрос 1. Почему при передаче цифровых данных по оптоволокну важно, чтобы интенсивность света не изменялась?

11. Верните уровень напряжения на выходе регулируемого источника положительного питания на 0 В.

12. Увеличивайте уровень напряжения на выходе регулируемого источника положительного питания с шагом 0,1 В и определите точное значение напряжения, при котором включается светодиод. Запишите это значение в таблицу 1.

Таблица 1

Пороговое напряжение для перехода в «1»	Пороговое напряжение для перехода в «0»

Вопрос 2. Обратите внимание, что пороговые напряжения для изменения логического уровня на 0 и на 1 различаются. Это называется эффект гистерезиса. Это сделано специально (когда передатчик работает в цифровом режиме), почему?

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

13. Закройте панель регулируемого источника питания.

14. Запустите виртуальный прибор *NI ELVIS II Function Generator* (Генератор функций).

15. Настройте функциональный генератор с помощью виртуальных элементов управления для получения сигнала со следующими параметрами:

- *Wave shape* (Форма сигнала): *Triangular* (Треугольная).
- *Frequency* (Частота): 0,5 Гц.
- *Amplitude* (Пиковая амплитуда): 5 В.
- *DC Offset* (Смещение по постоянному току): 0 В.

16. Установите переключатель режимов *Mode* передатчика в положение **ANALOG** (Аналоговый).

17. Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.4.

18. Соберите схему соединений, показанную на рис. 5 используя, генератор функций.

19. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену и т.д.

Вы должны увидеть, что интенсивность света меняется между минимумом и максимумом с постоянной скоростью.

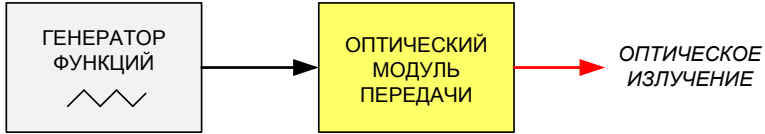


Рис.4. Структурная схема соединений оптического модуля передачи с генератором функций

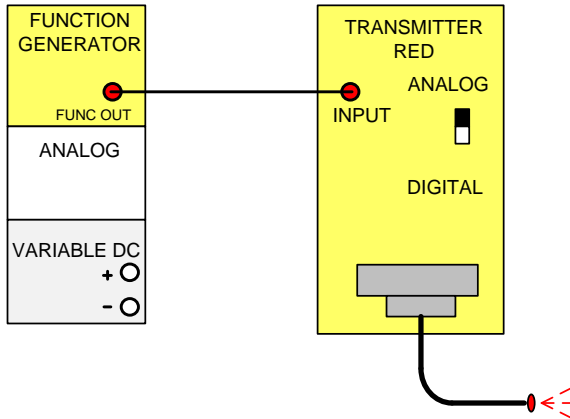


Рис.5. Схема соединений оптического модуля передачи с генератором функций

Вопрос 3. Сколько уровней интенсивности между минимумом и максимумом имеет светодиод?

20. Увеличьте частоту сигнала на выходе генератора функций до 5 Гц, 10 Гц, 20 Гц, 30 Гц и 50 Гц. Наблюдайте эффект от этих изменений на поведение светодиода.

Вопрос 4. Почему на высоких частотах кажется, будто светодиод перестает вспыхивать?

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

21. Верните частоту сигнала на выходе генератора функций на 0,5 Гц.

22. Увеличьте амплитуду сигнала на выходе генератора функций до 10 В.

Вопрос 5. Что изменилось в поведении светодиода?

Совет: Если вы не уверены, временно верните амплитуду сигнала с генератора на значение 5 В.

Вопрос 6. Какое искажение эта проблема вызовет на стороне приемника?

23. Верните амплитуду генератора функций на значение 5 В.

24. Замените передатчик с красным светодиодом на передатчик с **зеленым** светодиодом.

Убедитесь, что переключатель режимов Mode передатчика с зеленым светодиодом стоит в положении ANALOG.

25. Повторите выполнение с п.19 по п.22. Обратите внимание на отличия между передатчиками с красным и зеленым светодиодом.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Часть 2. Исследование свойств оптического излучения при передаче аналогового сигнала

В следующей части эксперимента вам необходимо исследовать работу модулей линии передачи по извлечению аналоговой информации из оптического излучения.

26. Настройте функциональный генератор с помощью виртуальных элементов управления для получения сигнала со следующими параметрами:

- *Wave shape* (Форма сигнала): *Sine* (Синусоидальная).
- *Frequency* (Частота): 1 Гц.
- *Amplitude* (Пиковая амплитуда): 5 В.
- *DC Offset* (Смещение по постоянному току): 0 В.

27. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение *ANALOG*.

28. Выберите один из приемников и установите его *Gain Range* (Диапазон усиления) на *LO*.

29. Поверните ручку *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника против часовой стрелки до упора.

30. Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.6.

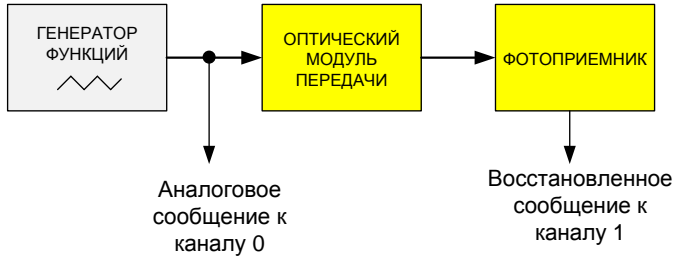


Рис.6. Структурная схема оптического модуля передачи при передаче аналогового сообщения

Для моделирования аналогового сообщения используется генератор функций. Передатчик с красным светодиодом преобразует сообщение в свет и передает по оптоволоконному кабелю на приемник, где он преобразуется обратно в электрический сигнал.

31. Соберите схему, как показано на рис.7, используя настроенные вами модули.

Черные штекеры кабелей осциллографа вставьте в гнезда заземления (GND).

32. Внимательно рассмотрите заднюю часть оптических разъемов используемых вами приемника и передатчика.

Хотя внешняя оболочка не даст вам увидеть свет в кабеле, вы все равно сможете увидеть передаваемые и принимаемые сигналы на оптическом разъеме.

33. Запустите панель осциллографа *NI ELVIS II*.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

34. Увеличивайте амплитуду сообщения (то есть напряжение на выходе генератора функций) с шагом в 1 В, пока не достигнете 10 В, и наблюдайте эффект.

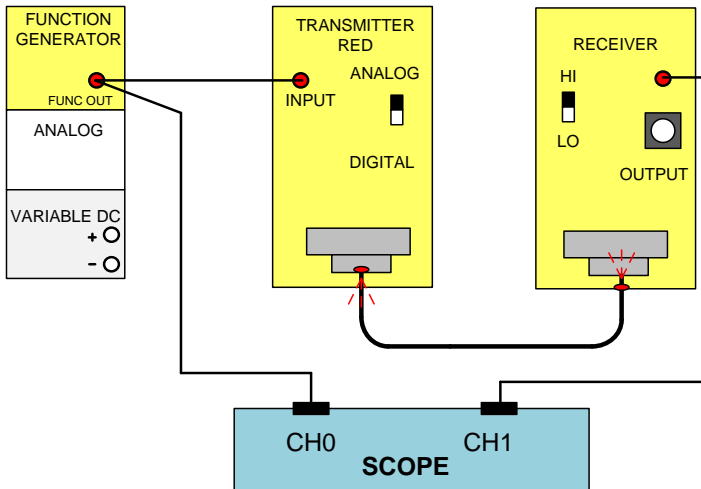


Рис.7. Схема соединений оптического модуля передачи с фотоприемником

Вопрос 7. Как называется искажение, появляющееся на выходе приемника?

Вопрос 8. Что вызывает искажение нижних пиков сигнала?

Вопрос 9. Что вызывает искажение верхних пиков сигнала?

Вопрос 10. Как вы считаете, будет ли приемник, принимающий оптическое излучение от зеленого светодиода вести себя по-другому, чем приемник, принимающий оптическое излучение от красного светодиода при выполнении тестов эксперимента? Поясните ваш ответ.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Часть 3. Исследование свойств оптического излучения при передаче цифрового сигнала

В следующей части эксперимента вам предстоит исследовать работу модулей линии передачи по извлечению цифровой информации из оптического излучения.

35. Закройте панель генератора функций. Разберите собранную схему.

36. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение *DIGITAL* (Цифровой).

37. Выберите один из приемников и установите его *Gain Range* (Диапазон усиления) на *LO*.

38. Поверните ручку *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника против часовой стрелки до упора.

39. Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.8.

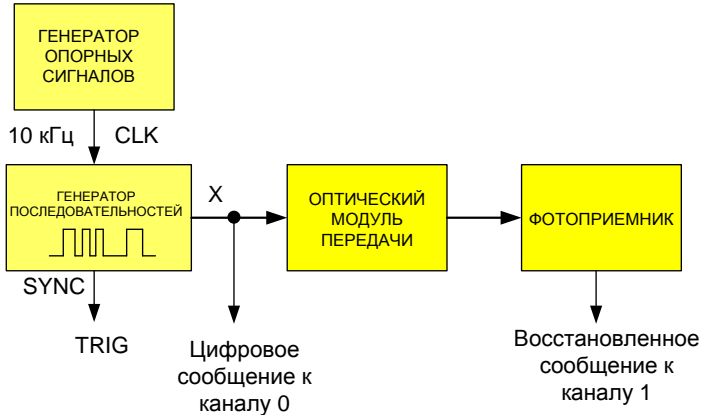


Рис.8. Структурная схема оптического модуля передачи при передаче цифрового сообщения

Сигнал с выхода 10 kHz *DIGITAL* генератора опорных сигналов используется для тактирования Генератора последовательностей, который выдает цифровые ТТЛ-данные на выходе X. Этот генератор последовательностей периодически подает на выход 31-разрядную последовательность данных, что позволяет стабилизировать изображение на экране осциллографа, используя в качестве сигнала запуска осциллографа импульсы с выхода *SYNC* генератора последовательностей. Далее этот цифровой сигнал используется как сообщение для передатчика с красным светодиодом, преобразуя сигнал в свет и передавая по оптоволоконному кабелю на приемник, который преобразует свет обратно в электрический сигнал.

40. Соберите схему, как показано на рис. 9.

Вопрос 11. По вашему мнению, что изменилось бы, если бы вы наблюдали сигнал на аналоговом выходе приемника, а не на цифровом?

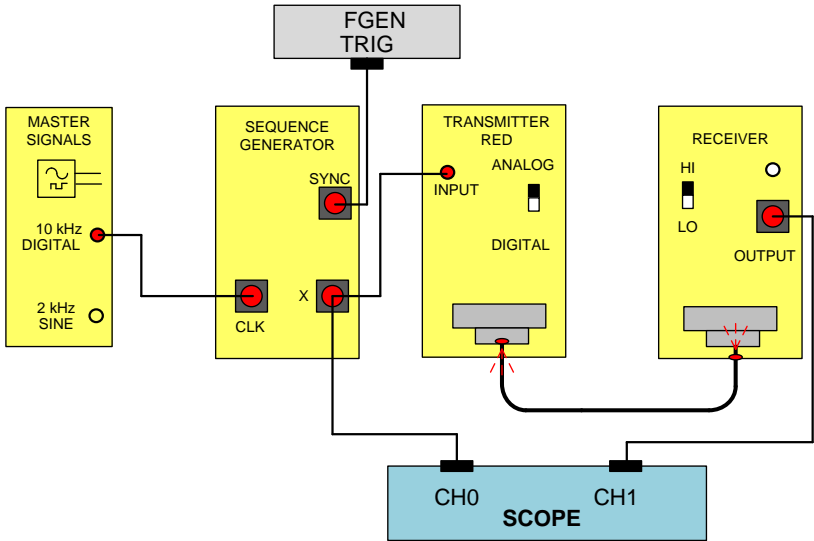


Рис.9. Схема соединений оптического модуля передачи при передаче цифрового сообщения

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы исследуемых устройств.
2. Схемы соединений исследуемых устройств
3. Результаты исследований в таблице 1.
4. Осциллограммы наблюдаемых процессов.
5. Ответы на вопросы.
6. Выводы по работе.

Литература

1. Стукалов С.Б., Петров В.И., Болелов Э.А. Оптико-электронные технологии на воздушном транспорте. - М.: ИД Академии Н.Е.Жуковского: Учебное пособие. 2018. –76 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии . М. Техносфера, 2013. –126 с.

Лабораторная работа № 2. Исследование фильтрации, объединения и разделения оптических сигналов в оптико-электронных устройствах

Цель работы: исследовать работу устройств, обеспечивающих совместную работу нескольких оптико-электронных линий передачи информации.

Краткие сведения по работе лабораторной установки

Обеспечение фильтрации оптического излучения

Современные оптико-электронные системы позволяют передавать большой объем информации от большого количества источников. Существует несколько способов обеспечения совместной работы нескольких источников и приемников. Для этого применяют спектральное разделение каналов.

В оптических системах фильтрации необходимы фильтры, чтобы пропускать свет с одной длиной волны и задерживать остальные. В лабораторных установках используют красные и зеленые светофильтры. Красный светофильтр пропускает на выход красный свет относительно нетронутым, но ослабляет другие, в том числе зеленый. Зеленый светофильтр пропускает зеленый свет, но задерживает красный.

Обеспечение разделения и сложения оптического излучения

Для обеспечения сложения или разделения оптического излучения используют разветвители. Конструкция разветвителя со сваренными сердцевинами схематично показана на рис. 1.

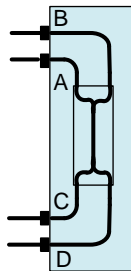


Рис.1. Конструкция разветвителя

Устройство содержит четыре порта (то есть входа-выхода), которые обозначаются буквами алфавита от А до D. Порты А и D – концы одного из световодов, поэтому световой сигнал, поданный на один порт, должен появлять-

ся на другом. Оптическое излучение из порта А появляется в порту D, и наоборот. Аналогично, порты В и С – концы другого световода, потому световой сигнал, поданный в один из них, появляется в другом (то есть, из В в С и из С в В). Сварка сердцевин световодов позволяет оптическому излучению легко передаваться между ними в одной точке разветвителя. Таким образом, получают дополнительные пути сигналов: от А к С, от С к А, от В к D, от D к В. Большая часть оптического излучения проходит по световоду непосредственно (от А к D), чем косвенно (от А к С). Это значит, на выходах будет наблюдаться различие в интенсивности светового сигнала (на выходах с непосредственной связью с источником свет будет ярче). Поэтому, прямые сигнальные пути называются сильными маршрутами (путями), а косвенные слабыми. Разветвитель также может использоваться для сложения оптических сигналов.

Меры предосторожности

Хотя источниками оптического излучения в передатчиках и приемниках лабораторной установки являются светодиоды, а не лазеры, ***не смотрите*** прямо в торец оптического проводника.

Оборудование

- Персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением.
- *NI ELVIS II* с *USB*-кабелем и блоком питания.
- Модуль расширения *Emona FOTEx* для выполнения экспериментов.
- Набор соединительных оптических проводников.
- Набор соединительных электрических проводников.

Порядок работы

Часть 1. Исследование фильтрации оптических сигналов

1. Включите питание *NI ELVIS II*, выключатель расположен на задней стенке устройства, затем включите питание макетной платы, этот выключатель расположен в правом верхнем углу рядом с индикатором питания.
2. Включите компьютер и дайте ему загрузиться.
3. Запустите программу *NI ELVISmx*.
4. Запустите виртуальный прибор *NI ELVIS II Function Generator* (Генератор функций).
5. Настройте функциональный генератор с помощью виртуальных элементов

управления для получения сигнала со следующими параметрами:

- *Wave shape* (Форма сигнала): *Sine* (Синусоидальная)

- *Frequency* (Частота): 1 Гц
- *Amplitude* (Пиковая амплитуда): 4 В
- *DC Offset* (Смещение по постоянному току): 0 В

6. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение *ANALOG* (Аналоговый).

7. Соберите схему, показанную на рис. 2, используя передатчик, выбранный вами на предыдущем шаге.

Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.2.

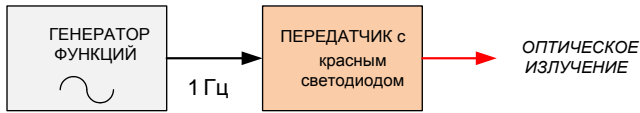


Рис.2. Структурная схема оптического модуля передачи

На входе передатчика с красным светодиодом - низкочастотная синусоида с выхода генератора функций.

8. Соберите схему, показанную на рис. 2, используя передатчик, выбранный вами на предыдущем шаге.

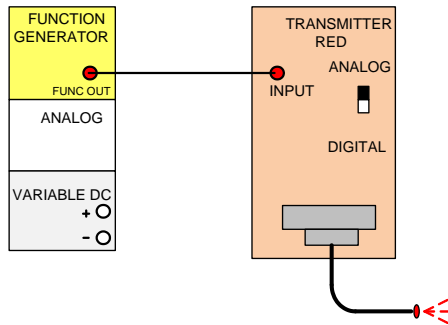


Рис.2. Схема соединений оптического модуля передачи с генератором функций

Не беспокойтесь, что один конец оптического проводника ни к чему не подключен.

9. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену, лист бумаги или свою ладонь, чтобы увидеть свет на конце проводника.

10. Убедитесь, что красный свет на конце проводника пульсирует примерно раз в секунду.

Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.3. Выход передатчика с красным светодиодом теперь подключен ко входу красного светофильтра.

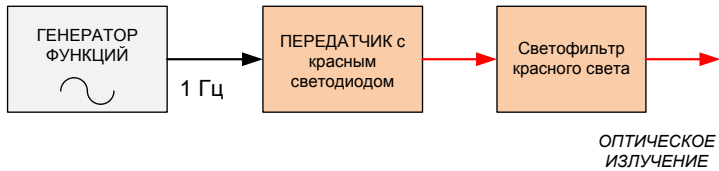


Рис.3. Структурная схема оптического передатчика со светофильтром красного света

11. Соберите схему, показанную на рис. 4, используя передатчик и светофильтр.

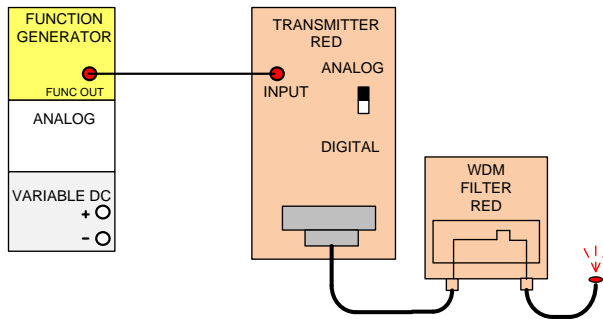


Рис.4. Схема соединений оптического модуля передачи с красным светофильтром

12. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену и т.д. Вы снова должны увидеть красный свет, пульсирующий примерно раз в секунду.

13. Замените красный светофильтр **зеленым**. Соберите схему соединений, как показано на рис. 5.

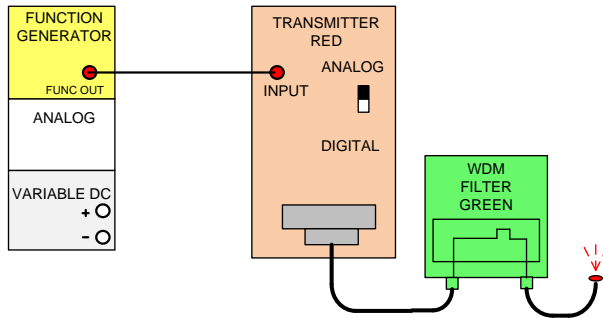


Рис.5. Схема соединений оптического модуля передачи с зеленым светофильтром

14. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену и т.д., чтобы увидеть сигнал на выходе зеленого светофильтра. Вы должны видеть более слабый пульсирующий красный свет.

Вопрос 1. Почему красный свет виден через **зеленый** фильтр?

15. Увеличьте частоту сообщения (то есть сигнала на выходе генератора функций) до 1000 Гц.

16. Выберите один из приемников и установите его элемент управления Gain Range (Диапазон усиления) на LO.

17. Поверните регулятор *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.

18. Соберите схему, как показано на рис. 6, используя **красный** светофильтр.

Передатчик с красным светодиодом преобразует информационное сообщение в свет. При помощи оптических проводников обеспечивается передача оптического излучения на красный светофильтр. После фильтрации оптическое излучение поступает на фотоприемник и преобразуется в электрический сигнал. Сигнал на выходе приемника должен представлять собой копию сообщения.

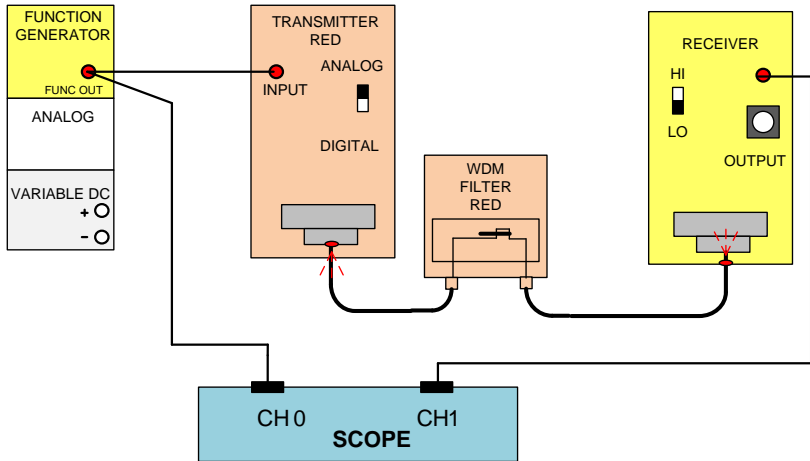


Рис.6. Схема соединений оптического модуля передачи с красным светофильтром и фотоприемником

19. Замените красный светофильтр зеленым, как показано на рис. 7.

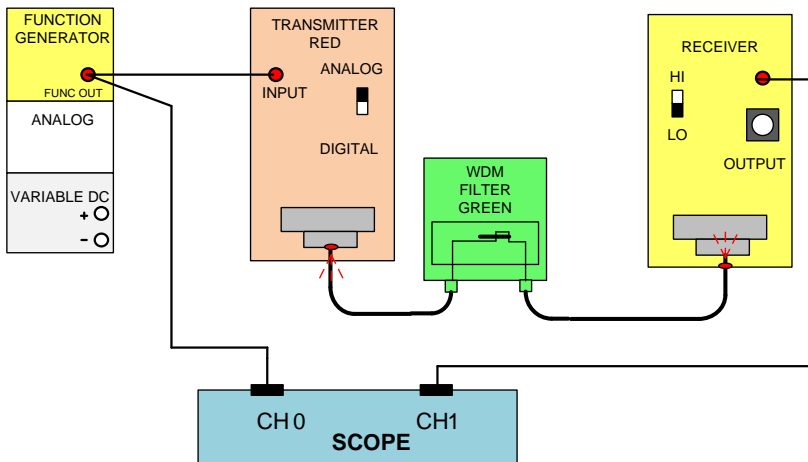


Рис.7. Схема соединений оптического модуля передачи с фотоприемником и зеленым светофильтром

Отличием схемы является замена красного светофильтра на зеленый светофильтр.

20. Выполните регистрацию выходного сигнала приемника.

Вопрос 2. Почему при регистрации сигнала кажется, что на выходе приемника нет копии сообщения?

21. Чтобы убедиться, что этот сигнал – копия сообщения, а не шум, на мгновение отсоедините любой конец оптического проводника. Когда вы это сделаете, копия сообщения должна пропасть с экрана.

Вопрос 3. Почему приемник все равно восстанавливает сообщение, хотя используется зеленый фильтр?

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Часть 2. Исследование разделения оптических сигналов

Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.8.

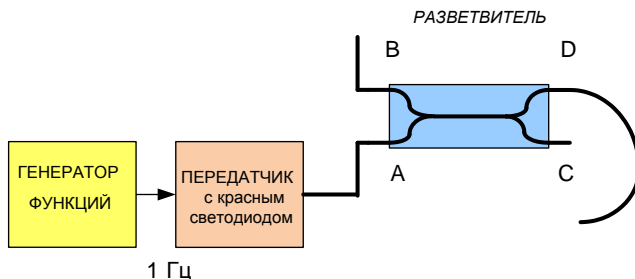


Рис.8. Структурная схема линии с разветвителем

22. Установите частоту генератора функций равной 1 Гц.

23. Настройте функциональный генератор с помощью виртуальных элементов управления для получения сигнала со следующими параметрами:

- *Wave shape* (Форма сигнала): Sine (Синусоидальная).
- *Amplitude* (Пиковая амплитуда): 4 В.
- *DC Offset* (Смещение по постоянному току): 0 В.

24. Соберите схему рис.9.

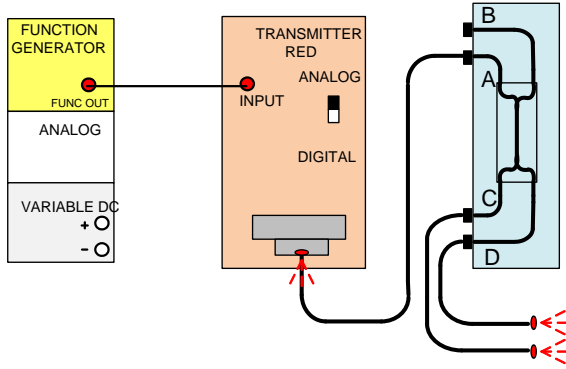


Рис.9. Схема соединения соединения передатчика с разветвителем с выходами C и D

32. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену и т.п.

Вы должны увидеть красный свет, пульсирующий примерно раз в секунду, на выходах C и D. Это разделенная световая энергия с выхода A.

33. Сравните яркость светового сигнала на выходах. Можно ли визуально определить разницу между сильным и слабым путями?

34. Измените схему, как показано на рис. 10.

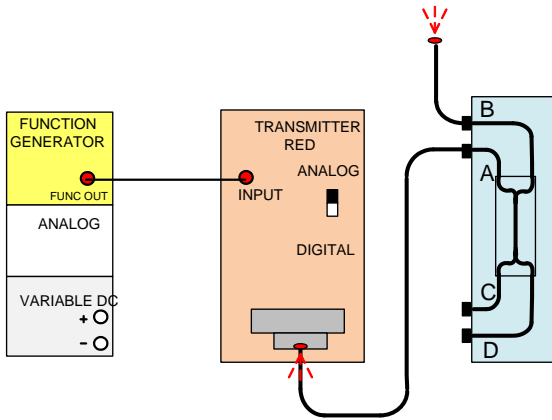


Рис.10. Схема соединения соединения передатчика с разветвителем (выход B)

35. Направьте свободный конец оптического проводника на стол, стену и т.п.

Вы должны увидеть красный свет, пульсирующий примерно раз в секунду, в порту В.

Вопрос 4

Почему на выходе порта В появился сигнал, хотя этот порт находится на той же стороне, что и порт А?

36. Выберите один из приемников и установите его элемент управления *Gain Range* (Диапазон усиления) на LO.

37. Поверните регулятор *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.

Эти две настройки модулей приемников устанавливают одинаковые уровни усиления.

38. Увеличьте частоту сообщения (то есть, сигнала на выходе генератора функций) до 1000 Гц.

39. Преобразуйте схему, как показано на рис. 11.

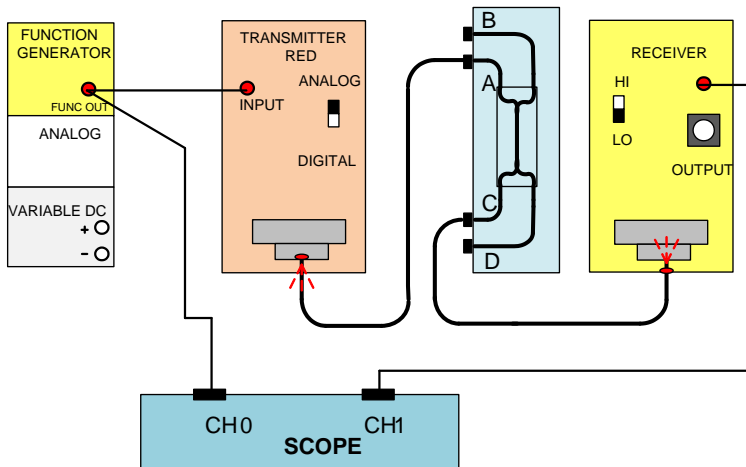


Рис.11. Схема соединения соединения передатчика с разветвителем (выход С)

Аналоговый сигнал, моделируемый генератором функций, преобразуется в свет передатчиком с красным светодиодом и передается в порт А разветвитель-

ля. Разветвитель разделяет оптический сигнал на два сигнала, доступные на портах C и D. С порта C сигнал поступает на вход приемника.

40. Измерьте пиковую амплитуду сигнала на выходе приемника. Запишите полученное значение в таблицу 2 .

41. Измените подключение канала 1, как показано на рис. 12, используя тот же модуль приемника.

42. Рассмотрите осциллограммы сигналов сообщения и его копии.

Теперь сигнал на выходе приемника - копия сообщения, полученная с порта D разветвителя.

43. Измерьте амплитуду сигнала на выходе приемника. Запишите полученное значение в таблицу 2.

Таблица 2

Сигнал с выхода <i>C</i>	Сигнал с выхода <i>D</i>

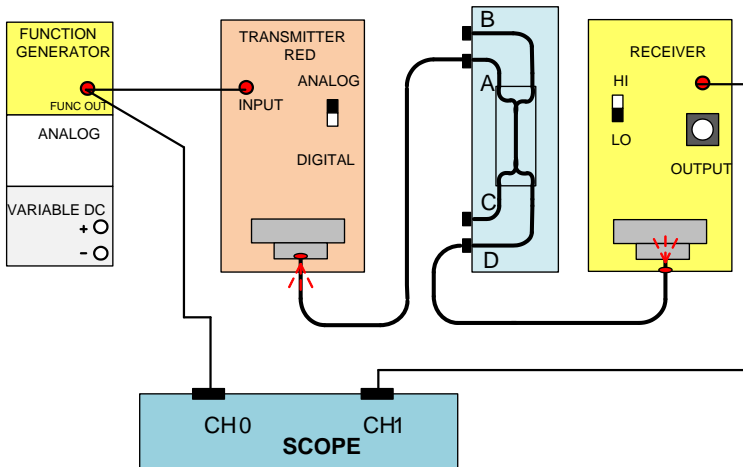


Рис.12. Схема соединения передатчика с разветвителем (выход D)

Вопрос 5. Почему копия сообщения с порта C меньше, чем копия с порта D?

Вопрос 6. Какое простое изменение необходимо совершить в схеме, чтобы значения сигналов с портов C и D поменять местами?

Часть 2. Исследование сложения оптических сигналов

44. Для продолжения дальнейших исследований понадобится структурная схема рис.13. Два передатчика с красными светодиодами используются для преобразования в свет двух сигналов (аналогового и цифрового). Эти сигналы поступают на порты А и В разветвителя и одновременно доступны на портах С и D.

45. Соберите схему соединений, как показано на рис. 13.

46. Выберите один из передатчиков с **красным** светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение *ANALOG* (Аналоговый).

47. Установите переключатель режимов *Mode* другого передатчика с красным светодиодом в положение *DIGITAL* (Цифровой).

48. Установите элемент управления *Gain Range* (Диапазон усиления) обоих приемников на *LO*.

49. Поверните регулятор *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) обоих приемников по часовой стрелке до упора.

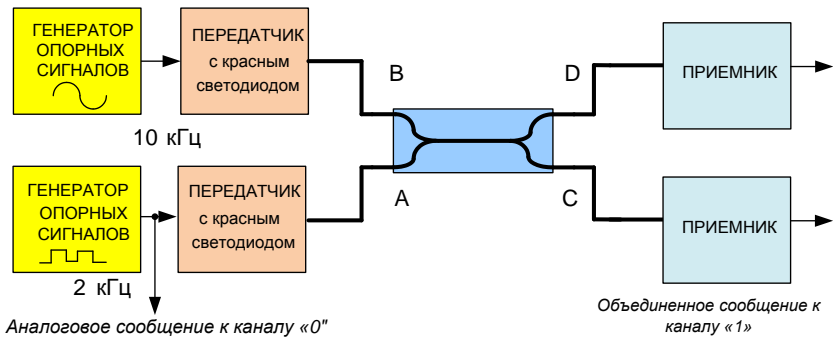


Рис.13. Структурная схема исследования сложения сигналов

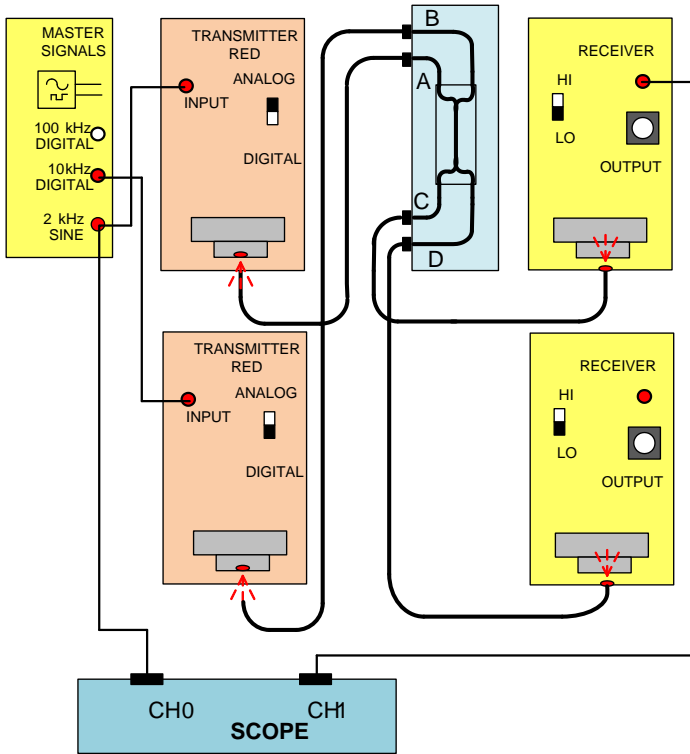


Рис.14. Структурная схема сложения сигналов

Осциллограф должен показывать исходное сообщение и его копию на выходе приемника (сигнал с порта С разветвителя).

50. Чтобы убедиться, что сигнал на выходе разветвителя представляет собой комбинацию двух сообщений, по очереди отсоедините оптический проводник от каждого из передатчиков.

Когда вы это делаете, на экране будет видна копия одного или другого сообщения.

Вопрос 7. Объясните, почему объединенный сигнал выглядит таким образом.

Вопрос 8. Какое из двух сообщений идет по слабому пути к порту С?

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы исследуемых устройств.
2. Схемы соединений исследуемых устройств
3. Осциллограммы наблюдаемых процессов.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы по работе.

Литература

1. Стукалов С.Б., Петров В.И., Болелов Э.А. Оптико-электронные технологии на воздушном транспорте. - М.: ИД Академии Н.Е.Жуковского: Учебное пособие. 2018. –76 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии . М. Техносфера, 2013. –126 с.

Лабораторная работа № 3.

Исследование принципов передачи информации в типовых линиях оптико-электронных устройств

Цель работы: исследование принципов передачи информации оптико-электронными устройствами.

Краткие сведения по работе лабораторной установки

Особенностью оптического излучения, распространяющегося через оптоволокно, является то, что на излучение, перемещающееся в одном направлении, практически не влияет на излучение, перемещающееся по тому же оптоволокну в другом направлении. Например, если посветить двумя фонариками, их лучи не будут мешать друг другу.

Способность оптического излучения перемещаться по оптоволокну в обоих направлениях, не мешая друг другу, позволяет создавать при помощи оптико-электронных устройств линии связи. Такие линии связи применяются в авиационном наземном и бортовом оборудовании. При этом к каждому концу оптического кабеля необходимо подключить передатчик и приемник для передачи и приема оптических сигналов. Для этого используется устройство, называемое циркулятором. Однако циркуляторы для пластиковых оптоволоконных систем дороги (что лишает смысла само использование пластика). Более дешевый вариант позволяет использовать два оптических разветвителя, но при этом увеличиваются потери и перекрестные наводки. Оптический разветвитель – устройство с 4-мя портами, обозначенными по алфавиту от А до D. Сигнал, подаваемый на один порт, появляется на двух других на противоположном конце разветвителя (хотя сигнал на выходе одного порта значительно сильнее, чем на выходе другого). Например, сигнал, поступивший на порт А, разделится между портами D (сильный путь) и С (слабый путь). Оптический проводник – двунаправленное устройство. Сигнал, поступивший на порты С и D разделяется между портами А и В. Это происходит даже в том случае, если в это же время к портам А и/или В передается другой сигнал. Это свойство разветвителей позволяет создавать двунаправленные оптические системы. На рис. 1 показана структурная схема линии передачи информации по оптическому кабелю между двумя станциями, использующая подобные устройства.

Передатчик станции 1 соединен с каналом по слабому пути его разветвителя (от В к D). Сигнал от передатчика передается к приемнику станции 2 по сильному пути собственного разветвителя (от В к С). В то же время передатчик станции 2 подключен к каналу по слабому пути своего разветвителя (от D к В). Сигнал, направляемый к приемнику станции 1, передается по сильному пути (от D к А).

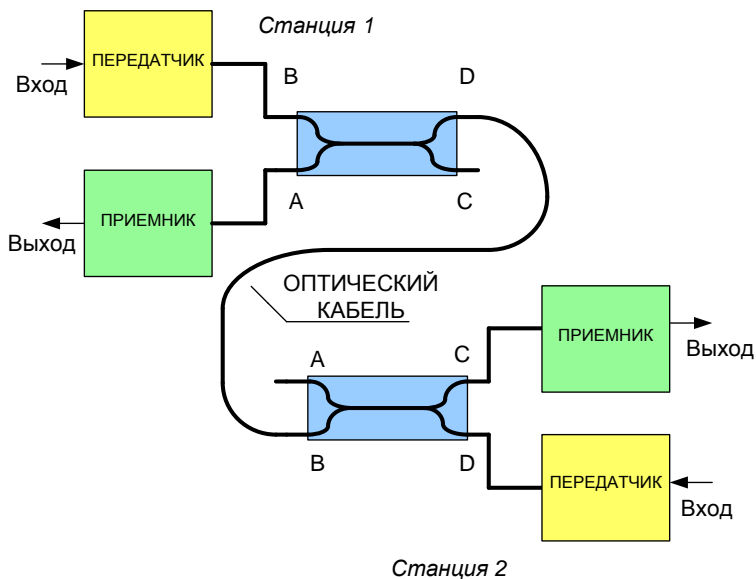


Рис.1. Структурная схема двухсторонней линии передачи информации

Меры предосторожности

Хотя источниками оптического излучения в передатчиках и приемниках лабораторной установки являются светодиоды, а не лазеры, ***не смотрите*** прямо в торец оптического проводника.

Оборудование

- Персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением.
- NI ELVIS II с USB-кабелем и блоком питания.
- Модуль расширения *Emona FOTE χ* для выполнения экспериментов.
- Набор соединительных оптических проводников.
- Набор соединительных электрических проводников.

Порядок работы

Часть 1. Исследование однонаправленной оптоволоконной системы связи

1. Включите питание *NI ELVIS II*, выключатель расположен на задней стенке устройства, затем включите питание макетной платы, этот выключатель расположен в правом верхнем углу рядом с индикатором питания.
2. Включите компьютер и дайте ему загрузиться.
3. Запустите программу *NI ELVISmx*.
4. Запустите виртуальный прибор *NI ELVIS II Variable Power Supply* (Регулируемый источник питания).
5. Установите на выходе регулируемого источника питания положительного напряжения уровень, равный 0 В.
6. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение *ANAOLG* (Аналоговый). Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.2.

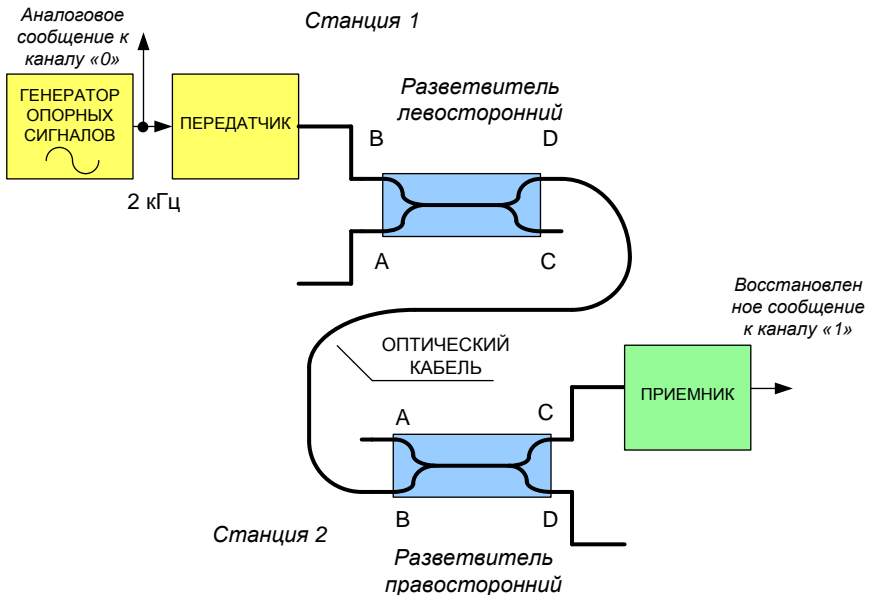


Рис.2. Структурная схема линии передачи информации

7. Выберите один из приемников и установите его элемент управления *Gain Range* (диапазон усиления) на *HI*.
8. Поверните регулятор *Variable Gain* (регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.
9. Соберите схему, как показано на рис. 3.

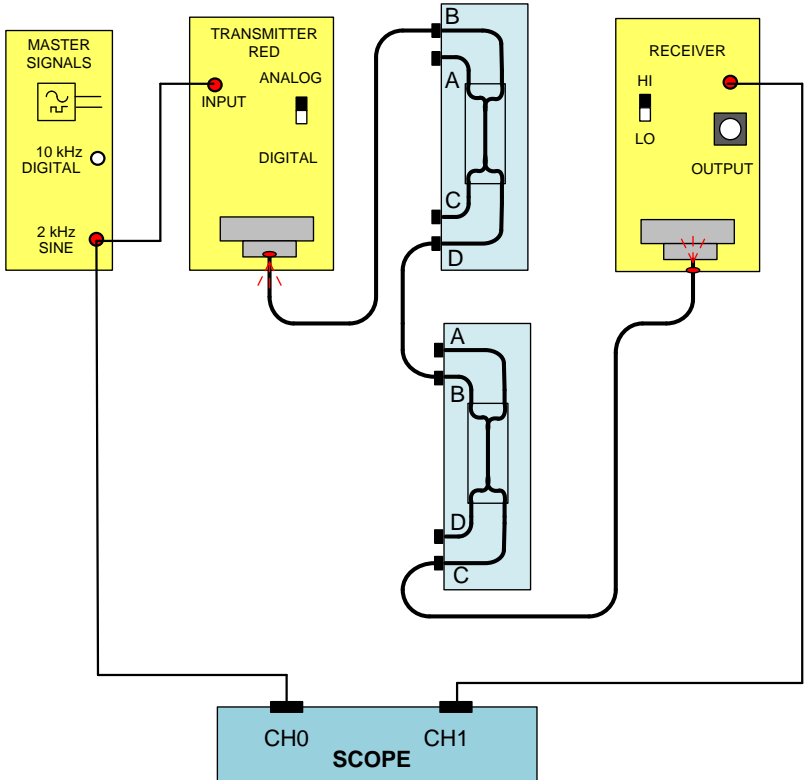


Рис.3. Схема соединений линии передачи информации

Станция 1 играет роль передатчика в однонаправленной системе связи, а станция 2 – приемника. Аналоговое сообщение моделируется сигналом с выхода 2kHz SINE генератора опорных сигналов. Канал между станциями реализован в виде оптического проводника между левосторонним и правосторонним разветвителями. Оптические проводники между разветвителем и приемником, а также между разветвителем и передатчиком представляют собой внутренние соединения станции.

Если вы правильно собрали схему, вы должны увидеть копию сообщения примерно той же амплитуды. Зарегистрируйте показания осциллографа.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

Часть 2. Исследование схемы в двунаправленную оптоволоконную систему связи

Для преобразования уже имеющейся схемы в двунаправленную потребуются еще по одному приемнику и передатчику. В следующей части эксперимента вы реализуете такую систему связи.

10. Установите переключатель режимов *Mode* второго передатчика с красным светодиодом в положение *DIGITAL* (Цифровой).

11. Установите элемент управления *Gain Range* (Диапазон усиления) второго приемника на *LO*.

12. Поверните регулятор *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого же приемника примерно до середины.

13. Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.4. Обе станции и передают, и получают информацию. Для контраста сообщение станции 2 – цифровой сигнал, генерируется генератором последовательностей с частотой битовой синхронизации 100 кГц. Канал (моделируемый оптическим проводником между левосторонним и правосторонним разветвителями) теперь передает информацию в обоих направлениях.

14. Измените схему, как показано на рис.5. Зарегистрируйте сигнал цифрового сообщения и сигнал его восстановленной версии на выходе станции 1. Зарисуйте наблюдаемые осциллограммы.

Если схема собрана верно и осциллограф настроен правильно, вы должны увидеть два цифровых сигнала одинаковой амплитуды.

Вопрос 1. В каком направлении передается аналоговый сигнал?

- От станции 1 к станции 2
- От станции 2 к станции 1

Вопрос 2. В каком направлении передается цифровой сигнал?

- От станции 1 к станции 2.
- От станции 2 к станции 1.

Вопрос 3. Сколько оптических проводников используются для моделирования канала?

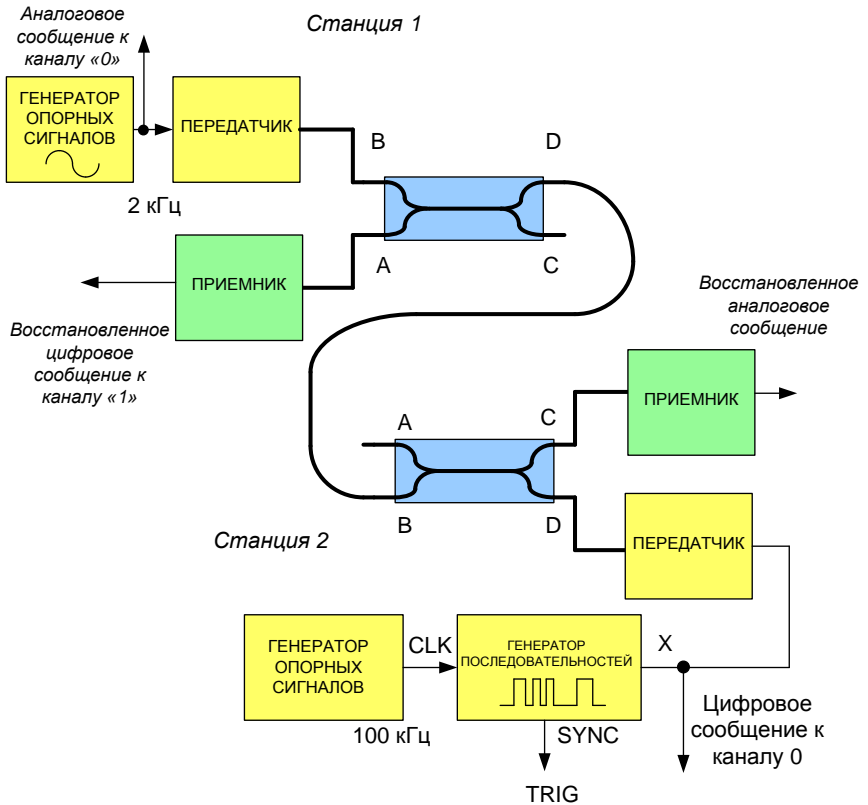


Рис.4. Структурная схема линии передачи информации

15. Измените подключение осциллографа, как показано на рис. 6.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

16. Зарегистрируйте сигнал аналогового сообщения и его восстановленную копию. Зарисуйте наблюдаемые осциллограммы.

Вопрос 5. Какой из разветвителей вызывает эту проблему и почему?

Вы должны увидеть, что восстановленная копия сигнала теперь искажена.

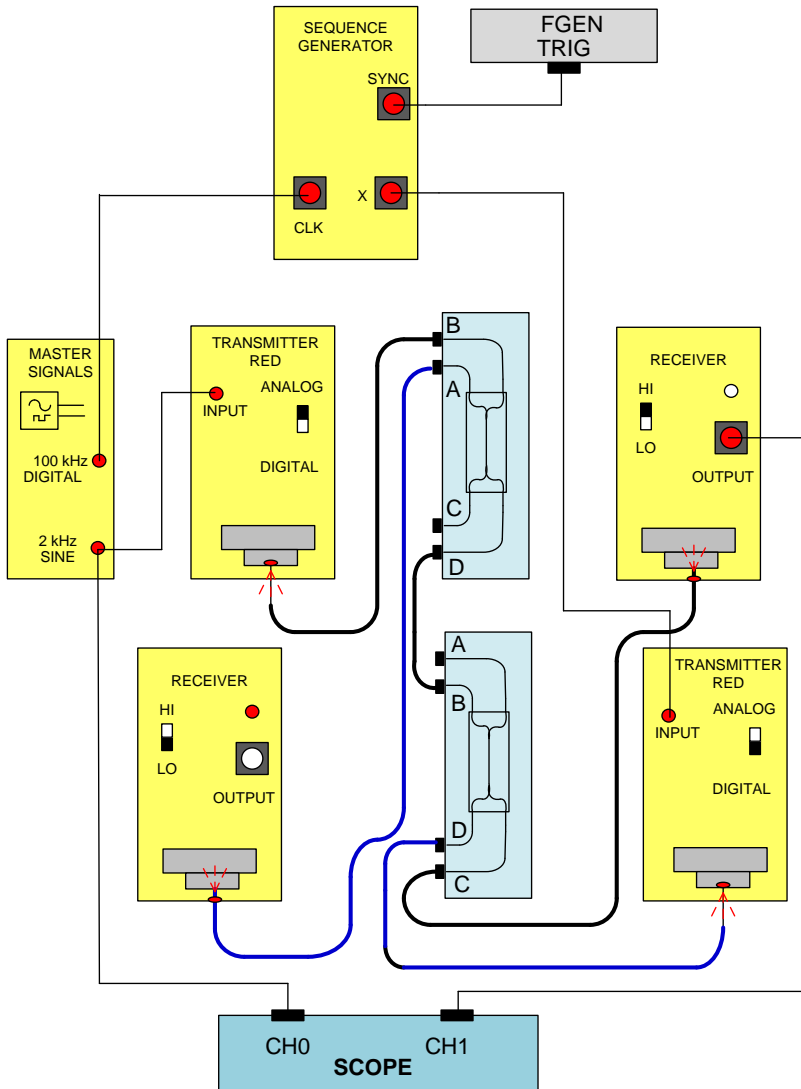


Рис.5. Схема соединений двухсторонней линии передачи информации (цифровой выход)

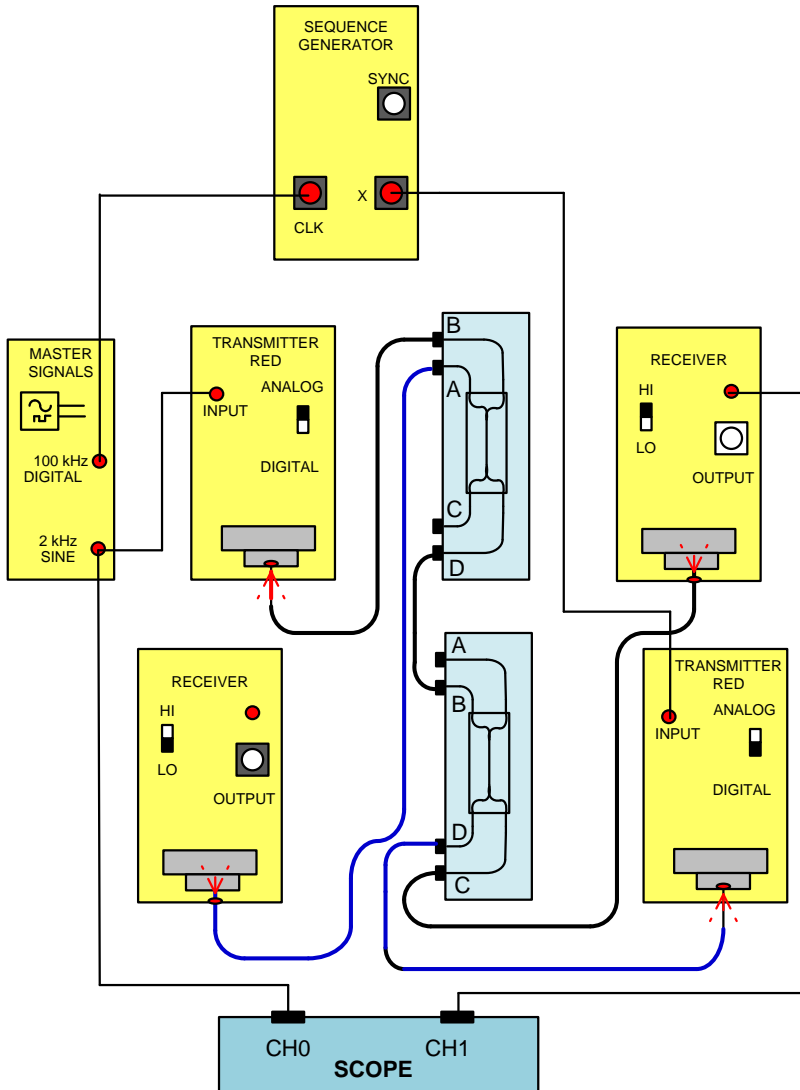


Рис.6. Схема соединений двухсторонней линии передачи информации (аналоговый выход)

Вопрос 4. Как вы видите, цифровое сообщение частично накладывается на аналоговое. Как называется эта проблема?

Вопрос 5. Как можно очистить аналоговое сообщение?

Вопрос 6. При каких условиях это решение будет непригодно для собранной схемы?

Вопрос 7. Почему при восстановлении цифрового сигнала (на выходе станции 1) не возникало такой проблемы?

Вопрос 8. Какой или какие оптические проводники теперь передают информацию в обоих направлениях?

Обратите внимание на физическую природу оптической среды и на то, как она отличается от электрических сигналов, движущихся по электрическому проводнику. С двунаправленным электрическим сигналом тока, образованные потоками электронов и протекающие в противоположных направлениях, вычитаются один из другого, и отличительные особенности сигналов пропадают. В оптической среде фотоны света являются независимыми элементами, которые практически не взаимодействуют с другими элементами в канале.

Важно отметить, что это верно, даже когда оба оптических сигнала имеют одинаковую полосу частот и если они передаются в противоположных направлениях. Однако, если они имеют одну и ту же полосу частот и передаются в одном направлении, их невозможно будет разделить на выходе приемника.

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы исследуемых устройств.
2. Схемы соединений исследуемых устройств
3. Осциллограммы наблюдаемых процессов.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы по работе.

Литература

1. Стукалов С.Б., Петров В.И., Болелов Э.А. Оптико-электронные технологии на воздушном транспорте. - М.: ИД Академии Н.Е.Жуковского: Учебное пособие. 2018. –76 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии . М. Техносфера, 2013. –126 с.

Лабораторная работа № 4. Исследование принципов уплотнения информации в волоконно-оптических системах связи

Цель работы: исследование принципов одновременной передачи информации несколькими источниками в волоконно-оптических линиях.

Краткие сведения по работе лабораторной установки

Один источник оптического излучения может быть использован для совместного использования оптоволоконного канала несколькими пользователями. Это достигается использованием спектрального и временного уплотнения каналов, импульсно-кодовой модуляцией. Спектральное уплотнение подразумевает подключение нескольких пользователей к каналу с помощью независимых источников света с различной длиной волны. Для уплотнения сначала световой сигнал должен быть разделен по длине волны при помощи оптических фильтров, затем направлен на соответствующий приемник. Спектральное уплотнение можно смоделировать при помощи двух оптических разветвителей, как показано на рис. 1.

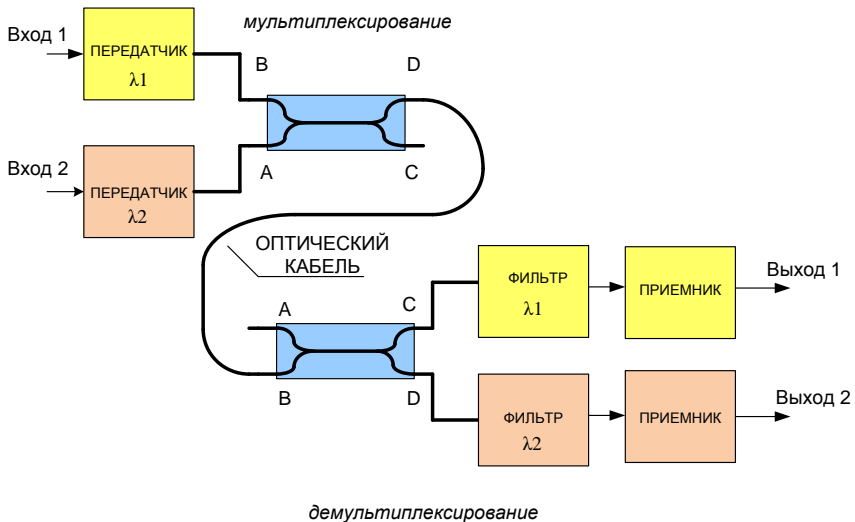


Рис.1. Структурная схема линии со спектральным уплотнением

Один передатчик подключает пользователя к порту В, а другой передатчик подключает второго пользователя к порту А разветвителя. Свет от обоих сиг-

налов появляется одновременно на портах С и D, т.к. разветвители обладает свойством объединения оптических сигналов. Два световых сигнала проходят по сильному пути одного из разветвителей и по слабому пути другого. Проложение света по слабому пути разветвителя приводит к потерям.

Меры предосторожности

Хотя источниками оптического излучения в передатчиках и приемниках лабораторной установки являются светодиоды, а не лазеры, ***не смотрите*** прямо в торец оптического проводника.

Оборудование

- Персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением.
- *NI ELVIS II* с *USB*-кабелем и блоком питания.
- Модуль расширения *Emona FOTEx* для выполнения экспериментов.
- Набор соединительных оптических проводников.
- Набор соединительных электрических проводников.

Порядок работы

Часть 1. Исследование спектрального уплотнения в оптических системах

1. Включите питание *NI ELVIS II*, выключатель расположен на задней стенке устройства, затем включите питание макетной платы, этот выключатель расположен в правом верхнем углу рядом с индикатором питания.
 2. Включите компьютер и дайте ему загрузиться.
 3. Запустите программу *NI ELVISmx*.
 4. Выберите один из передатчиков с красным светодиодом и установите его переключатель режимов *Mode* в положение ***ANAOLG*** (Аналоговый).
 5. Выберите один из приемников и установите его элемент управления ***Gain Range*** (Диапазон усиления) на ***HI***.
 6. Поверните ручку ***Variable Gain*** (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.
- Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.2.

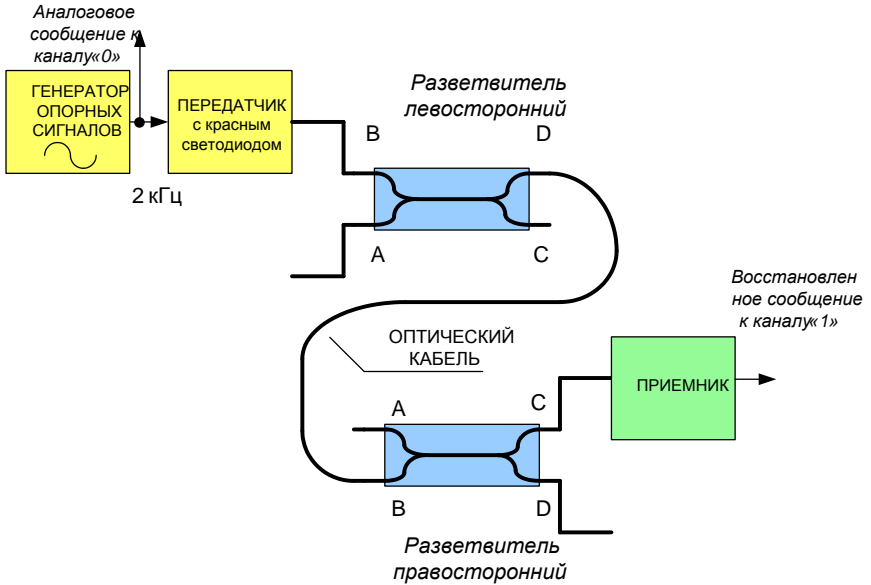


Рис.2. Структурная схема линии передачи аналогового сигнала

Аналоговое сообщение генерируется на выходе 2 кГц *SINE* генератора опорных сигналов.

7. Соберите схему, как показано на рис. 3, используя приемник и передатчик.

Если вы правильно собрали схему, сигналы, регистрируемые двумя каналами осциллографов должны быть одинаковой амплитуды и фазы. Зарисуйте осциллограммы.

Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.4. Теперь по оптическому каналу передаются два сигнала – аналогового сообщения и цифрового сообщения (сигнал с выхода 10 кГц *DIGITAL* генератора опорных сигналов).

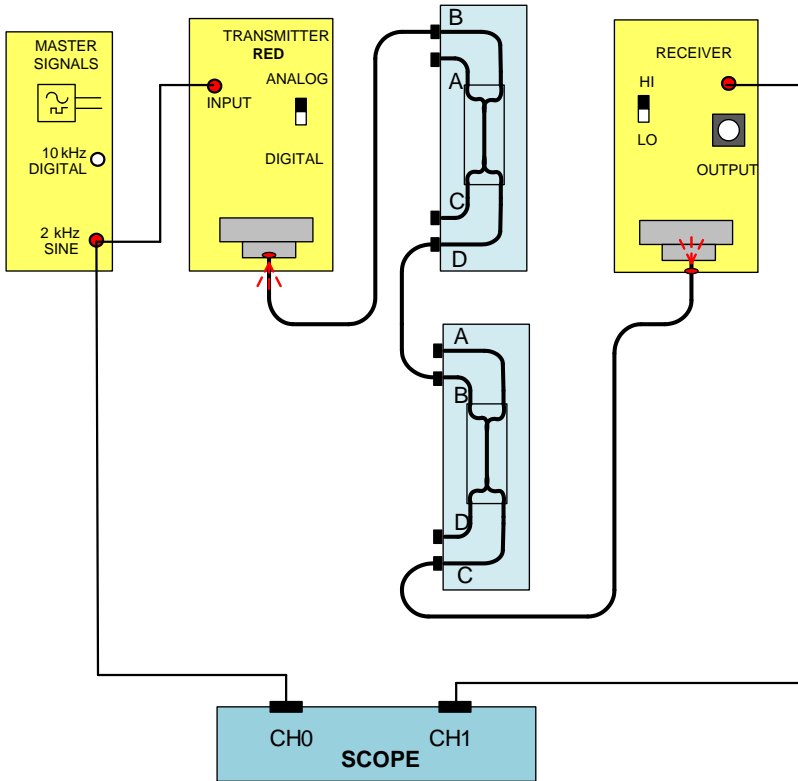


Рис.3. Схема соединений линии передачи аналогового сигнала

8. Измените схему соединений и соедините, как показано на рис. 5.
9. Установите переключатель режимов *Mode* передатчика с зеленым светодиодом в положение *DIGITAL* (Цифровой).
10. Зарегистрируйте сигнал на выходе приемника.

Вы должны увидеть искаженную версию сигнала, ранее наблюдаемого при выполнении. Зарисуйте осциллограммы.

Вопрос 1. Опишите увиденный вами сигнал.

Вопрос 2. Каким образом разветвители вызвали это искажение?

Чтобы подтвердить свой ответ на вопрос, отсоедините оптический проводник от приемника. Направьте свободный конец оптического проводника

на стол, стену, белую бумагу и т.п., чтобы увидеть световой сигнал, исходящий из световода.

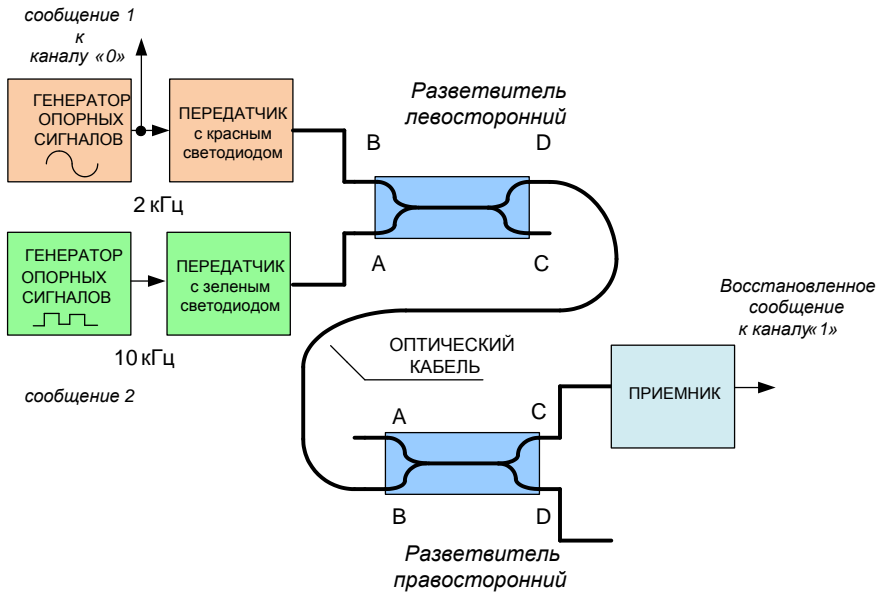


Рис.4. Структурная схема линии передачи аналогового и цифрового сигналов без светофильтров

На мгновение отсоедините оптический проводник, ведущий к передатчику с красным светодиодом, и наблюдайте за эффектом.

Будьте внимательны, изменения довольно сложно заметить.

11. На мгновение отсоедините оптический проводник, ведущий к передатчику с зеленым светодиодом, и наблюдайте за эффектом.

12. Подключите обратно проводник, ведущий к передатчику, и не забудьте вернуть на место и два других.

Вопрос 3. Почему приемник не может просто выбрать один из двух сигналов и подавить другой?

Вопрос 4. Какой модуль нужно использовать, чтобы приемник преобразовывал в электрический только один световой сигнал, а не оба сразу?

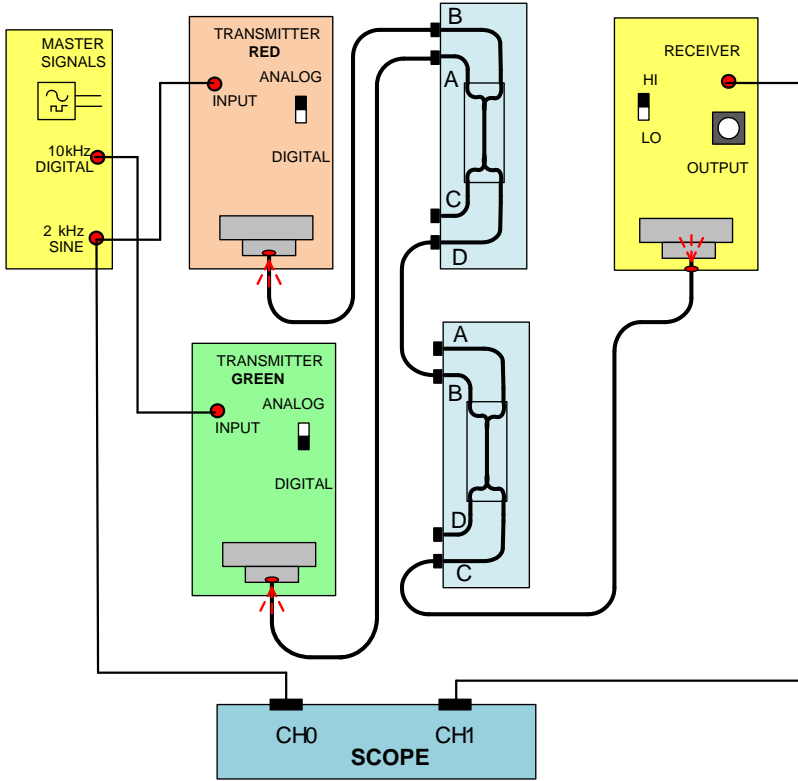


Рис.5. Схема соединений линии передачи аналогового и цифрового сигналов без светофильтров

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.6.

Между портом С правого разветвителя и входом приемника появился фильтр. Это сделано, чтобы приемник мог восстанавливать только аналоговое сообщение (Информация 1).

13. Измените схему, как показано на рис. 7.

14. Зарегистрируйте сигнал на выходе приемника.

Вы должны увидеть только восстановленную Информацию 1.

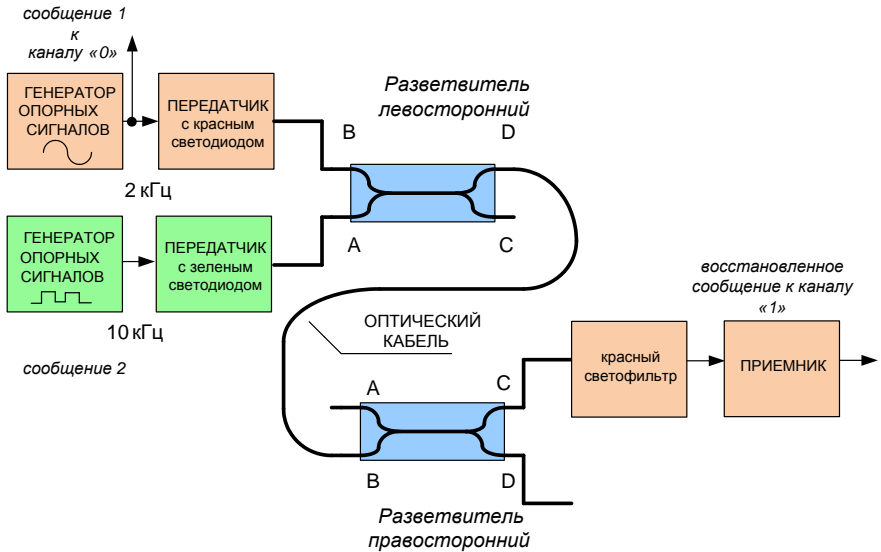


Рис.6. Структурная схема линии передачи аналогового и цифрового сигналов с красным светофильтром

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Часть 2. Исследование двухканальной системы со спектральным уплотнением

Для преобразования собранной схемы в двухканальную систему со спектральным уплотнением потребуются дополнительный фильтр и приемник. Фильтр, используемый для приема на втором канале, должен блокировать красный свет и пропускать на приемник только зеленый свет. В следующей части эксперимента вы это проделаете.

15. Возьмите неиспользуемый приемник и установите его элемент управления *Gain Range* (Диапазон усиления) на *HI*.

16. Поверните регулятор *Variable Gain* (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.

17. Измените схему и соедините, как показано на рис. 4.

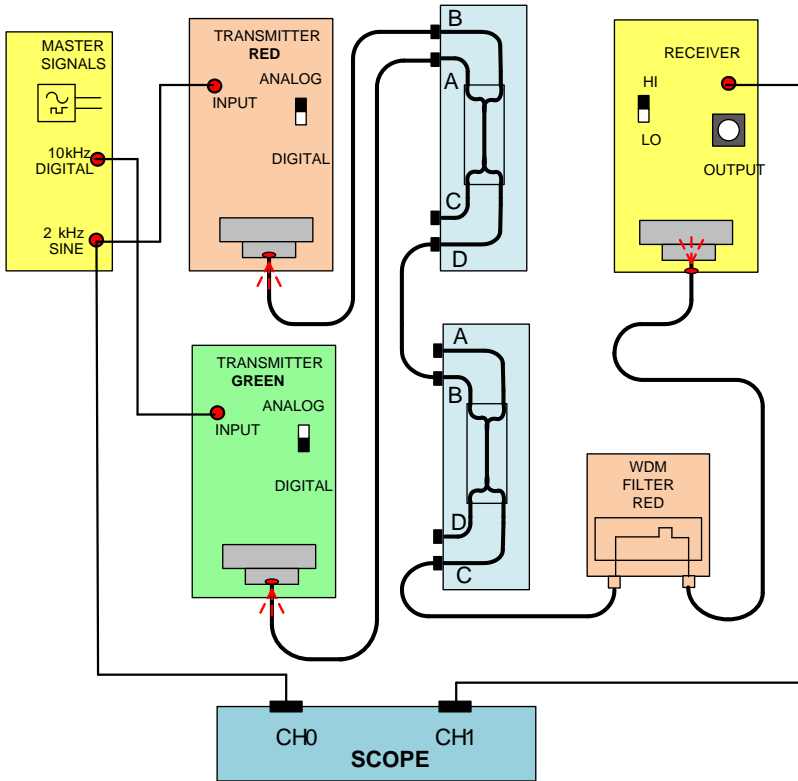


Рис.7. Схема соединений линии передачи аналогового и цифрового сигналов с красным светофильтром

Прежде не использовавшийся порт D правого разветвителя подключен к зеленому светофильтру, который пропускает на второй приемник только зеленый свет. На выходе этого приемника будет копия Информации 2.

18. Зарегистрируйте осциллограммы сообщения 2 и его восстановленной копии на выходе второго приемника.

Если схема была собрана верно, вы должны увидеть два сигнала прямоугольной формы частотой 10 кГц одинаковой амплитуды.. Зарисуйте осциллограммы.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

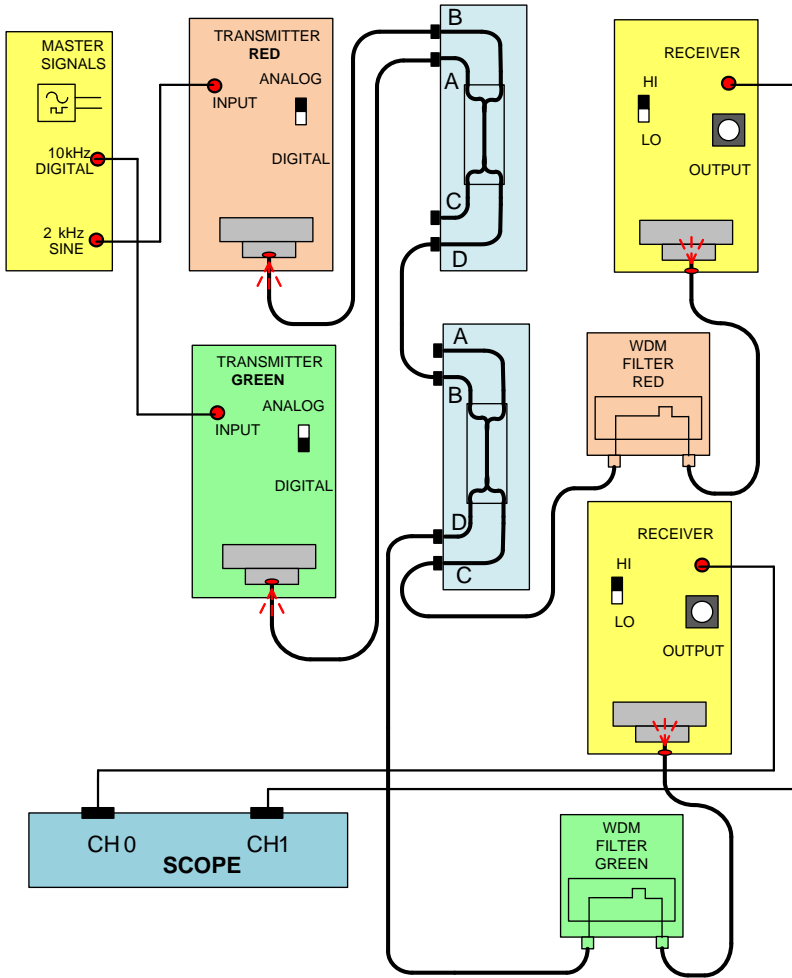


Рис.8. Схема соединений линии со спектральным уплотнением

Часть 3. Исследование комбинированной системы

Комбинированная система связи использует спектральное, временное уплотнение, импульсно-кодовую модуляцию и обеспечивает увеличение количества пользователей волоконно-оптического канала. Для выполнения эксперимента соберите схему, представленную на рис.9.

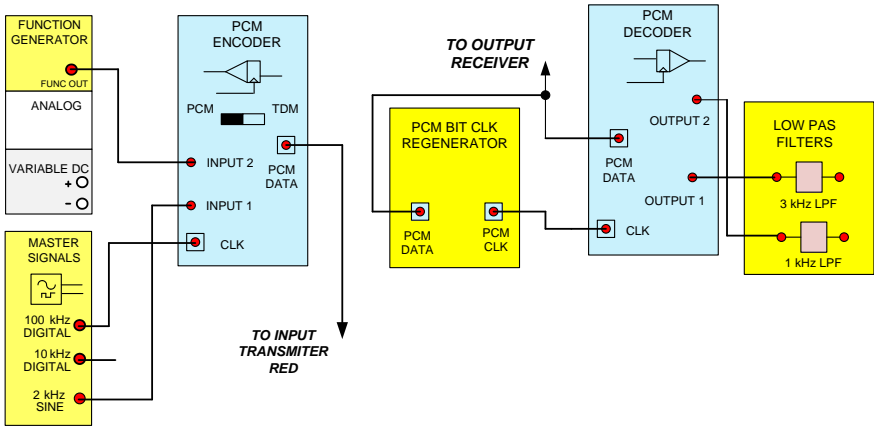


Рис.9. Схема соединений комбинированного канала

Подсоедините провода для передатчика и приемника к ранее собранной схеме со спектральным уплотнением.

19. Запустите *Function Generator* (Генератор функций).

20. Настройте функциональный генератор с помощью виртуальных элементов управления для получения сигнала со следующими параметрами:

- *Wave shape* (Форма сигнала): Sine (Синусоидальная)
- *Frequency* (Частота): 1 кГц
- *Amplitude* (Пиковая амплитуда): 4 В
- *DC Offset* (Смещение по постоянному току): 0 В

21. Установите переключатель режимов *Mode* используемого передатчика с красным светодиодом в положение *DIGITAL* (Цифровой).

По оптическому каналу передаются три сообщения. Информация 1 и 2 – аналоговые сигналы с выхода *2 kHz SINE* генератора опорных сигналов и генератора функций (настроенного на синусоиду с частотой 1 кГц) соответственно. Эти сообщения кодируются методом *PCM-TDM* ИКМ-кодером, и цифровые данные посылаются по каналу с использованием красного света. Третье сообщение моделируется на выходе *10 kHz DIGITAL* генератора опорных сигналов и посылается по каналу с использованием зеленого света, как и раньше.

На принимающем конце красный свет, содержащий данные *PCM-TDM*, проходит через красный светофильтр и посылается на ИКМ-декодер, где демultiplexируется и декодируется, после чего посылается на фильтр для восстановления исходных аналоговых сообщений. Локальные синхросигналы ИКМ-декодера извлекаются из сигнала ИКМ-данных с помощью восстановителя битовой синхронизации.

Зеленый свет, содержащий Информацию 3, фильтруется зеленым светофильтром и доступен на выходе подключенного к нему приемника.

22. Проверьте, продолжает ли система восстанавливать цифровое сообщение (Сообщение 3).

23. Зарегистрируйте аналоговую Информацию 2 и его восстановленную версию на выходе ФНЧ с частотой среза 1 кГц.

Если вы правильно собрали схему и настроили осциллограф, вы должны увидеть две синусоиды частотой 1 кГц.

24. Зарегистрируйте аналоговую Информацию 1 и его восстановленную версию на выходе ФНЧ с частотой среза 3 кГц.

Если вы правильно собрали схему и настроили осциллограф, вы должны увидеть две синусоиды частотой 2 кГц (хотя восстановленный сигнал будет слегка искажен).

Зная, какой объем информации передается по каналу, можете ли вы представить сложность светового сигнала? Далее вы сможете это увидеть.

25. Зарегистрируйте сигнал на выходе нижнего приемника.

Этот сигнал – электрический эквивалент необработанной световой информации, передающейся по каналу.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы исследуемых устройств.
2. Схемы соединений исследуемых устройств
3. Осциллограммы наблюдаемых процессов.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы по работе.

Литература

1. Стукалов С.Б., Петров В.И., Болелов Э.А. Оптико-электронные технологии на воздушном транспорте. - М.: ИД Академии Н.Е.Жуковского: Учебное пособие. 2018. –76 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии . М. Техносфера, 2013. –126 с.

Лабораторная работа №5.
Исследование принципов измерения контрольных параметров типовых оптико-электронных устройств

Цель работы: исследовать принципы измерения контрольных параметров оптико-электронных устройств.

Краткие сведения по методике выполнения измерений

При конструировании и эксплуатации оптико-электронных устройств учитываются потери в различных видах стекловолоконных материалов и конструкций, потерь при различных длинах волны, при различных методах подключения и сращивания световодов, и как различаются потери при использовании различных фильтров, разветвителей, циркуляторов и т.п. Снижение оптических потерь позволяет существенно улучшить технические характеристики устройств.

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо количественно оценить оптические потери в типовых устройствах.

Потери (или ослабление) выражается в децибелах (дБ) и рассчитываются по следующей формуле:

$$— ,$$

где P_1 - мощность сигнала, P_2 - мощность опорного сигнала.

Потери могут рассчитываться, используя напряжение по формуле:

$$— ,$$

где U_1 - мощность сигнала, U_2 - мощность опорного сигнала.

Существенным источником потерь могут стать соединения оптических кабелей, на что влияют физические факторы, вроде: наложения сердцевин световодов, выравнивание осей световодов, расстояние между световодами и потери на отражение в конце световода. Вызванные этими факторами потери могут быть минимизированы осторожным сращиванием проводников.

В лабораторных установках используются разъемы. Эти разъемы имеют стандартные вносимые потери в 2 дБ. Однако эта величина может существенно меняться в зависимости от ориентации разъема. То есть, поскольку разъем - это механическое соединение, просто поворот разъема может изме-

нить некоторые, если не все, физические факторы, перечисленные выше, что, в свою очередь, может изменить величину потерь.

Светофильтры представляют собой полосовые фильтры, которые отличаются цветом пропускаемого сигнала. То есть они пропускают свет, лежащий в определенной полосе длины волн, относительно свободно (полоса пропускания), но не пропускают свет в зонах подавления (с длиной волны выше или ниже полосы пропускания). Разъемы и оптические свойства самих светофильтров вызывают стандартные потери, равные 6 дБ и 7 дБ для красного и зеленого фильтра соответственно.

Оптоволоконный разветвитель - это устройство с четырьмя портами, которое разделяет сигнал, пришедший на один его порт, между тремя остальными. Один из этих портов получает наибольшее количество света и потому называется сильным. Второй порт получает тоже значительный объем света, но меньше, чем первый, и потому называется слабым портом. Третий порт получает небольшое количество нежелательной отраженной энергии, что может мешать правильной работе оптической системы.

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо исследовать методику изменения потерь в оптическом проводнике из-за ориентации разъема. Необходимо измерить потери красного и зеленого светофильтра внутри и за пределами их полосы пропускания и сравните с указанными значениями. Необходимо оценить потери между портами на сильном и слабом пути разветвителя, а также обратное отражение одного из разветвителей.

Меры предосторожности

Хотя источниками оптического излучения в передатчиках и приемниках лабораторной установки являются светодиоды, а не лазеры, **не смотрите** прямо в торец оптического проводника.

Оборудование

- Персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением.
- NI ELVIS II с USB-кабелем и блоком питания.
- Модуль расширения *Emona FOTEx* для выполнения экспериментов.
- Набор соединительных оптических проводников.
- Набор соединительных электрических проводников.

Порядок работы

Часть 1. Исследование изменения потерь на разъемах при разной ориентации

1. Включите питание *NI ELVIS II*, выключатель расположен на задней стенке устройства, затем включите питание макетной платы, этот выключатель расположен в правом верхнем углу рядом с индикатором питания.
 2. Включите компьютер и дайте ему загрузиться.
 3. Запустите программу *NI ELVISmx*.
 4. Выберите один из передатчиков с **красным** светодиодом и установите его переключатель режимов Mode в положение ANAOLG (Аналоговый).
 5. Выберите один из приемников и установите его элемент управления Gain Range (Диапазон усиления) на LO.
 6. Поверните регулятор Variable Gain (Регулируемый коэффициент усиления) этого приемника по часовой стрелке до упора.
- Для выполнения дальнейших исследований, используется структурная схема рис.1.

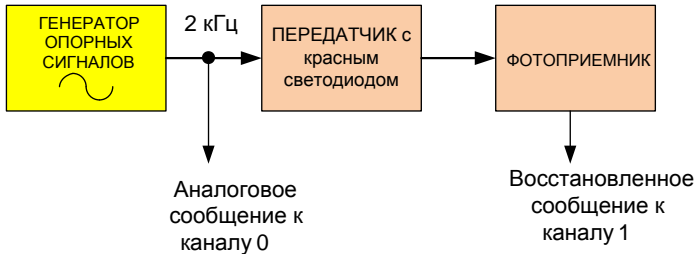


Рис.1. Структурная схема опико-электронной линии передачи информации

Аналоговое сообщение поступает с выхода 2kHz *SINE* генератора опорных сигналов. Передатчик с красным светодиодом преобразует сообщение в свет и посылает его по оптоволоконному кабелю на приемник, где сообщение преобразуется обратно в электрический сигнал.

7. Соберите схему, как показано на рис.2.

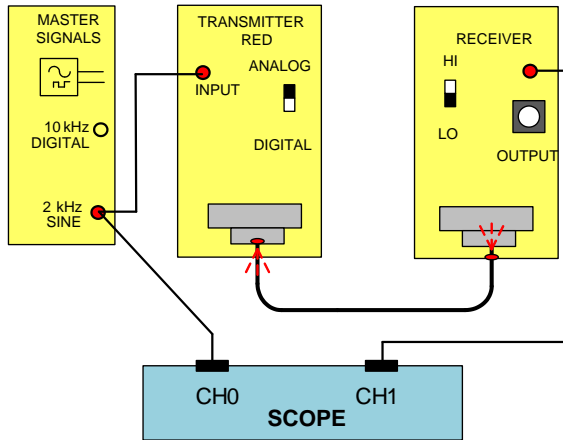


Рис.2. Схема соединений оптико-электронной линии передачи информации

Если вы правильно собрали схему, должны увидеть две синусоиды с частотой 2 кГц. Если это не так, уменьшите коэффициент усиления приемника, поворачивая регулятор *Variable Gain* приемника против часовой стрелки, пока ограничение не пропадет.

8. Измерьте среднеквадратическое значение напряжения (*RMS*) восстановленного сообщения. Запишите результат в таблицу 1.

Таблица 1

№	Результат измерения U_1	Результат оценки α_U
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

9. Отключите разъем оптического проводника от передатчика, поверните на 90 градусов, подключите снова, и повторите измерение.

10. Повторите измерение еще два раза. Разъем верните в первоначальное положение.

11. Отключите разъем оптического проводника от приемника, поверните на 90 градусов, подключите снова, и повторите измерение.

12. Повторите измерение еще два раза.

Определите в таблице 1 самое наибольшее (V_{\max}) и наименьшее (V_{\min}) значения напряжения, и подставьте их в приведенное внизу уравнение, чтобы определить различие между ними в децибелах:

Запишите полученный результат в таблицу 1.

Вопрос 1. Перечислите физические факторы, влияющие на оптические соединения, которые вызывают наблюдаемые отклонения.

Вопрос 2. В чем причина возникновения минимальных и максимальных значений напряжения.

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем продолжить эксперимент.

Часть 2. Измерение потерь светофильтра

В данной части работы необходимо количественно оценить потери на красном и зеленом светофильтрах внутри и за пределами их полосы пропускания.

13. Снова измерьте среднеквадратическое значение напряжения, однако в этот раз воспользуйтесь регулятором *Variable Gain* приемника, чтобы результат измерения представлял собой целое число.

Если результат измерения изначально равен 7,6 В, уменьшите его до 7 В.

14. Запишите полученное значение в таблицу 3 .

15. Подключите к схеме **красный** светофильтр, как показано на рис. 3.

Теперь аналоговое сообщение передается по оптоволокну красным светом через красный светофильтр.

Измерьте новое среднеквадратическое значение напряжения восстановленного сообщения и запишите результат в таблицу 3.

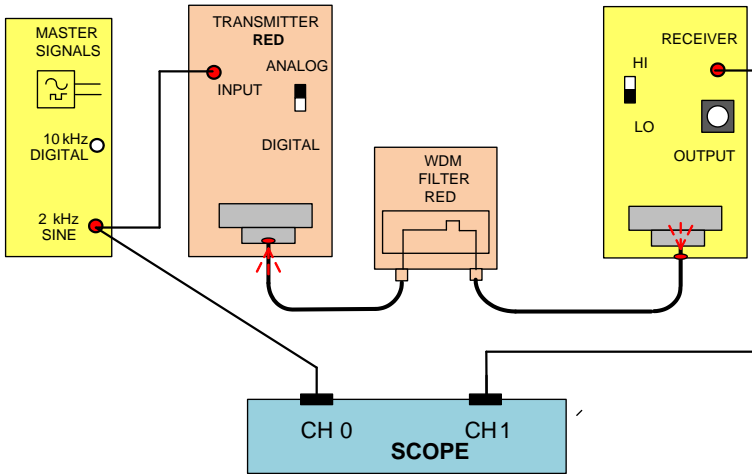


Рис.3. Схема соединений для измерения потерь светофильтра

16. Рассчитайте и запишите вносимые потери красного светофильтра (то есть потери, которые вносит фильтр в красный свет), используя формулы потерь и уровень опорного напряжения.

Таблица 2

Опорное напряжение передатчика красного света	Опорное напряжение передатчика зеленого света

Таблица 3

Красный светофильтр			
Напряжение	Вносимые потери	Напряжение	Ослабление

Таблица 4

Зеленый светофильтр			
Напряжение	Вносимые потери	Напряжение	Ослабление

17. Измените схему, как показано на рис. 4, заменив красный светофильтр зеленым.

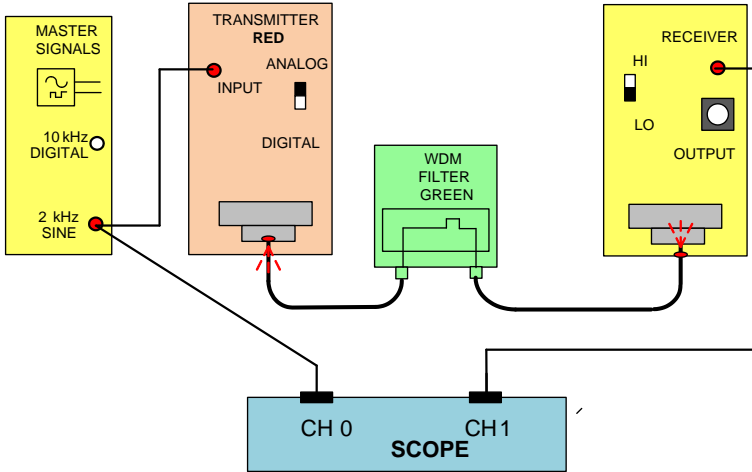


Рис.4. Схема соединений для измерения потерь светофильтра

Аналоговое сообщение передается по оптоволокну с помощью красного света через зеленый светофильтр.

18. Измерьте новое среднее квадратическое значение напряжения восстановленного сообщения и запишите результат в таблицу 3.

19. Рассчитайте и запишите ослабление зеленым фильтром красного света в полосе задержания, используя уравнение из предварительного обсуждения и опорное напряжение из таблицы 2.

20. Установите переключатель режимов *Mode* передатчика с зеленым светодиодом в положение *ANALOG* (Аналоговый).

21. Измените схему, как показано на рис. 5, заменив передатчик с красным светодиодом передатчиком с зеленым светодиодом.

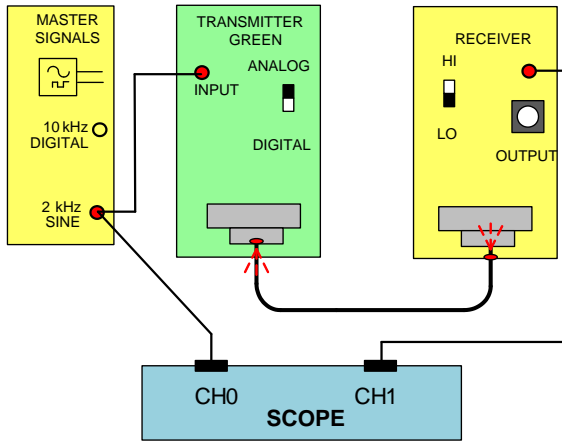


Рис.5. Схема соединений оптико-электронной линии передачи информации

22. С помощью регулятора *Variable Gain* приемника установите средне-квадратическое значение напряжения восстановленного сообщения равным целому числу, например, 3,0 В. Запишите в таблицу 2.

23. Включите в схему **зеленый светофильтр**, как показано на рис. 6.

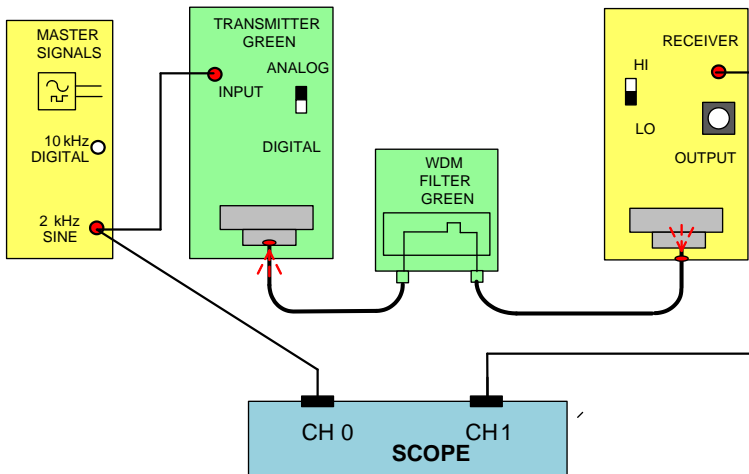


Рис.6. Схема соединений для измерения потерь светофильтра

Аналоговое сообщение передается зеленым светом по оптоволокну с помощью через зеленый светофильтр. 1. Измерьте новое среднеквадратическое

значение напряжения восстановленного сообщения и запишите результат в соответствующую ячейку таблицы 3.

24. Рассчитайте и запишите вносимые потери зеленого светофильтра (то есть потери, которые вносит фильтр в зеленый свет), используя уравнение потерь, приведенное в предварительном обсуждении, и опорное напряжение из таблицы 2.

Измените схему, как показано на рис. 5, заменив зеленый светофильтр красным.

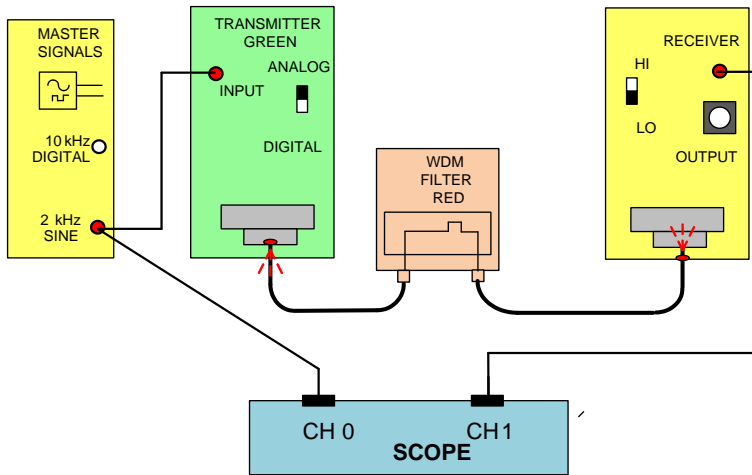


Рис.7. Схема соединений для измерения потерь светофильтра

Аналоговое сообщение передается по оптоволокну зеленым светом через красный светофильтр.

25. Измерьте новое среднеквадратическое значение напряжения восстановленного сообщения и запишите результат в соответствующую ячейку таблицы 3.

26. Рассчитайте и запишите ослабление зеленым фильтром зеленого света в полосе задержания, используя уравнение из предварительного обсуждения и опорное напряжение из таблицы 2.

27. Рассчитайте, какая часть потерь, вносимых красным светофильтром, возникает исключительно из-за фильтра (не считая потерь, связанных с разъемами).

28. Рассчитайте разницу между ослаблением зеленого света в полосе задержания красного светофильтра и вносимым фильтрами потерями.

Часть 3. Измерение потерь разветвителя

27. Восстановите схему, показанную на рис.5. Убедитесь, что среднеквадратического значение напряжения восстановленного сообщения совпадает с опорным напряжением передатчика с зеленым светодиодом в таблице 2. Добавьте в схему левосторонний разветвитель, как показано на рис.8.

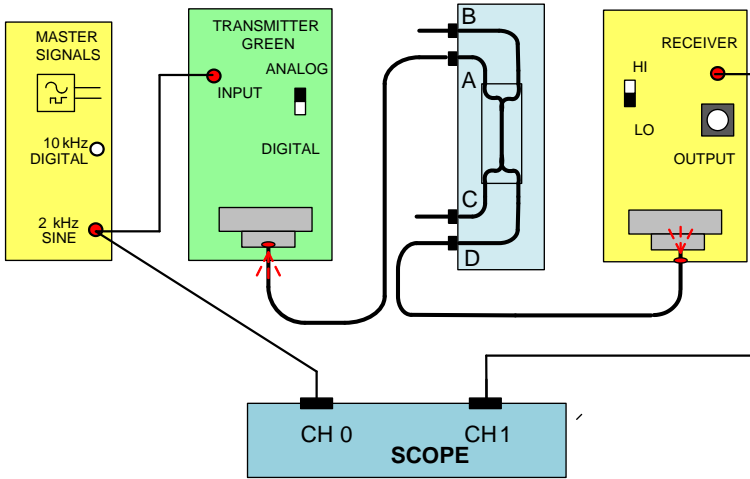


Рис.9. Схема соединений для измерения потерь разветвителя

Аналоговое сообщение теперь передается по оптоволоконному каналу по сильному пути разветвителя. Измерьте новое среднеквадратического значение напряжения восстановленного сообщения.

29. Рассчитайте и запишите в таблице 5 значение вносимых потерь на сильном пути разветвителя, используя формулы для расчета потерь.

Измените схему, как показано на рис. 10.

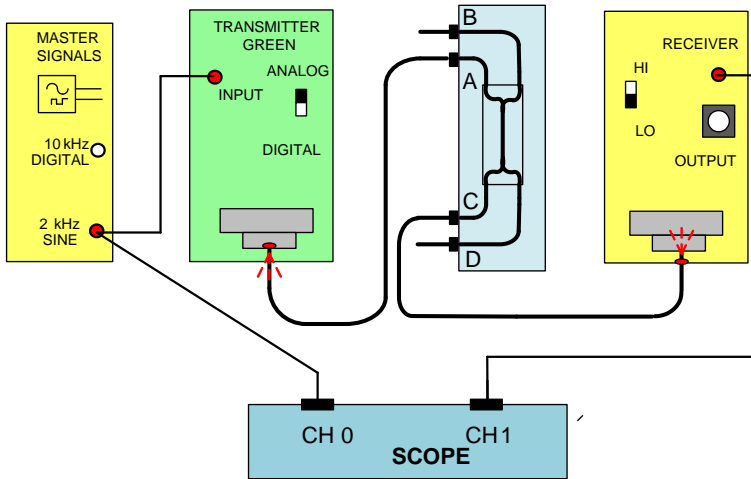


Рис.10. Схема соединений для измерения потерь разветвителя

Аналоговое сообщение теперь передается по оптоволоконному каналу по слабому пути разветвителя. Измерьте новое среднее квадратическое значение напряжения восстановленного сообщения.

Таблица 5

Потери на сильном пути	Потери на слабом пути	Обратное отражение

30. Рассчитайте и запишите потери, вносимые на слабом пути разветвителя в таблицу 5, используя формулы для расчета потерь.

31. Измените схему, как показано на рис. 11.

Аналоговое сообщение теперь передается по оптоволоконному каналу по "отраженному" пути разветвителя. Измерьте новое среднее квадратическое значение напряжения восстановленного сообщения.

32. Рассчитайте и запишите в таблицу 5 обратное отражение разветвителя, используя уравнение из предварительного обсуждения и соответствующее опорное напряжение из таблицы 2.

33. Рассчитайте разницу между потерями разветвителя на сильном и слабом пути.

34. Используя ваш ответ на вопрос 8, рассчитайте, во сколько раз ниже интенсивность света на выходе слабого пути, чем сильного.

35. Рассчитайте разницу между потерями на сильном пути и обратным отражением разветвителя.

36. Рассчитайте, во сколько раз интенсивность отраженного света ниже интенсивности света на выходе сильного пути?

Вопрос 3. На каком еще порту в этой схеме появляется отраженный свет?

Попросите преподавателя проверить результаты вашей работы, прежде чем завершить эксперимент.

Отчет должен содержать:

1. Функциональные схемы исследуемых устройств.
2. Схемы соединений исследуемых устройств
3. Осциллограммы наблюдаемых процессов.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы по работе.

Литература

1. Стукалов С.Б., Петров В.И., Болелов Э.А. Оптико-электронные технологии на воздушном транспорте. - М.: ИД Академии Н.Е.Жуковского: Учебное пособие. 2018. –76 с.
2. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии . М. Техносфера, 2013. –126 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Организационно-методические указания.....	3
1. Лабораторная работа № 1. Исследование характеристик и свойств источников излучения оптико-электронных устройств.....	4
2. Лабораторная работа № 2. Исследование фильтрации, объединения и разделения оптических сигналов в оптико-электронных устройствах...	15
3. Лабораторная работа №3. Исследование принципов передачи информации в типовых линиях оптико-электронных устройств.....	28
4. Лабораторная работа № 4. Исследование принципов уплотнения информации в волоконно-оптических системах связи	37
5. Лабораторная работа №5. Исследование принципов измерения контрольных параметров типовых оптико-электронных устройств.....	48