

## ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Игошина М.С.*

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,  
г. Рязань, Российская Федерация*

*Научный руководитель: Сапрыкин А.Н. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры САПР ВС, РГРТУ*

**Аннотация.** В статье поднимается вопрос о необходимости проведения входного контроля волоконно-оптических систем, а именно – приемопередающих оптоэлектронных модулей. Разбираются основные понятия волоконно-оптической системы. Предлагается конструкция устройства, предназначенного для выявления неисправностей подобных модулей на начальных этапах проектирования системы.

**Ключевые слова:** входной контроль, волоконно-оптическая система, оптоэлектронные модули

**Введение.** XXI век немыслим без высоких технологий. В настоящее время проводится колоссальная работа по развитию, совершенствованию, освоению и внедрению инновационных решений в различные отрасли промышленности, сельского хозяйства, науки, медицины. Очевидно, что подобный технологический прогресс должен сопровождаться всевозможными вспомогательными процессами, таким как автоматизация, в основе которого лежит использование машинного оборудования.

Эффективность подобной аппаратуры напрямую зависит от качества изготовления и надежности работы радиоэлементов, входящих в её состав, а значит, чрезвычайное значение имеет высококвалифицированный входной контроль изделия.

Потребность в данном контроле обусловлена экономической предпосылкой. Технологический прорыв привёл к усложнению электронной аппаратуры, следовательно, увеличению затрат на устранение причин отказов в ней. Отсутствие возможности своевременного обнаружения дефектов может привести к трудоемким и дорогостоящим операциям демонтажа, регулировки, замене деталей, а также к необходимости создания и содержания штата высокооплачиваемых специалистов-наладчиков.

Главная цель входного контроля – предотвращение запуска в массовое производство продукции, не соответствующей требованиям конструкторской и нормативно-технической документации. Такой проверке должны подвергаться различные узлы, детали и блоки предприятия-изготовителя, а также комплектующие, поступающие от предприятий смежных отраслей промышленности.

В данной статье рассматривается конструкция устройства входного контроля оптоэлектронных модулей, позволяющая максимально эффективно проводить проверку изделий на наличие неисправностей.

**Основная часть.** Устройство входного контроля предназначено для проверки оптоэлектронных приемопередающих модулей, которые, как правило, являются частью волоконно-оптической системы. Рассмотрим подобные системы более детально.

Стремительное развитие цифровых технологий сопровождается увеличением объема обрабатываемой информации, следовательно, возникает необходимость в скоростной передаче данных на большие расстояния. Решением подобной задачи является волоконно-оптическая система (линия) связи (ВОСС), позволяющая переносить цифровые сигналы в оптическом диапазоне [1].

В состав ВОСС входят (рисунок 1):

- Передатчик;
- Оптическое волокно;
- Оптический усилитель и регенератор;
- Приемник.

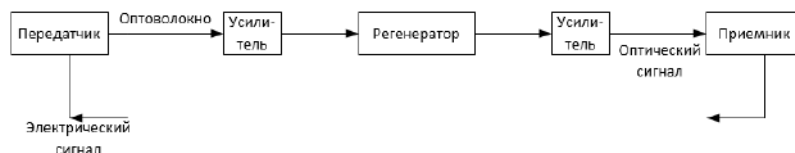


Рисунок 1 – Структура ВОСС.

Источниками световых сигналов служат полупроводниковые лазеры или светодиоды. Сигналы, выходящие из передатчика, вводятся в волокно и передаются по волоконно-оптической линии. В конце линии свет поступает в фотоприемник, преобразующий его в электрические сигналы, которые затем обрабатываются и используются в приемном оборудовании.

**Оптические передатчики** (передающий оптический модуль – ПОМ) – применяется для преобразования электрических сигналов в оптические для последующей передачи по оптоволокну. Они изготавливаются в виде отдельных блоков стандартных размеров, иногда в одном корпусе с приемниками, образуя приемопередающие оптические модули. В качестве излучающего элемента используются лазерные диоды, самыми распространёнными из которых являются: диоды с резонатором Фабри-Перо (FP лазеры), диоды с обратной распределенной связью (DFB лазеры).

Все оптические передатчики можно разделить на 2 группы: с прямой (внутренней) и внешней модуляцией.

В оптических передатчиках с прямой модуляцией мощность излучения источника света создаётся внешним электрическим током питания. Благодаря этому, в цифровых системах происходит элементарный перенос данных, при котором логическому нулю соответствует выключенное состояние источника излучения, а логической единице – включенное.

При скорости передачи 10 Гбит/с и выше используются передатчики с внешней модуляцией. Источниками излучения являются узкополосные одномодовые непрерывные полупроводниковые лазеры. Они используются в системах дальней связи, в которых требования к качеству оптического сигнала особенно важны.

**Оптическое волокно** представляет собой тонкую стеклянную нить с сердцевиной, имеющей показатель преломления несколько больший, чем окружающая сердцевину оболочка. Наиболее важное свойство такого волокна – способность переносить излучение на большие расстояния с очень малыми потерями (мерой потерь света в волокне является величина затухания, равная 0,2дБ/км на длине волны 1550 нм). С физической точки зрения свет распространяется в сердцевине оптического волокна за счет полного внутреннего отражения, практически не проникая в оболочку [2]. Выделяют несколько видов оптоволокну:

- *По материалу изготовления:* стеклянные (стеклянные сердцевина и оболочка), пластиковые (пластиковые сердцевина и оболочка), комбинированные (стеклянная сердцевина и пластиковая оболочка);
- *По количеству распространяемых лучей:* одномодовые и многомодовые.

Одномодовые волокна характеризуются малым диаметром сердцевины, по которой может пройти только один пучок света. Мномодовые волокна обладают большим диаметром сердцевины, позволяющим пропускать десятки, сотни и тысячи лучей.

**Регенераторы** осуществляют преобразование в электрические сигналы, отделение шумов и дальнейшую ретрансляцию в виде оптических сигналов, однако способны усиливать только один информационный канал. В оптических усилителях отсутствует возможность преобразования сигнала, но при этом они одновременно усиливают много (до 160) спектрально разделенных информационных каналов. Их существенным недостатком является накопление искажений ввиду отсутствия операции восстановления.

**Оптические приемники** (приемный модуль - ПРОМ) – предназначен для преобразования входного оптического сигнала в выходной электрический (цифровой или аналоговый), коррекции искажений, усиления и регенерации цифрового сигнала, выделения

служебной информации из линейного сигнала. Для этого световое излучение преобразуется в электрический ток, усиливается, а затем происходит восстановление переданного сообщения и формирование соответствующего этому сообщению электрического сигнала [3].

Конструктивно приемник состоит из четырех блоков. В первом блоке происходит последовательное преобразование оптических сигналов в электрический ток (оптоэлектронное преобразование). Во втором блоке осуществляется линейное усиление электрического тока, в третьем блоке происходит восстановление данных, а в четвертом – создание выходного электрического сигнала. При изготовлении таких устройств используются PIN фотодиоды InGaAs /InP, благодаря чему обеспечивается высокое качество приема данных.

Разрабатываемое устройство входного контроля направлено на проверку соответствия порога чувствительности оптических модулей, а именно – оптоэлектронного приемопередающего модуля ПРПОМ-ЦФЛ01-2-L КЕФС.468152.001 ТУ, в состав которого входят оптоэлектронные приемные (ПРОМ-ЦФ01-2-L) и передающие (ПОМ-ЦЛ01-2-L) модули. Все типы модулей снабжены контактом оптическим с длинной опорой КО 18 SGL для соединителей ОС144Е (ЦСНК. 430421.019 ТУ). L – длина контакта оптического с длинной опорой от 0,16 м до 0,8 м шагом 0,02 м.

В технических условиях (ТУ) на контрольные приемопередающие модули (КПП) приведены параметры, которым они должны соответствовать при приемке и поставке:

- 1) Выходная оптическая мощность импульсов излучения – не менее минус 4 дБм;
- 2) Минимальный уровень оптического сигнала на входе модуля (порог чувствительности) – минус 20;
- 3) Номинальный темп передачи (с учетом кодировки Fibre Channel) – 1,0625 ГБод;
- 4) Номинальный темп приема (с учетом кодировки Fibre Channel) – 1,0625 ГБод;
- 5) Выходные уровни совместимые с LVPECL – 600-1200 мВ;
- 6) Напряжение питания –  $3,3 \pm 10\%$  В;
- 7) Максимальный ток потребления – 0,150 А.

На рисунке 2 представлена структурная схема разрабатываемого устройства.

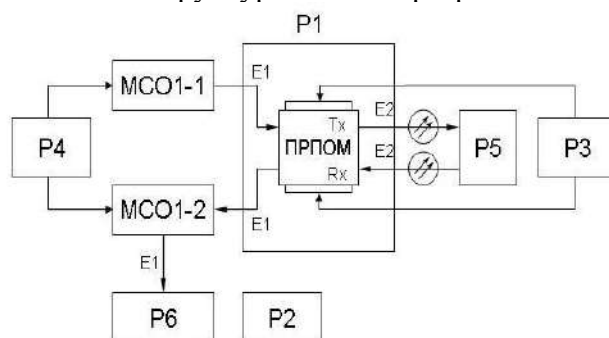


Рисунок 2 – Структурная схема разрабатываемого устройства.

В данной схеме модуль МСО1-1 служит источником последовательности случайных чисел PRBS  $2^7-1$  со скоростью передачи 1,0625 ГБод. Модуль МСО1-2 является приемником сигнала с ПРПОМ. В случае если принимаемый сигнал отличается от заданной последовательности случайных чисел PRBS  $2^7-1$ , либо скорость его передачи не соответствует 1,0625 Гбод, то МСО1-2 фиксирует ошибку, которая в виде низкого уровня сигнала, отображается на анализаторе Р6.

Блок питания модулей МСО1-1, МСО1-2 и КПП представлен многоканальным линейным источником питания GPS-3303 с выходным напряжением 30В и выходным током 3А.

В разрабатываемом устройстве входного контроля роль модулей МСО1-1 и МСО1-2 выполняет микроконтроллер, являющийся приемником и передатчиком сигналов на КПП. Информация, попадающая на контроллер, обрабатывается, а затем передается по внешнему контрольному соединителю в компьютер. Источник питания – низковольтный понижающий

стабилизатор синхронного выпрямления с выходным током 3А и выходным напряжением 1,5 В; 2,5 В и 3,3В.

Данные с ПРПОМ поступают на оптический аттенуатор P5, регулирующий уровень ослабления оптического сигнала, тем самым измеряя порог чувствительности модуля. Оптические аттенуаторы предназначены для внесения заданного уровня ослабления оптического сигнала в линию. Используются в локальных оптических сетях, сетях кабельного телевидения, магистральных сетях передачи данных, а также при проведении контрольно-измерительных работ.

Перечень устройств и приборов стенда для проверки модулей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень устройств и приборов для проверки модулей

Позиционное обозначение	Наименование
МСО1-1	Модуль МСО1
МСО1-2	Модуль МСО1
P1	Камера климатических испытаний
P2	Измеритель оптической мощности
P3	Источник питания GPS-3303
P4	Источник питания GPS-3303 (Вольтметр в составе источника питания; Амперметр в составе источника питания)
P5	Оптический аттенуатор Agilent 8163B
P6	Анализатор сигналов CSA7404B
E1	Коммутационный коаксиальный кабель (волновое сопротивление 50 Ом), длиной 1,5 метра
E2	Коммутационный оптический кабель многомодовый с разъёмами FC, длиной 2 м

**Заключение.** В связи с интенсивным развитием высоких технологий остро встает вопрос о надлежащей долговечности и надежности аппаратуры. Представленная в статье конструкция устройства входного контроля оптоэлектронных модулей, направлена на повышение вышеперечисленных характеристик, путем своевременного обнаружения неисправностей.

Практическое внедрение прибора оправдывает потраченные на его создание средства. Конструкция разрабатывается для серийного производства и внедрения на ведущие предприятия. Это обусловлено тем, что заводы, как правило, получают большое количество некачественных комплектующих. Использование устройства входного контроля даст возможность минимизировать число возвратов готовой продукции, следовательно, расходы от рекламаций.

### Список литературы

1. Крухмалев, В. В. Волоконно-оптические системы передачи: учебное пособие / В. В. Крухмалев. — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2016. — 299 с.
2. Складов, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие для вузов / О. К. Складов. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 268 с.
3. Шандаров, В. М. Волоконно-оптические устройства и системы технологического назначения и управления: учебно-методическое пособие / В. М. Шандаров. — Москва: ТУСУР, 2012. — 31 с.

UDC 681.7.

## INPUT CONTROL OF FIBER-OPTIC SYSTEMS

*Igoshina M.S.*

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan, Russian Federation*

*Saprykin A.N. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of CAD, RSREU*

**Annotation.** The article raises the question of the need for input control of fiber-optic systems, namely, optoelectronic transceiver modules. The basic concepts of the fiber-optic system are analyzed. The design of a device designed to detect the defects of such modules at the initial stages of system design is proposed

**Keywords.** input control, fiber-optic system, optoelectronic modules.