РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ В ДАЛЬНЕЙ ЗОНЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Т.Д.РАДЖАБОВ, Б.Н.РАХИМОВ

Описана лабораторная установка для измерения излучения интенсивности в галогенных ламп накаливания КГСМ27-85, ближней и дальней инфракрасных зонах при производстве, а также для контроля при эксплуатации ОВ.

In this article was described, the laboratory setup for measuring the radiation intensity halogen bulbs KGSM27-85, near and far infrared region in the production, as well as to control the operation of agents.

В настоящее время все большее применения находят волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) для нужд различных отраслей народного хозяйства.

Для использования оптического волокна (ОВ) необходимо знать его основные параметры и характеристики. Эти параметры и характеристики могут контролироваться в процессе их производства, монтажа, а также в процессе эксплуатации и ремонта оптических кабелей.

Основными параметрами и характеристиками оптических волокон являются [1]:

- затухание;
- распределение оптических потерь по длине ОВ;
- апертурные характеристики;
- передаточные характеристики;
- переходное затухание;
- приращение затухания при воздействии внешних факторов;
- распределение интенсивности излучения в ближней зоне ОВ;
- распределение интенсивности излучения в дальней зоне ОВ.

Для определения этих параметров и характеристик разработано большое количество методов измерения, некоторые из них используются в процессе производства, или проверяются при монтаже волоконно-оптических линий связи; некоторые могут контролироваться в процессе эксплуатации и ремонта оптических кабелей.

Известно, что излучение по мере распространения в ОВ затухает, за счет двух факторов - поглощение и рассеивание. Механизм поглощения оптического, излучения в материале ОВ объясняется теорией электронных и ядерных резонансов, которые вызывают поглощение мощности в окрестности резонансных частот. Рассеивание вызывается микроскопическими отклонениями от средней плотности материала, а также микроскопическими изменениями состава используемого материала. Все это справедливо для любого стеклообразного материала, однако и при высококачественном изготовлении в нем наблюдается рассеивание света известное как рэлеевское, приводящее к потерям в волокне. Некоторая часть света распространяется в обратном направлении.

Разработана лабораторная установка (рис.1) для измерения распределения интенсивности в галогенных лампах накаливания КГСМ27-85, ближней и дальней инфракрасных зонах. В состав установки входят следующие элемента: 1 - излучатель, 2 - модулятор, 3 - объектив, 4 - исследуемое оптическое волокно, 5 – приемник оптического излучения (ПОИ), 6 - выпрямитель, 7 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП), 8 - компьютер, 9 - источник питания, 10 - устройство поворота оптического волокна, 11 - устройство управления перемещением (ФПУ), 12 - блок управления лабораторной установки.

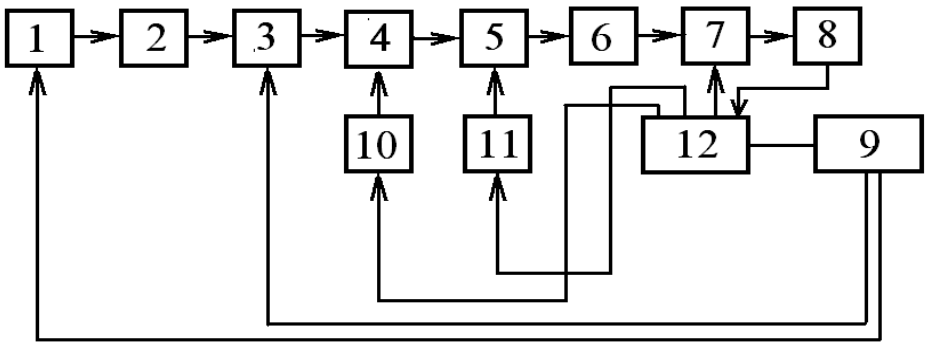

Рис. 1. *Блок-схема лабораторной установки.*

Установка работает следующим образом:

Свет, от излучателя (1) (галогенных ламп накаливания КГСМ27-85, с керамическим цоколем) [2] падает на объектив (2), далее, пройдя через модулятор (3), он собирается в точку и попадает на торец исследуемого ОВ (4). С противоположного конца исследуемого ОВ свет выходит и попадает на светочувствительную площадь ПОИ (5), где преобразуется в ток переменного напряжения. Этот ток подается на выпрямитель (6), где он преобразовывается в постоянный и поступает на АЦП (7). В свою очередь АЦП преобразует пришедший ток в цифровой сигнал, который через параллельный порт поступает в компьютер (8). После обработки компьютер строит графики на дисплее монитора. Компьютер также даёт сигнал для работы блока управления (12), который в свою очередь управляет устройством поворота оптического волокна (10), устройством перемещения ФПУ (11) и аналого-цифровым преобразователем.

Модулятор предназначен для модуляции светового потока, что позволяет избавиться от постоянных и медленноменяющихся фоновых засветок на ПОИ. Он представляет собой электродвигатель, на валу которого закреплён секторный растр. При работе данного устройства, свет, проходящий через него, преобразуется в импульсы света постоянной амплитуды. Частота световых импульсов определяется скоростью вращения электродвигателя модулятора и количеством секторов растра. При вращении электродвигателя со скоростью 1200 об./мин., и количеством прорезей в растре равном 8, частота световых импульсов составляет:

$$F = \frac{n \cdot N}{60c}$$, (1) где n - количество оборотов в минуту N - количество прорезей в растре

$$F = \frac{1200 \cdot 8}{60} = 160\,\text{Гц}.$$ (2)

Принципиальная схема приемного блока показана на рисунке 2. Для приема инфракрасных сигналов используется фотодиод VD1. При облучении фотодиода модулированным лучом через него протекает ток, совпадающий по форме с сигналом излучения. Электрический сигнал усиливается предварительным усилителем на транзисторах VT2 — VT5. Транзистор VT1 является динамической нагрузкой фотодиода и предназначен для подавления постоянного фона окружающего излучения, создаваемого работой ламп накаливания, люминесцентных ламп и т. п.

С коллектора транзистора VT1 электрический сигнал поступает на эмиттерный повторитель собранный на транзисторе VT2, режим которого задается элементами R2, R5, VT1. Усиленный по току сигнал с эмиттера транзистора VT2 поступает в базу транзистора VT3, усиливается по напряжению, инвертируется и поступает на усилитель VT4. Режимы второго и третьего каскадов по постоянному току определяются резисторами R7, R4, R3 и R10, R9, а по переменному току — резисторами R7, R6 и R10 соответственно. Коллекторными нагрузками каскадов служат резисторы R8 и R11. С эмиттера транзистора VT3 снимается сигнал отрицательной частотно-зависимой обратной связи для подавления фона окружающего излучения. Напряжение низкочастотного фона выделяется фильтром нижних частот R7, C2, R6 и R4, C1, R3 и поступает на базу инвертора VT1. Резистор R1 задает режим транзистора VT1 по току.

Выделенный на нагрузке третьего каскада — резисторе R11 — импульсный сигнал через разделительный конденсатор C4 поступает на ограничитель VT5, VD2, необходимый для селекции сигнала на фоне шумов и помех с амплитудой ниже пороговой. С нагрузки транзистора VT5 — резистора R13 — усиленный инвертированный сигнал через, контакт 3 соединителя X1 подается на выпрямитель. Резистор R12 служит для закрывания транзистора VT5 в отсутствии сигнала, а диод VD2 - для температурной стабилизации напряжения на его коллекторе.

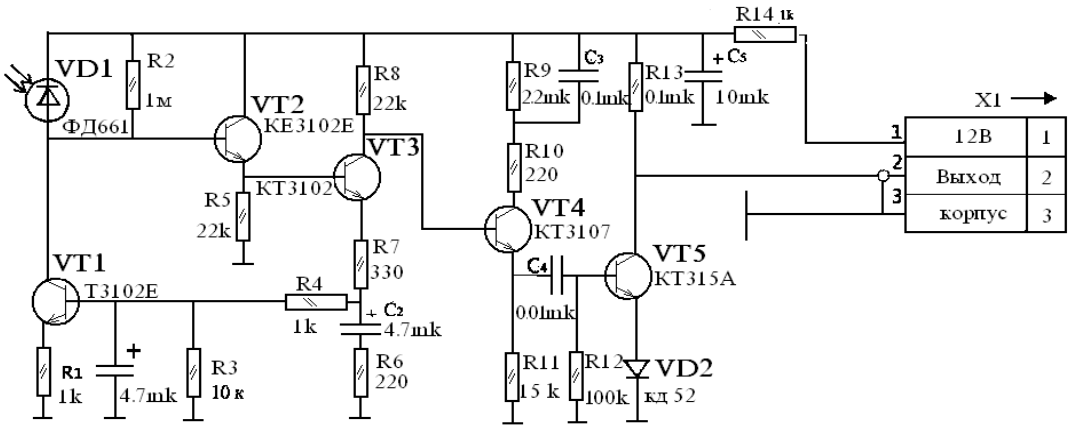

***Рис. 2**. Принципиальная схема фотоприемного устройства. VD1- VD2 фотодиоды. VT1 -VT5- транзисторы. R1- R14-резисторы. C- конденсаторы.*

Для того, чтобы на вход аналого-цифрового преобразователя приходил сигнал постоянного напряжения, необходимо выходное переменное напряжение фотоприёмного устройства преобразовать в постоянное напряжение. Для этих целей используется двухполупериодный выпрямитель, собранный на базе двух микросхем 544УД2. Схема этого выпрямителя показана на рис. 3.

Данная схема позволяет получать на выходе положительное напряжение, равное абсолютной величине выходного сигнала [3].

АЦП состоит из генератора тактовых импульсов собранного на микросхеме D2 (К555ЛА3), компаратора D5(К521СА3), АЦП D6 (КР 572 ПВ1), регистра, собранного на двух микросхемах D7 (К 555ИР23), усилителя D8 (КР544УД1). Работа АЦП осуществляется следующим образом: Сигнал " пуск АЦП" поступает на микросхему D2 и запускает генератор тактовых импульсов (ТИ), с которого импульсы поступают на 23-й контакт АЦП (D6). Входной сигнал поступает на 3-й контакт компаратора (5), на 2 контакт компаратора поступает сигнал с выхода усилителя (D8), который усиливает сигналы поступающие с контактов 38, 39 АЦП (D6). По окончанию преобразования (60 мкс) на АЦП поступают сигналы "ст. разряд" и "мл. разряд" и код входного напряжения выставляется на выходных контактах с 4-15 и 17 АЦП (D6). Импульсом "мл. разряд" код АЦП переписывается в регистры (D7).

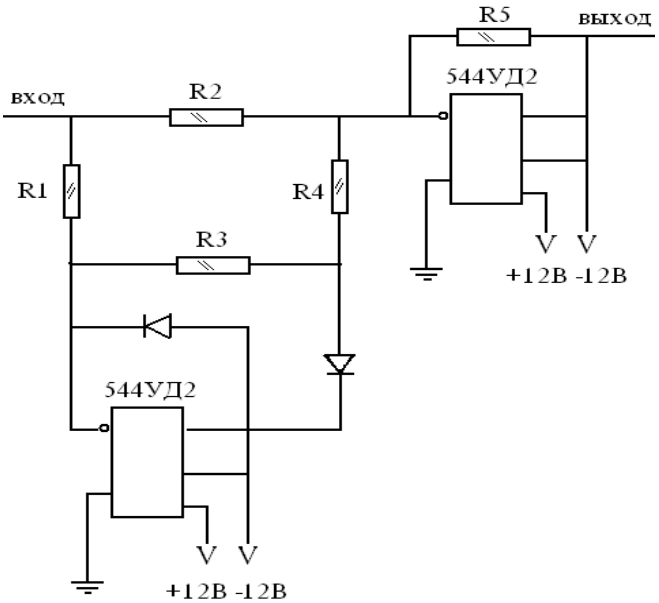

Рис.3. *Выпрямитель. R1- R5-резисторы. VD фотодиоды. 544УД2- микросхема.*

Компьютер, подключенный к схеме служит для обработки сигнала, приходящего от аналого-цифрового преобразователя, и вывода полученной информации на дисплей монитора, в виде графиков. А также для передачи сигналов в блок управления, позволяющих приводить в движение устройство поворота оптического волокна и устройство управления перемещением ФПУ.

Компьютер должен работать под управлением программы измерения апертурных характеристик оптических волокон, написанной на каком либо языке программирования (например С++).

Основные характеристики установки следующие:

- Чувствительность ФД 3 0.8 А/Вт
- Диаметр сердцевины оптоволокна 50 мкм.
- Диаметр оболочки оптоволокна 125 мкм.
- Показатель преломления сердцевины n_1 1,48
- Показатель преломления оболочки n_2 1,46

В случае для критического угла α_0, угла полного внутреннего отражения, т.е. наименьшего угла к нормали падения, при котором луч света распространяется в стекло оболочки, справедливы соотношения:

Sin $\alpha_0 = n_2/ n_1 = 1{,}46/1{,}48 = 0{,}9865$; $\alpha_0 = 80{,}6°$- критический угол Все лучи света. Которые образуют угол с осью ОВ $\leq (90° - \alpha_0) \leq 9.4°$ - распространяются в стекле сердцевины.

Когда свет вводится в стекло сердцевины, то следует учитывать закон преломления, т.к. свет может войти в оптическое волокно только в пределах определённого апертурного угла θ:

$$\sin\theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1{,}48^2 - 1{,}46^2} \approx 0{,}242 \text{ , (3)}$$

$$\theta \approx 14°$$

Так как синус входной угловой апертуры определяется как числовая апертура, то NA= Sinθ 0,242

Мощность излучения осветителя КГСМ27-85 составляет $P_{изл.}$=85Вт, т.к. на объектив попадает лишь часть световой

мощности сосредоточенной в телесном угле 3° , то эту мощность можно определить как соотношение: 360° относятся к 85Вт так же как 3° относятся к $P_{вх.}$

Отсюда $P_{вх}$ = 85Вт*3°/ 360° = 0,7 Вт. Но, т.к. ОВ пропускает не все длинны волн и диаметр пучка лучей пришедших на торец ОВ несоизмеримо велик, то после выхода света из световода теряется порядка 99% мощности. Отсюда $P_{вых}$0.000716 Вт. Тогда ток на выходе ПОИ, при попадании этой мощности будет составлять:

$$U_B = \frac{0{,}0001856A \cdot 0{,}05B}{1 \cdot 10^{-6} A} = 9{,}28B. \quad (4)$$

До ПОИ дойдет лишь 30 часть выходной энергии, т.к. диаметр фоточувствительной площадки равен $D_{ф.п.}$= 2мм., и расстояние от выходного конца оптоволокна до ПОИ равно 114мм [4]. Тогда ток ПОИ (I) определится из выражения I = 11,3*10^{-3} / 30 = 0,0001856 А.

Практически измерено, что ток в 1мкА, подаваемый ПОИ на вход усилителя, даёт напряжение 0,05 В. Напряжение на выходе усилителя, при токе ПОИ, равном 0,0001856 А будет составлять:

$$\delta_1 = \frac{0{,}5 \cdot 100\%}{30} = 1{,}6\%. \quad (5)$$

При перемещении фотоприёмника от оси ОВ на угол θ_{max} сигнал с выхода усилителя уменьшится в десятки раз.

Общая погрешность установки для измерения распределения интенсивности излучения в дальней зоне складывается из [5]:

1. Погрешность измеряемого угла
2. Погрешность измерения мощности

Погрешность измеряемого угла определяется как половина цены деления. Т.к. отсчетный лимб составляет 30°, то погрешность будет составлять:

$$\delta_1 = \frac{0{,}5 \cdot 100\%}{30} = 1{,}6\% \quad (6)$$

Погрешность измерения мощности вычисляется как отношение темнового тока к току на входе фотоприёмника помноженное на 100% , тогда:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 10^{-6} A \cdot 100\%}{11{,}3 \cdot 10^{-3} A} = 1{,}1\% \quad (7)$$

Отсюда общая погрешность складывается:

$$\Delta = (\delta_1 + \delta_2) \approx 2\% \quad (8)$$

Таким образам произведен анализ методов контроля параметров ОВ. Разработана лабораторная установка для измерения распределения интенсивности по торцу волокна.

Данная лабораторная установка может применяться для измерения излучения интенсивности галогенных ламп накаливания КГСМ27-85, ближней и дальней инфракрасных зонах при производстве, а также для контроля при эксплуатации ОВ.

Литература:

1. Волоконная оптика и приборостроение // М.М.Бутусов, С.Л.Галкин, С.П.Оробинский, Б.П.Пал. Под общей редакцией М.М.Бутусова. Машиностроение. Ленинградское отделение, 328с.

2. Справочная книга по светотехнике. // Под ред. Ю.Б.Айзенберга. -М.: Энергоатомиздат, 1983, - 472 с, ил.

3. Хоровиц П., Хилл У. // Искусство схематики: В 3-х томах: Пер. с англ. 4-е изд. перераб. и доп. - Мир, 1993, - 413 с.

4. Источники и приёмники излучения: Учебное пособие для студентов оптических специальностей вузов. // Г.Г.Ишанин, Д.Э.Панков, А.А.Андреев, Г.В.Голыцаков. - СПб. ; Политехника, 1991, - 240 с.

5. Б.Н.Рахимов. Разработка оптоэлектронной системы для обнаружения и регистрации усталостных трещин элементов механических конструкций. Материалы международной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы обработки материалов и заготовительных производств" Международного симпозиума "Образование, наука и производство. Проблемы, достижения и перспективы". - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО "КнАГТУ". - сентябрь 2010. - т. 2. - с. 250 - 255.

Тошкент ахборот технологиялари университети
2011 йил 15 сентябрда қабул қилинган