

**ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДИАМЕТРА НА ОСНОВЕ
ТЕНЕВОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ В РАСХОДЯЩЕМСЯ СВЕТОВОМ ПУЧКЕ
(TECHNICAL IMPLEMENTATION OF MEASURING INSTRUMENT OF DIAMETER ON
THE BASIS OF THE SHADOW METHOD OF MEASUREMENT IN THE DIVERGENT
LUMINOUS BEAM)**

А.М. Шкретов, Е. М. Федоров
A. Shkretov, E. Fedorov

Томский политехнический университет
E-mail: shkrett@mail.ru

Рассмотрена конструкция измерителя диаметра с использованием теневого метода измерения в расходящемся световом пучке.
(The design of a meter diameter using shadow measurement method in a diverging light beam.)

Ключевые слова:

Измерение диаметра, оптические методы измерения диаметра, расходящийся световой пучок, конструкция измерителя диаметра.
(Diameter measurement, optical methods for measuring the diameter, divergent light beam, construction of the measuring instrument of diameter.)

В настоящее время для контроля геометрических размеров кабелей разработан широкий спектр оптоэлектронных приборов и устройств различных типов. Существующие зарубежные аналоги подобных устройств, при хороших метрологических характеристиках обладают рядом серьёзных недостатков, которые накладывают ограничение на их использование. Сложность технических решений, применяемых для осуществления измерения, наличие механически подвижных узлов, и как следствие малая механическая прочность, а также высокая цена таких систем неприемлемы для отечественных кабельных предприятий. Отечественные разработки приборов для контроля наружного диаметра электроизоляционной оболочки электрического кабеля в настоящее время практически отсутствуют.

Одним из методов, используемых в оптоэлектронных приборах, является теневой метод измерения диаметра в расходящемся световом пучке. Суть метода заключается в следующем, точечный источник света излучает расходящийся пучок непосредственно на многоэлементную фотоприёмную линейку. В качестве источников всегда используются полупроводниковые лазерные модули, излучение которых наиболее близко к точечному. Обобщённая структурная схема, характерная для данного класса измерителей диаметра, приведена на рисунке 1.

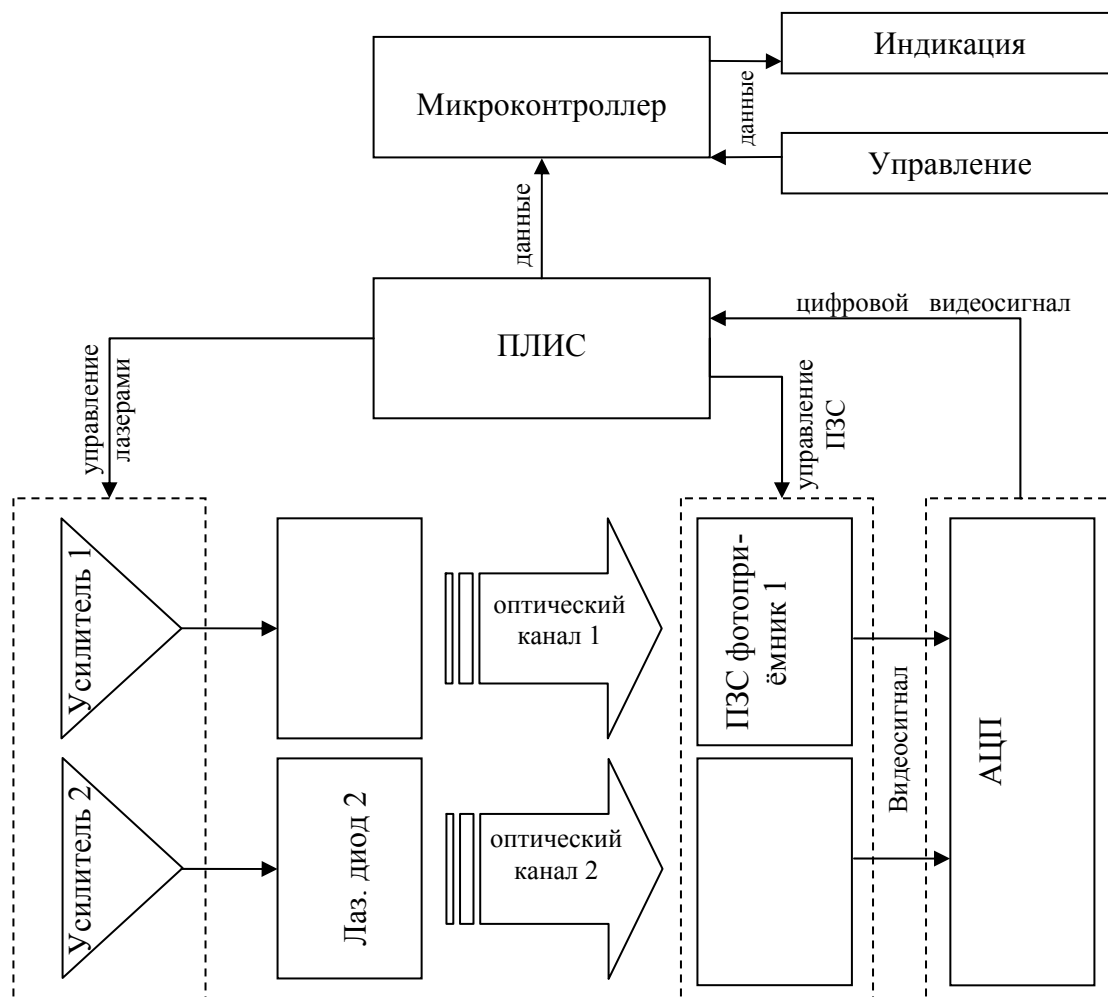


Рис. 1. Обобщённая структурная схема измерителя диаметра на основе метода измерения в расходящемся лазерном пучке

Конвейер управляющих и синхронизирующих сигналов, обслуживающих линейные фотоприёмники и лазерные излучатели реализован на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) FPGA «Altera Cyclone III». В качестве фотоприёмников применяются линейные ПЗС сенсоры NEC μ PD8871 имеющие 10680 светочувствительных элементов и размер элементарной ячейки 4×4 мкм. Частота сканирования ПЗС составляет 1000 кадров в секунду со временем экспозиции порядка 50 мкс. Это позволяет производить измерения на динамичных объектах, движущихся со скоростями до 300 м/мин. Квazиточечный источник излучения реализован на базе полупроводникового инфракрасного лазера HLDH-808-B20001 с длиной волны 808 нм, оптической мощностью 0,2 Вт и углом расходимости луча 32° . Схема включения лазерных диодов содержит в себе усилители импульса накачки, а также линии обратной связи позволяющие стабилизировать яркость лазера в зависимости от внешних условий, таких как изменение температуры окружающей среды, загрязнение оптических поверхностей, падение интенсивности лазерного излучения за счёт его естественного старения и т.д. Аналоговое изображение от оптических преобразователей подаётся на быстродействующие (частота преобразования 60 МГц) АЦП. После преобразования видеосигнала в цифровой 10 битный код он подаётся на ПЛИС, где также реализован программно-аппаратный детектор, который отслеживает положение характерных точек дифракционной картины и определяет точное положение границ тени объекта.

Основной задачей предварительной электронной обработки сигнала с помощью ПЛИС является вычисление минимумов и максимумов фронта и спада для дальнейшего расчета реальной границы тени.

После определения положения границ тени по обоим измерительным каналам полученные данные по интерфейсу SPI передаются в микроконтроллер ARM «Cortex M4», где происходит окончательный расчёт диаметра измеряемого объекта на основе функций преобразования представленных в работах [1, 2]. Также в микроконтроллере измеренные данные подвергаются усреднению и статистической обработке при помощи встроенных программно-аппаратных вычислительных средств. Готовый результат измерения передаётся на устройство индикации и на внешние цифровые устройства посредством цифровых интерфейсов (RS485, RS232, USB, и др.) для целей дополнительного отображения результатов контроля, управления процессом производства (АСУ), диагностики и сервисного обслуживания.

Немаловажную роль играет конструкция прибора. Измерительная головка представляет собой функционально законченный блок, выполняющий основную задачу – двухкоординатное измерение диаметра кабеля, проходящего через рабочую зону, и индикацию измеренного диаметра и овалности на встроенном цифровом индикаторе. Прибор специально спроектирован для контроля кабелей и проводов, а также других протяжённых круглых изделий среднего и большого диаметра в диапазоне от 1 до 18 мм непосредственно в процессе их производства.

Измерительная оптическая схема головки содержит два измерительных канала (КАНАЛ1 и КАНАЛ2 рис. 2) оси которых взаимно перпендикулярны. В каждый из каналов входит источник излучения (лаз.1 и лаз.2) и многоэлементный линейный фотоприемник. Рабочей зоной в такой оптической системе является четырёхугольник ABCD (рис. 2).

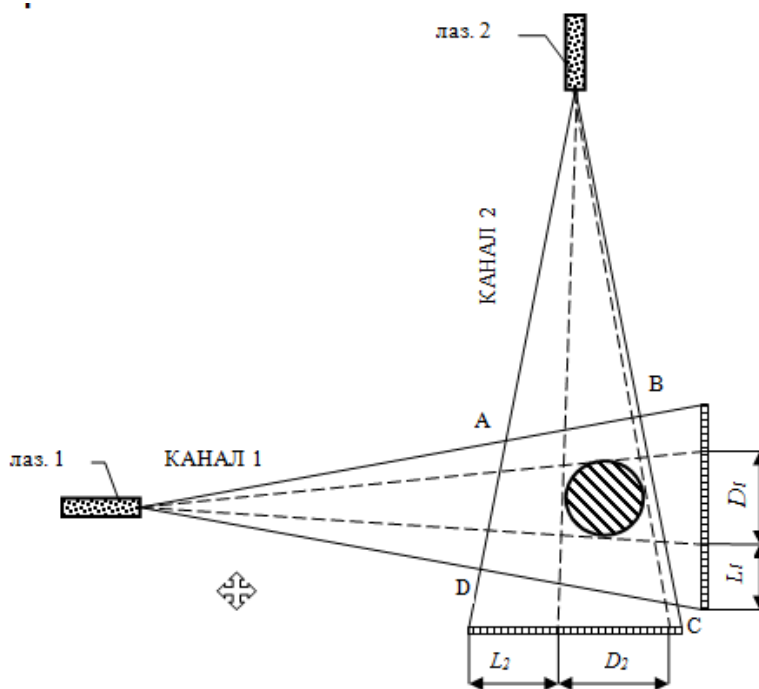


Рис. 2. Принцип измерения при теневом методе в расходящемся пучке, двухкоординатная схема

Источниками излучения являются импульсные инфракрасные лазеры, которые создают расходящийся световой поток, близкий по характеристикам к потоку идеального точечного источника. Проходя через рабочую зону головки, световой поток лазера каждого измерительного канала пересекает на своем пути измеряемый кабель и создает на соответствующем многоэлементном приёмнике тень ($D1$ и $D2$ рис. 2). Ширина тени зависит от диаметра кабеля и положения кабеля вдоль измерительной оси.

Тень кабеля фиксируется фотоприемником, представляющим собой интегральную схему, имеющую ряд миниатюрных фоточувствительных ячеек. Ячейки расположены в линию с фиксированным шагом, поперек оси кабеля.

Количество ячеек фотоприемника, закрытых тенью кабеля, подсчитывается вычислительной системой измерительной головки. Исходя из числа затененных ячеек и зная фиксированный шаг ячеек, микроконтроллер, определяет истинный размер тени. Далее, размер тени пересчитывается в диаметр кабеля. При расчете диаметра используется информация о положении кабеля вдоль измерительной оси по обоим каналам.

Средний диаметр кабеля определяется как полусумма диаметров по двум осям поперечного сечения, а овальность кабеля находится как полуразность этих значений. Измеренные значения выводятся на собственный цифровой индикатор измерительной головки и передаются по линии связи на выносной блок индикации.

Корпус прибора выполнен в виде цельного фрезерованного основания, на котором установлены основные элементы оптических измерительных преобразователей, а также электрические платы приёмников излучения и контроллера. Основание, установленное в корпус, также представляет собой монолитную деталь, на которой установлены органы отображения и управления передней и задней панелей прибора. Такая реализация конструкции измерителя обеспечивает её механическую жесткость. Корпус измерителя со стороны установки электронных плат закрывается крышкой, которая обеспечивает герметичность измерительного прибора. С другой стороны корпуса расположен отсек, обеспечивающий доступ обслуживающего персонала к оптическим элементам измерительных каналов для их периодической чистки. В рабочем состоянии отсек измерителя закрыт крышкой, которая крепится двумя винтами. На боковых крышках измерителя нанесена разметка, позволяющая облегчить процесс центрирования измеряемого изделия в рабочей зоне.



Рис. 3. Внешний вид измерителя диаметра

Применение современной базы современных компонентов совместно с оригинальной реализацией конструктива позволило создать прибор со следующими техническими характеристиками:

- Размер рабочей зоны – 23 мм;
- Минимальный измеряемый диаметр – 0,5 мм;
- Максимальный измеряемый диаметр – 18мм;
- Погрешность измерения диаметра в центре рабочей зоны, не более 10 мкм;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Свендровский А.Р. Расчёт диаметра в бесконтактных двухкоординатных измерителях // Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения: I всероссийская конференция – Томск, 2005 – С. 31–33.

V Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии», 19–23 мая 2014 г.

2. Фёдоров Е.М., Эдличко А.А. Вычисление геометрических параметров двухкоординатных измерителей диаметра протяженных изделий // Известия Томского Политехнического Университета, 2008. – Т. 313 – №2 – С. 87–93.
3. Фёдоров Е. М., Гольдштейн А. Е., Редько В. В. Методы и приборы оптического контроля диаметра и овальности электрических кабелей в процессе их производства // Ползуновский вестник, 2010. – № 2. – С. 141-148.
4. Клюев С А. Монтаж средств измерений и систем автоматизации / С. А. Клюев. — М. : ИС-ПО-Сервис, 1999. — 156 с. : ил. — ISBN 5-283-01665-2.

Сведения об авторах:

Шкретов А. М.: г. Томск, НИ ТПУ, магистрант 2-го года обучения.

Федоров Е.М.: г. Томск, НИ ТПУ, кандидат технических наук, доцент кафедры Информационно-измерительной техники.