

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДИАМЕТРА ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Д.Б. Терещенко, Е.М. Фёдоров

Институт Неразрушающего Контроля, Томский Политехнический Университет
г. Томск

Статья посвящена обзору методов и приборов диаметра протяженных изделий, рассматриваются оптические методы измерения диаметров протяженных изделий.

Ключевые слова: кабель, измерение, диаметр, оптический метод

Кабели и провода это важнейшие изделия, без которых невозможно представить современную повседневную жизнь общества. Кабельная промышленность, - одна из ведущих и наиболее бурно развивающихся отраслей народного хозяйства. Её отличают высокая технологичность, энергоёмкость, ресурсоёмкость и высокая степень автоматизации производства. Номенклатура кабельных изделий очень разнообразна. Широко применяются кабельные изделия с резиновой и пластмассовой изоляцией (в дальнейшем кабельные изделия). При этом главным критерием при производстве кабельных изделий выступает их качество – доведение выхода годных изделий до 100% посредством совершенствования технологии контроля основных параметров изделия в процессе производства, автоматизации технологических процессов. Поэтому необходим контроль как электрических, так и геометрических параметров кабельных изделий непосредственно в процессе производства. Контроль геометрических параметров позволяет снизить расход дорогостоящего сырья и материалов.

Качество кабельных изделий характеризуется различными геометрическими и электрическими параметрами, как правило, связанными друг с другом. Для проводов, изолированных жил, кабелей круглого сечения одними из наиболее важных конструктивных параметров являются наружный диаметр, овальность и эксцентricность. Выход за допуски геометрических параметров кабельного изделия влечет за собой не только его отбраковку по данному параметру, но и изменение его электрических характеристик. Измерение геометрических параметров кабеля должно происходить в режиме реального времени непосредственно в технологическом процессе. Различные технологические процессы

изготовления кабельных и других протяженных изделий включают в себя перемещение полуфабрикатов и готовой продукции со скоростями от 8 – 10 метров в минуту (эмалирование) до 1000 метров в минуту (волочение). Температура контролируемых объектов также имеет различные значения – от нескольких десятков до нескольких сотен градусов. Контролируемые изделия имеют поперечные размеры от долей миллиметра до нескольких сантиметров и требуют измерения с различной погрешностью.

Основная часть

Метод измерения мощности потока излучения

Схема, показанная на рисунке 1, основана на измерении мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником. Измеряемый объект находится в рабочей зоне, через которую проходит параллельный световой поток осветителя. Кабель частично перекрывает световой поток и, соответственно, уменьшает мощность излучения, воспринимаемого фотоприемником. Изменения воспринимаемой фотоприемником мощности пересчитываются в диаметр измеряемого кабеля.

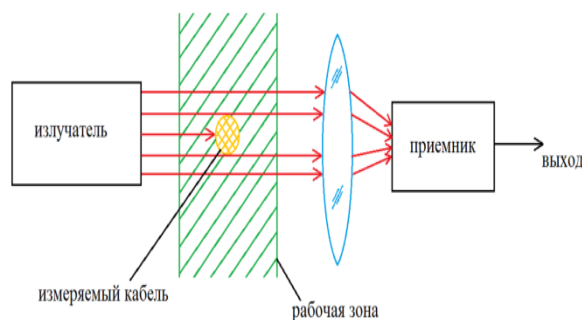


Рисунок 1 – Метод измерения мощности потока излучения

Для применения данной схемы необходим источник со стабильным световым потоком, который с течением времени остаётся постоянным, а также приемник оптического излучения с постоянной чувствительностью. В реальных условиях при наличии внешних дестабилизирующих факторов эти условия труднодостижимы. По этой причине прибор требует постоянной калибровки и не отличается достаточной точностью. Необходимость амплитудных измерений мощности, а в некоторых вариантах схемы и необходимость проведения измерений механических перемещений ограничивают применение схемы.

Схема со сканирующим узлом

Схема, приведенная на рисунке 2, содержит сканирующий узел, создающий тонкий луч, равномерно вращающийся со скоростью V в зоне измерения шириной W . Пересекая измеряемый кабель, луч прерывается и на фотоприемнике, воспринимающем излучение, возникает импульс, длительность которого равна времени t движения луча в поперечном сечении кабеля. Длительность импульса фотоприемника измеряется и переводится в диаметр измеряемого кабеля по формуле $D = \frac{t}{T} * W$, где T – период сканирования всей рабочей зоны.

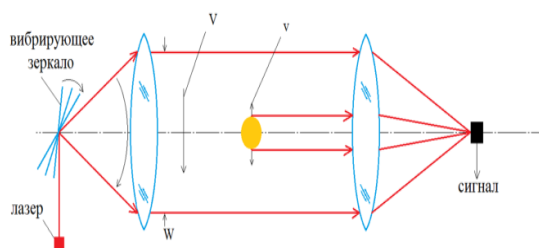


Рисунок 2 – Схема со сканирующим узлом

При сильных вибрациях кабеля погрешность может возрасти, поэтому кабель нужно дополнительно стабилизировать. В качестве источника излучения в таких схемах используют полупроводниковые лазеры. Вращение луча осуществляется зеркальным шестигранником, а в новых приборах такого типа пьезоэлектрическим зеркалом.

Достоинством является большой диапазон измерения, высокая скорость измерения и большая точность. Однако наличие подвижных узлов требует их высококачественного изготовления для получения требуемого ресурса работы, а необходимость использования качественной оптики усложняет и удорожает устройство.

Теневой метод в квазипараллельном пучке

При разработке устройств измерения диаметра кабеля на сегодняшний день наиболее часто используется этот метод. Излучатель с помощью оптической системы создает в рабочей зоне, сквозь которую горизонтально движется измеряемый кабель, пучок света близкий к параллельному. Тень кабеля попадает на многоэлементный фотоприемник, ячейки которого расположены вертикально в линию. Число затенённых ячеек, помноженное на ширину одной ячейки, соответствует диаметру кабеля. Современные фотоприёмные линейки имеют размер ячейки от 5 до 12 мкм, что даёт возможность обеспечивать соответствующую точность измерения. В качестве источника излучения могут быть использованы лампа накаливания, одиночный светодиод или полупроводниковый лазер. Использование лазера предпочтительней, т.к. этот источник наиболее приближен к точечному. Это упрощает оптическую схему и процесс настройки и юстировки.

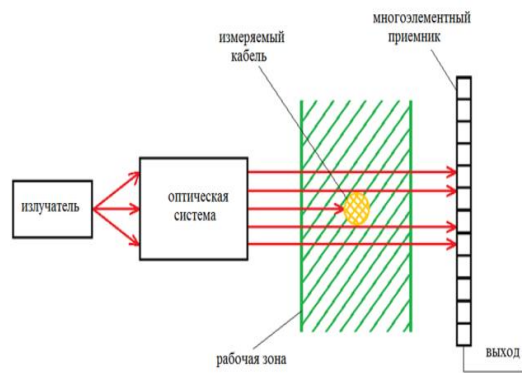


Рисунок 3 – Теневой метод в квазипараллельном пучке

Основной вклад в погрешность при использовании данной схемы вносит неидеальность оптической системы коллиматора, который преобразует свет от точечного источника в параллельный пучок. Наличие aberrаций и погрешность юстировки приводят к тому, что световой поток в рабочей зоне отличен от параллельного и при перемещениях измеряемого кабеля это довольно сильно влияет на точность измерения. Чем больше зона измерения, тем шире должна быть апертура коллиматора, а в свою очередь при увеличении апертуры влияние этого вида ошибки на измерение увеличивается, даже если будет использована линейка с более

мелким шагом. По этой же причине схема не пригодна для измерения малых объектов меньше 1 мм. Таким образом, данная схема применима для измерений в диапазоне диаметров примерно от 1 до 25 мм. Создание двухкоординатных измерителей с широкой зоной измерения на базе этой схемы проблематично в силу её громоздкости и других изложенных причин, однако схема выгодно отличается от предыдущих потенциально более высокой надежностью из-за отсутствия механических подвижных элементов и меньшим влиянием помех, так как не требует проведения амплитудных и временных измерений.

Метод построения изображения

Суть метода поясняет рисунок 4.

Протяженный источник фоновой подсветки, излучающий диффузно рассеянный свет, создаёт ярко освещенный фон, необходимый для получения объективом контрастного изображения контролируемого объекта. перед линейкой, в рабочей зоне измерительной головки, движется измеряемое изделие. Изображение кабеля проектируется объективом в уменьшенном виде на многоэлементный фотоприемник, содержащий ряд фоточувствительных ячеек малого размера. Ячейки фотоприемника расположены в линию, перпендикулярно продольной оси объекта. Количество ячеек, закрытых изображением, определяет микроконтроллер измерительной головки, управляющий работой фотоприемника. Исходя из числа ячеек, закрытых изображением, и размера ячейки, микроконтроллер рассчитывает размер изображения кабеля, а зная масштаб преобразования объектива, определяет в миллиметрах истинный диаметр кабеля.

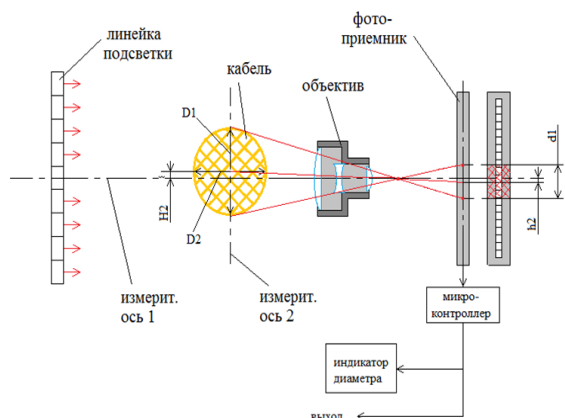


Рисунок 4 – Метод построения изображения

Для устранения погрешности измерения, возникающей при смещении кабеля из центра измерительной зоны, используется перекрестная связь между измерительными каналами.

Достоинствами схемы является то, что она является двухкоординатной; с её помощью возможно измерять объекты очень больших диаметров (до 200 мм); в ней не используются дорогостоящие полупроводниковые лазеры и ПЗС линейки большой длины; схема полностью сохраняет свою работоспособность при повышенных температурах.

Теневой метод в расходящемся пучке

Оптическая линзовая система оказывает существенное влияние на точность измерения. На рисунке 5 представлена схема измерителя, в котором точечный источник излучения светит расходящимся пучком непосредственно на фотоприёмную линейку. В качестве источников излучения здесь всегда используются полупроводниковые лазеры, излучение которых наиболее близко к точечному. В схеме не используется преобразующая оптика. Здесь мы имеем дело с расходящимся пучком и не можем однозначно определить диаметр объекта по его тени, как это делается в параллельном пучке. При перемещении измеряемого объекта размер его тени также меняется, но эти перемещения можно отслеживать, если перпендикулярно одному измерительному каналу поставить другой идентичный первому.

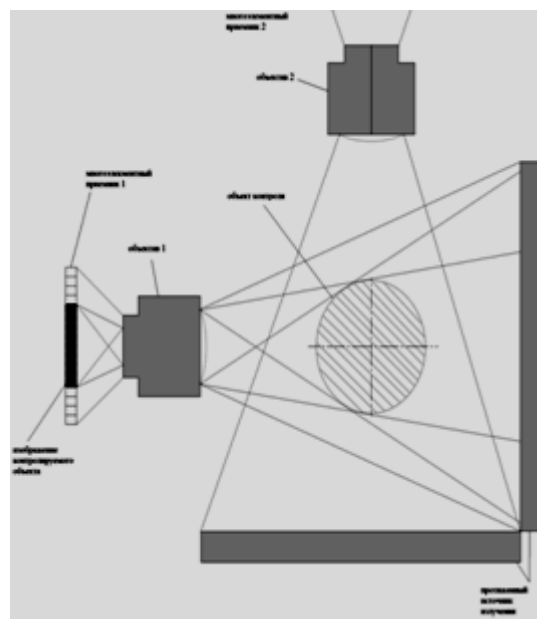


Рисунок 5 – Теневой метод в расходящемся пучке

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДИАМЕТРА ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Схема рассматриваемого двухкоординатного измерителя показана на рисунке 5. Прибор содержит два измерительных канала оси которых взаимно перпендикулярны. В каждом канале имеется точечный излучатель, создающий расходящийся световой поток и многоэлементный линейный фотоприемник, измеряющий размер тени объекта. Контролируемый объект, имеющий форму сечения близкую к кругу, находится в рабочей зоне прибора, освещается двумя излучателями и образует две тени, воспринимаемые фотоприёмниками измерительных каналов. Обработку сигналов и расчет истинного диа-

метра объекта выполняет микроконтроллер, входящий в состав прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фёдоров Е.М. Технологический контроль диаметра электрического кабеля в процессе производства, 2010 г. – 155 стр.
2. Редько В.В., Фёдоров Е.М, Методы и средства контроля в кабельной промышленности, 2008 г. – 112 стр.

Терещенко Денис Борисович – студент, тел.: 8-913-868-49-44, e-mail: WaZZaAAaMeN@mail.ru;
Фёдоров Евгений Михайлович – научный руководитель, к.т.н., доцент НИ ТПУ 9618885394, e-mail: evgeny_fyodorov@list.ru.