

## Список информационных источников

- 1.ГОСТ 24034-80 «Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения»;
- 2.Гафт С. Рентгеновский контроль – мощное средство для диагностики и локализации дефектов современных печатных плат. //Компоненты и технология. – 2004. - № 6. – с. 1-3.
- 3.Шмаков М. Выбор системы рентгеновского контроля. Взгляд технолога. //Технология в электронной промышленности. – 2006.-№ 5.
- 4.Левданский А. Оптический и рентгеновский контроль печатных плат при помощи одной системы. //Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 6.

### РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЁМКОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ НА ОСНОВЕ ФАЗОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА

*Киселёв Е.К.*

*Томский политехнический университет*

*Научный руководитель: Фёдоров Е.М., к.т.н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Измерение ёмкости кабеля является неотъемлемой частью во всей кабельной промышленности. Ёмкость зависит от толщины проводников, длины кабеля, материала изоляции и прочих факторов. Как известно, ёмкость, способна пропускать переменный электрический ток. При этом от частоты тока зависит сопротивление, которое емкость оказывает переменному току. Чем она выше — тем сопротивление меньше. Вследствие чего, вместе с сопротивлением самих проводников, стоит также учитывать и ёмкость, что является важнейшей характеристикой кабеля.

Данный метод позволяет контролировать ёмкость кабеля ещё на стадии нанесения изоляции. Что делает процесс экономически выгодным с финансовой точки зрения. Также это дает возможность изначально задавать необходимую емкость и контролировать постоянство её значения по всей длине кабеля.

Поскольку на рассматриваемом этапе производства кабель не имеет ни второй жилы ни экранирующего слоя. Поэтому конструкция преобразователя, заменяющего второй электрод, должна обеспечивать полный контакт с кабелем на протяжении всего рабочего участка. Под рабочим участком кабеля понимается отрезок кабеля, на котором

производится измерение. Такому условию удовлетворяет конструкция на рисунке 1.

В данный момент на кафедре ФМПК проводятся исследования устройства реализованного на данном методе. Существующий прибор способен зарегистрировать разницу изменения ёмкости в 1 пф. Фазометрическое измерительное устройство, на котором построен измеритель ёмкости, преобразовывает сдвиг фазы в напряжение и представляет собой двухканальное устройство, включающее в себя формирователи синусоиды в прямоугольные импульсы (TTL), устройство установки нуля, выходные фильтры и цифровой блок для обработки и вывода результата измерения на ЖК дисплей.

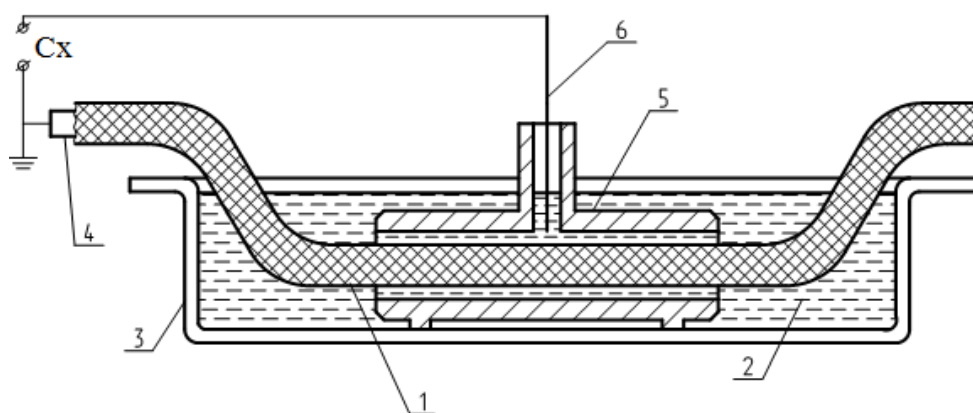


Рисунок 1. Схема измерения ёмкости, где 1 — контролируемый кабель; 2 — проводящая жидкость; 3 — ванна; 4 — жила кабеля; 5 — первичный преобразователь, 6 — сигнальный провод (подводящий потенциал к жидкости).

Структурная схема преобразователя представлена на рисунке 2. Суть метода заключается в следующем (рисунок 3): входные сигналы, сдвинутые по фазе относительно друг друга (1), поступают на формирователи, в качестве которых используются компараторы, формирующие из синусоид прямоугольные импульсы (2).

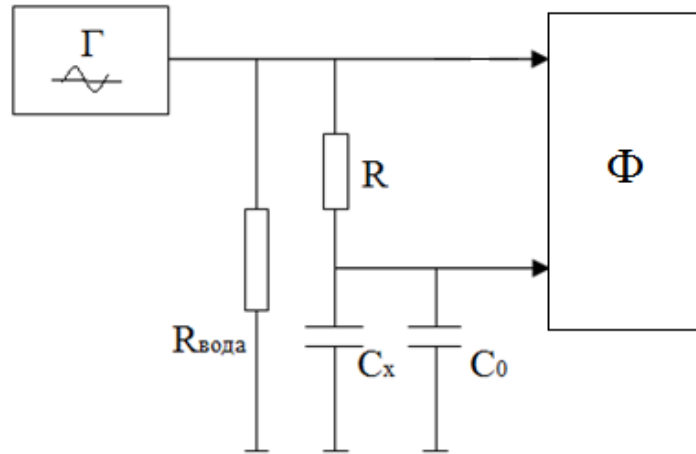


Рисунок 2 - Структурная схема преобразователя, где Г — генератор; Ф — фазометр.

Следующим шагом преобразования, является преобразование в интервал времени. Импульсы поступают на логический элемент, который преобразовывает смещение двух сигналов друг относительно друга в интервал времени (3). Затем, после интегрирующей цепочки, на выходе устройства измеряется уже среднее напряжение, функционально связанное с измеряемой ёмкостью.

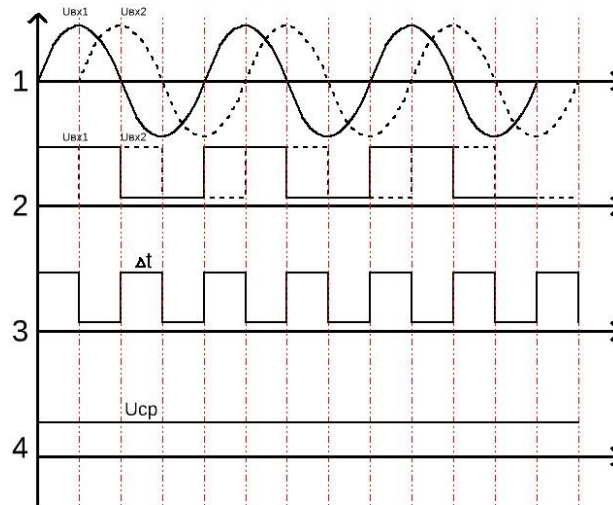


Рисунок 3 - Основные этапы преобразования сдвига фаз в напряжение.

Сдвиг фазы зависит от ёмкости согласно формуле 1.

$$\Delta\phi = -\arctg(\omega R(C_0 + C_x)) \quad (1)$$

Из этого следует, что:

$$C_x = \frac{\tg(-\Delta\phi)}{\omega \cdot R} - C_0 \quad (2)$$

где  $C_0$  - ёмкость датчика;  $C_x$  - измеряемая ёмкость.

Уравнение для преобразования фазы в напряжение выглядит следующим образом:

$$\Delta\phi = \frac{U_{\text{ср}}}{U_{\text{пит}}} \cdot 180^{\circ} \quad (3)$$

где  $U_{\text{ср}}$  - величина среднего выходного напряжения;  $U_{\text{пит}}$  - величина напряжения питания усилителя. Поскольку вольтметр измеряет величину постоянного напряжения  $U_{\text{ср}}$ , то уравнение преобразования запишется в виде:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{пит}}}{180^{\circ}} \cdot \Delta\phi = \frac{5}{180^{\circ}} \cdot \Delta\phi \quad (4)$$

Чувствительность прибора была определена опытным путём и составила 27 мВ/град. И подтверждается аналитическим путём:

$$U_{\text{ср}} = \frac{5}{180^{\circ}} \cdot 1^{\circ} \approx 27\text{мВ} \quad (5)$$

Макет, собранный на основе данного метода имеет ряд достоинств: имеются два не зависимых предусилителя с переменным коэффициентом как больше, так и меньше единицы, в случае если входные сигналы превышают максимальное значение; стоит отметить и наличие фазовращателя, необходимого для установки рабочей точки.

Эксперимент проводился с сигналами на частоте 10 кГц, амплитуде 3 В. При эксперименте использовалась RC-цепочка первого порядка. Данные полученные в ходе эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные

<b><math>C_x</math>, пф</b>	<b>U(эксп), мВ</b>	<b>U(теор), мВ</b>
1	17.2	16.9
2.2	36.9	36.4
3.3	55.8	54.2
4.7	74.3	75.8
10	151.9	152.8
22	298.5	298.3
33	403.9	404.2
47	511.3	511.7
100	757.1	756.4

На основе данных из таблицы 1 можно сделать вывод о высокой чувствительности разработанного устройства. Экспериментальные данные практически полностью повторяют аналитически рассчитанные что говорит о правильности работы схемы.

## Список информационных источников

1. Атамальян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учебное пособие для студ. Вузов. –М.:Мысш. шк., 1989. -384 с.
2. Полищука Е. С. Электрические измерения электрических величин, Издательское объединение «Высшая школа», 1984.

## РАСЧЕТ ДИАМЕТРА В БЕСКОНТАКТНЫХ ТРЕХКООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ С РАСХОДЯЩИМСЯ ЛАЗЕРНЫМ ПУЧКОМ

*Коба А.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Федоров Е.М., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Бесконтактные измерители диаметра круглых протяженных изделий, таких как кабель, канаты, трубы и т.п., использующие теневой метод измерения в расходящемся световом потоке, обладают целым рядом неоспоримых преимуществ, связанных с отсутствием в них элементов линзовой и зеркальной оптики. В частности, достижимая точность измерения таких приборов, составляет доли микрометра и ограничена только дифракционными эффектами на границах тени. Однако, работа в расходящемся световом потоке вызывает изменение размеров тени измеряемого объекта при его перемещениях в зоне контроля. Последнее требует использования сложных соотношений для расчета истинного диаметра объекта [1],[2].

Целью настоящей статьи является вывод соотношений для расчета диаметра в трехкоординатных измерителях. Трехкоординатный измеритель позволит измерять точный диаметр и овальность, в том числе минимальное и максимальное значение, в не зависимости от ориентации объекта относительно измерительных осей. Обычные двухкоординатные измерители обеспечивают получение приближенных размеров овальности, овальность оценивается по максимальному и минимальному значению. Эти величины напрямую зависят от ориентации овальности внутри измерительного поля. Трехкоординатный измеритель решает все эти проблемы.

Преимущества трехкоординатного измерителя в сравнении с двухкоординатным:

–Три синхронизированные измерительные оси на одной плоскости