

8. Клименов В.А., Осипов С.П., Темник А.К. Идентификация вещества объекта контроля методом дуальных энергий.— Дефектоскопия, 2013, № 11, с. 40–50.

9. Osipov, S., Libin, E., Chakhlov, S., Osipov, O., Shtein, A. Parameter identification method for dual-energy X-ray imaging / // NDT and E International. – 2015. pp. 38-42.

10.Высокоэнергетический метод дуальных энергий для идентификации веществ объектов контроля / Чахлов С.В., Осипов С.П. // Контроль. Диагностика. 2013. № 9. С. 9-17.

11.Гавриш Ю.Н., Бердников Я.А., Спирин Д.О., Передерий А.Н., Сафонов М.В., Романов И.В. / Программный комплекс для восстановления интроскопических изображений с использованием метода дуальной энергии// Вопр. атом. науки и техн. — 2010. — № 3. — с. 123-125.

12.Multi-view object detection in dual-energy X-ray images / Baştan, M. // Machine Vision and Applications 26 (7-8), 2015. pp. 1045-1060.

13.X-ray cargo container inspection system with few-view projection imaging / Xinhui Duan, Jianping Cheng, Li Zhang, Yuxiang Xing, Zhiqiang Chen, Ziran Zhao // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2009. – V. 598. – № 2. – P. 439–444.

14. Frosio I., Borghese N.A., Lissandrello F., Venturino G., Rotondo G. Optimized acquisition geometry for X-ray inspection.— Conference Record –IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference 2011 – 5944195, p. 300–305.

## **ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБОЛОЧКИ СЕКТОРНОЙ ЖИЛЫ НАКЛАДНЫМ ВТП**

*Ван Юй*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гольдштейн А.Е., д. т. н., профессор кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

Кабели и провода это важнейшие изделия. Кабельную промышленность отличают высокая технологичность, энергоёмкость, ресурсоёмкость и высокая степень автоматизации производства.

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 60811-1-1-98 «Измерение толщин и наружных размеров - Измерение толщины и наружных размеров изоляции и оболочек кабелей», для жил секторной формы проводят

шесть измерений, как показано на рис. 1 (м.т. — минимальная толщина).[1]

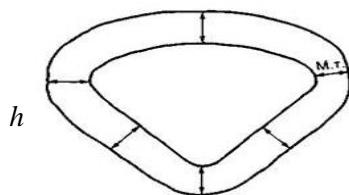


Рис. 1. Шесть точек измерения толщины изоляции для секторной жилы

Для измерения толщины изоляционной оболочки кабеля, применяются различные методы и средства. По сравнению с другими методами, вихретоковый метод обладает высокой скоростью контроля, малым влиянием внешних факторов, возможностью автоматизации процесса контроля.

### **Физические основы вихретокового метода измерительных преобразований**

Контроль толщины изоляции при одностороннем доступе проводят накладным вихретоковым преобразователем ВТП, состоящим из возбуждающей ОБ и измерительной ОИ обмоток. Синусоидальный ток, протекающий по обмотке возбуждения, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте контроля (ОК). Магнитное поле вихревых токов воздействует на обмотки ВТП, наводя в них ЭДС. [2]

### **Экспериментальная часть**

Целью эксперимента являлось экспериментальное исследование зависимости выходного напряжения вихретокового преобразователя от изменения расстояния между корпусом преобразователя и поверхностью жилы кабеля, формы поперечного сечения.

Если форма секторной жилы симметричная, то можно проводить эксперименты для четырёх точек. На рис. 2 приведена схема измерения толщины изоляции кабеля накладным вихретоковым преобразователем.

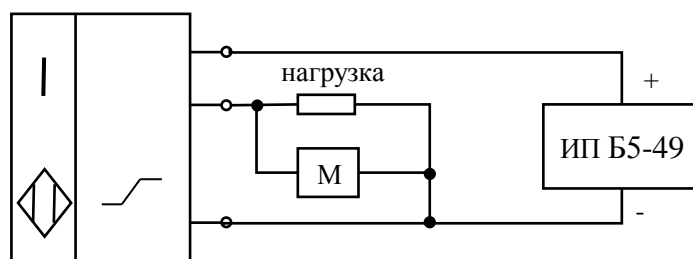


Рис. 2. Экспериментальная схема измерения толщины изоляции кабеля накладным вихретоковым преобразователем

В качестве преобразователей использованы преобразователи расстояния ВAW M18MG-UAC80F-S04G [3] и ВAW M12MF2-UAC40F-ВP03 [4]. Основные характеристики преобразователей приведены в таблице 1.

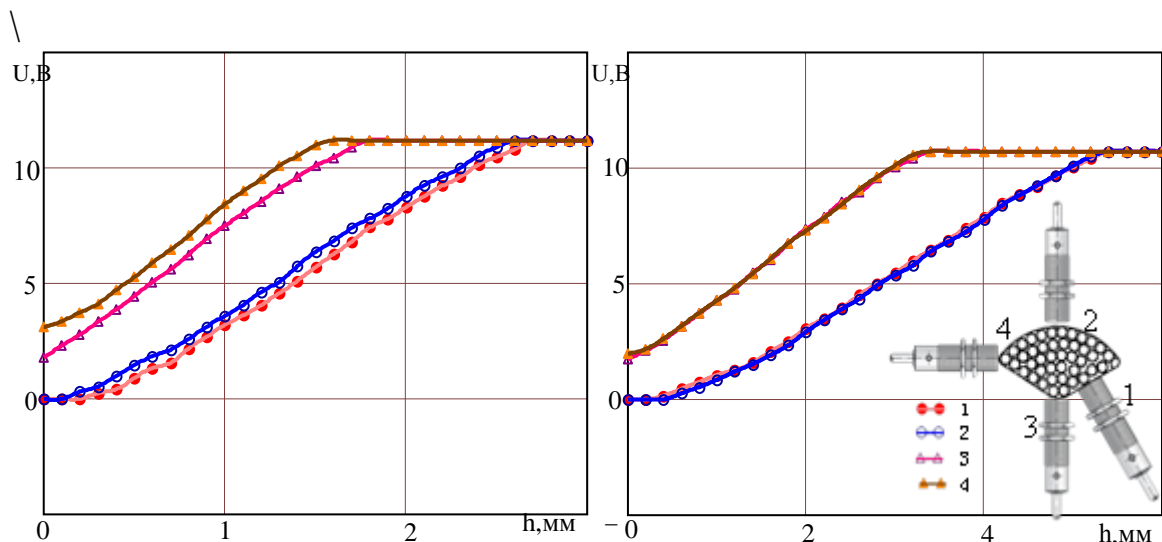


Рис. 3 Зависимости выходного напряжения от изменения зазора между корпусом ВТП ВAW M12MF2-UAC40F-ВP03 (слева) и ВAW M18MG-UAC80F-S04G (справа) для четырех точек поверхности жилы кабеля

По результатам эксперимента были построены зависимости выходного напряжения преобразователя от изменения зазора между корпусом ВТП для четырех точек поверхности жилы кабеля. Зависимости показаны на рис. 3 для преобразователей ВAW M18MG-UAC80F-S04G и ВAW M12MF2-UAC40F-ВP03.

Таблица 1. Основные характеристики преобразователей ВAW

Тип преобразователей	ВAW M18MG-UAC80F-S04G	ВAW M12MF2-UAC40F-ВP03
Линейная чувствительная зона (мм)	2—8	1—4
Диаметр(мм)	M18×1	M12×1
Нелинейность(мкм)	±180	±90

### Структурная схема и разработка программной вычислительной обработки сигналов

Система, представленная на рис. 4, работает для измерения толщину изоляционной оболочки кабеля.

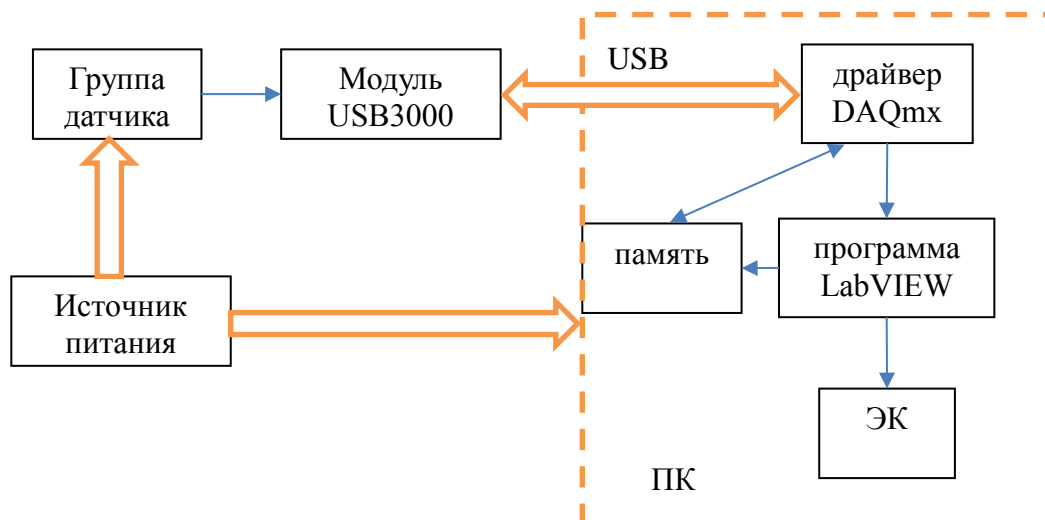


Рис. 4. Структурная схема

Датчик, который измеряет расстояние в электрическом напряжении, с аналоговым выходом. Для писания аналогового сигнала в компьютере, используем модуль USB-3000, модуль является универсальным устройством измерения. Высокое быстродействие позволяет исследовать широкополосные сигналы и быстропротекающие процессы.



Рис.5. Передняя панель

С помощью программы LABView, разработан данный прибор. Передняя панель показана на рис.5.

Используя образцы, толщина которых равна 1мм и 2.1мм, определить погрешность измерения. Для каждой точки, проводим 10 измерения, относительная погрешность измерительного значения от действительного значения рассчитаны. Из данных эксперимента, можно

сказать, что относительная погрешность измерения для каждой точки в пределах 3%. Таким образом, этот прибор надежный и точный, можно использовать для измерения толщины изоляционной оболочки секторной жилы кабеля.

### **Заключение**

Изучены физические основы вихретокового метода и принцип вихретокового толщиномера. Доказана возможность использования вихретокового метода для измерения толщины оболочки секторной жилы, получены зависимости выходного напряжения вихретокового преобразователя от изменения расстояния между корпусом преобразователя и поверхностью жилы кабеля. С помощью LABView, реализовано непрерывное измерение толщины изоляционной оболочки секторной жилы кабеля с высокой точностью.

### **Список информационных источников**

1. <http://leg.co.ua/info/kabeli/naznachenie-kabeley.html>, Назначение кабелей [электронный ресурс]. (дата обращения: 5.05.2015).

2. ГОСТ Р МЭК 60811-1-1-98 «Измерение толщин и наружных размеров - Измерение толщины и наружных размеров изоляции и оболочек кабелей».

3. Гольдштейн А.Е. Физические основы получения информации: учеб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

4. [http://www.murri.fi/documents/balluff/BAW/BAWM18MG\\_UAC80F\\_S04G\\_en.pdf](http://www.murri.fi/documents/balluff/BAW/BAWM18MG_UAC80F_S04G_en.pdf), Датчик расстояния индуктивный BAW M18MG-UAC80F-S04G [электронный ресурс]. (дата обращения: 25.02.2015).

5. [http://www.sensotronik.se/pdf/01ind/BUF/BAWM12MF2\\_UAC40F\\_BP03\\_en.pdf](http://www.sensotronik.se/pdf/01ind/BUF/BAWM12MF2_UAC40F_BP03_en.pdf), Датчик расстояния индуктивный BAW M12MF2-UAC40F-BP03 [электронный ресурс]. (дата обращения: 25.02.2015).