

1. Кузелев, Н.Р., Косарев, Л.И., Юмашев, В.М., Штань, А.С. Исследование применения радиационной компьютерной томографии при контроле качества виброуплотненных ТВЭЛов // *Атомная энергия*. – 1987. – Т. 62. – № 3. – С. 22–26.
2. Жуков, Ю.А., Карлов, Ю.К., Косых, В.П., Поташиников, А.К., Обидин, Ю.В., Чащин, С.Б. Компьютерная томография в задачах контроля сварных соединений ТВЭЛ // *Автоматрия*. – 1997. – № 4. – С. 43.
3. Косарев, Л.И., Кузелев, Н.Р., Штань, А.С., Юмашев, В.М., Дворецкий, В.Г., Жителев, В.А. Опыт применения методов и аппаратуры радиационной интроскопии и томографии при отработке технологии изготовления топливных элементов АЭС // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2006. – Т. 72. – № 1. – С. 32–35.
4. Gras C., Stanley S.J. Post-irradiation examination of a fuel pin using a microscopic X-ray system: Measurement of carbon deposition and pin metrology // *Annals of Nuclear Energy*. – 2008. – Vol. 35. – № 5. – P. 829–837.

ПРИБОР ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОГОННОЙ ЕМКОСТИ ПРОВОДА

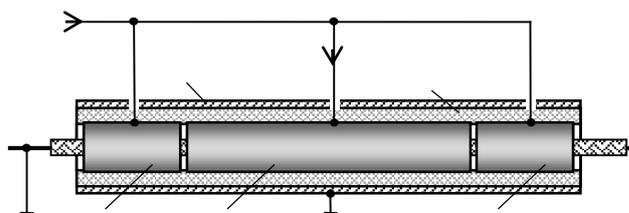
Вавилова Галина Васильевна, Гольдштейн Александр Ефремович, Мазиков Сергей Валерьевич
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Научный руководитель: Гольдштейн А. Е., д.т.н.

wgw@tpu.ru

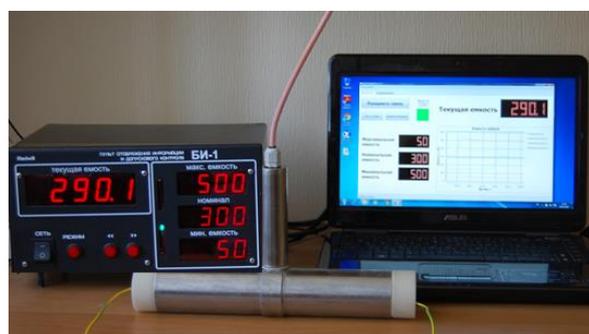
При производстве одножильного электрического провода для контроля его качества необходимо контролировать диаметр жилы и изоляции, эксцентricность, отсутствие дефектов и т.п. [1,2]. Отклонение этих параметров приводит к изменению емкости, поэтому контроль погонной емкости может дополнить, а иногда и заменить указанные виды контроля.

Для реализации технологического контроля погонной емкости можно использовать прибор, основанный на использовании трубчатого электрода [3], погруженного вместе с контролируемым проводом в охлаждающую ванну экструзионной линии производства провода. Этот метод контроля широко распространен в кабельном производстве (Sikora, Zumbach [4,5]) и фактически не имеет альтернативы. В настоящее время на рынке представлены лишь приборы зарубежного производства, которые имеют высокую стоимость, а также не учитывают особенности эксплуатации в российских условиях производства кабельных изделий. Это приводит к необходимости разрабатывать отечественные приборы контроля емкости. Представленный в данной статье прибор САР-10 является попыткой решить данную проблему.

Конструкция и внешний вид основного элемента измерителя емкости – электроемкостного измерительного преобразователя (ЭЕИП) – представлены на рисунке 1. ЭЕИП состоит из измерительного 1 и двух дополнительных электродов 2,3, заключенных в металлический корпус 4 и изолированных от него слоем диэлектрика 5. На вход преобразователя подается гармоническое напряжение известной амплитуды и частоты. Значение емкости провода определяется по силе тока, протекающего через измерительный трубчатый электрод. Подробно принцип действия ЭЕИП описан в [6]. В [7] изложен принцип подбора с помощью численного моделирования оптимальных конструктивных параметров ЭЕИП, позволяющих минимизировать методическую погрешность измерения емкости.



а



б

Рис.1. Конструкция ЭЕИП и внешний вид САР-10

САР-10 предназначен для технологического контроля погонной емкости провода. Внешний вид основных блоков САР-10 представлен на рис. 1 б. Прибор состоит из ЭЕИП, блока аналогового

преобразования сигналов, блока вычислительной обработки и блока визуализации. Подробно принцип действия измерителя емкости CAP-10 описан в [8]. Прибор реализует измерение значения погонной емкости провода, сравнение текущего значения с предельно допустимыми значениями, осуществляет индикацию результата измерения, а также способен создавать и хранить массив значений емкости провода за заданный промежуток времени. Еще одной важной функцией CAP-10 является обнаружения наличия локальных дефектов в изоляции провода, которые фиксируются по резкому изменению емкости [9].

Первичная настройка CAP-10, проводимая на стадии производства прибора, позволяет осуществить отстройку от влияния изменения электропроводности воды путем подбора коэффициентов функции преобразования значения силы тока в цепи измерительного электрода в значение погонной емкости контролируемого провода.

Для корректировки погрешности измерения прибора CAP-10 непосредственно на технологической линии в охлаждающей ванне предусмотрена «рабочая» настройка, проводимая в автоматизированном режиме. «Рабочая» настройка необходима для исключения систематической составляющей погрешности измерения емкости.

Заводские испытания опытного образца прибора CAP-10, проведенные на заводе АО «Сибкабель», показали стабильность работы в условиях технологического процесса производства провода. Было отмечено соответствие заявленных технических характеристик прибора паспортным данным. Предложенные методики первичной и «рабочих» настроек показали свою состоятельность. Получены положительные отзывы реальных представителя кабельной промышленности России.

Список литературы:

- [1] Starikova N., Redko V., Redko L. and Ermoshin N.// MATEC Web of Conferences. 2016. T. 79. C. 01032. DOI: 10.1051/mateconf/201679010 2016
- [2] Goldshtein A.E., Fedorov, E.M.// Russian Journal of Nondestructive Testin. 2010. T. 46. №. 6, C. 424-430
- [3] Fleming P., Coleman L.R.// US Patent 20030128038 2003 Capacitance monitoring systems
- [4] CAPACITANCE 2000: Capacitance measuring devices for cable production lines. 2016. URL: http://sikora.net/wp-content/uploads/2016/03/CAPACITANCE_2000_GB.pdf
- [5] CAPAC®/FFT: Capacitance measurement systems for cable production lines. 2016. URL: http://www.zumbach.com/pdf/Literature/CAPAC/CAPAC_Familie_CAPA.002.0002.E.pdf
- [6] Goldshtein A.E., Vavilova G.V., Mazikov S.V.// J. Phys.: Conf. Ser. 2016. T. 671, C. 012062. doi: 10.1088/1742-6596/671/1/012062
- [7] Goldshtein A.E., Vavilova G.V., Belyankov V.Yu.// Russ. J. Nondestr. Test. 2015. T. 51. № 2, C. 35-43. doi: 10.1134/S1061830915020047
- [8] Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. // Ползуновский вестник. 2015. № 3. С. 38-42
- [9] Goldshtein A.E., Vavilova G.V., Redko V.V.// RU Patent 2578658. 2016. Method of measurement capacitance of a solid strand electrical wire

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ Т-ОБРАЗНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ТЕРАОММЕТРАХ

Ермошин Николай Иванович, Якимов Евгений Валерьевич

Томский политехнический университет

Гольдштейн Александр Ефремович, д.т.н

ermoschin.nik@yandex.ru

Широкое распространение получили тераомметры, имеющие схему преобразователя сопротивления в напряжение с обратной шкалой, на основе операционного усилителя (рис.1). Преимущества тераомметров, работающих по данному принципу в том, что они работают при равном нулю синфазном сигнале, обладают хорошей помехоустойчивостью и менее критичны к входному сопротивлению усилителя постоянного напряжения (УПТ) [1].

