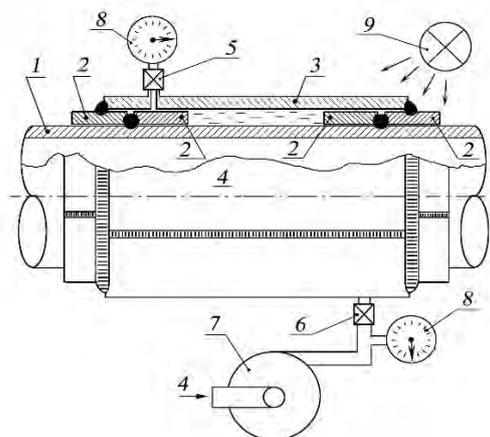


муфтовое пространство заполняют составом, нейтрализующие остатки адгезива (например, этилацетатом), с которым проводят гидравлические испытания.



1 – трубопровод, 2 – технологические кольца, 3 – муфта, 4 – жидкость с адгезивом, 5 – верхний кран, 6 – нижний кран, 7 – нагнетатель, 8 – манометры, 9 –УФ-излучатель

Рисунок 2 – Гидравлические испытания подмуфтового пространства

Для облегчения поиска дефектных мест, для гидравлических испытаний используют жидкость, обладающую специальными свойствами. Например, в жидкость может быть добавлен хладагент. В этом случае, утечки жидкости определяют путем измерения температурного градиента по внешней поверхности муфты. В жидкость для гидравлических испытаний может быть добавлен мелкофракционный краситель, например, флуоресцирующий. В этом случае, утечки определяют путем облучения внешних частей муфты ультрафиолетовым излучением. Утечки могут быть определены и химическим способом, с использованием естественных свойств жидкости, применяемой для гидравлических испытаний.

УДК 681.3

## ДИСКРЕТНЫЕ КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Пономарева О.В., Пономарев В.А.

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашикова  
Ижевск, Российская Федерация

Одной из важнейших задач обеспечения повышения эффективности разработки, производства и эксплуатации современных изделий является получения точных и достоверных знаний о состоянии объектов, свойствах явлений и процессов методами и средствами измерений. На практике большинство различного рода физических величин, характеризующих состояние объ-

Для этого, на внешнюю сторону муфты наносят индикатор, изменяющий свои свойства (например, цвет) при взаимодействии с применяемой для гидравлических испытаний жидкостью.

Разработанный способ [3] поясняется рисунком 2.

Новизна предлагаемого способа контроля герметичности подмуфтового пространства, совмещённого с обработкой поверхности трубы и муфты, подтверждена патентом Украины на изобретение [3], выданным после проведения квалификационной экспертизы, включающей и экспертизу на мировую новизну.

Предложенный способ включён в качестве обязательного элемента общей технологии установки ремонтных муфт на газопроводах Украины [2].

1. Тымчик, Г.С. Система контроля качества монтажа клеесварной муфты на магистральном газопроводе высокого давления газопроводов / Г.С. Тымчик, А.А. Подолян // Научные вести национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» – Киев: Изд-во НТУУ «КПИ», 2012 – Вып.6. – С.138-144.
2. ГБН В.3.1-00013741-12:2011. Магистральные газопроводы, ремонт дуговой сваркой в условиях эксплуатации: - К.: Министерство энергетики и угольной промышленности Украины. – 2011. – 152 с.
3. Пат. на изобретение 82038 Украина, МПК (2006) F16L 55/00, G01M 3/00. Способ муфтового ремонта дефектного участка действующего трубопровода с контролем качества монтажа / Бут В.С., Мандра А.С., Подолян А.А. и др.; заявл. 27.11.2007; опубл. 25.02.2008, бюл. №4.

екта измерения<sup>3</sup> в той или иной предметной области, преобразуются в процессе измерений в электрические измерительные сигналы (ЭИС),

<sup>3</sup> **Объект измерения** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами (РМГ 29 – 99).

параметры<sup>4</sup> которых содержат количественную информацию об измеряемых физических величинах и функционально с ними связаны.

На современном этапе развития измерительных и информационных технологий происходит интенсивный переход на методы и средства, основанные на дискретных косвенных измерениях (ДКИ) электрических величин, так как данный вид измерений обладает целым рядом преимуществ и играет ключевую роль в повышении качества выпускаемой продукции. В результате наблюдается постоянное расширение, как спектра приложений методов и средств ДКИ параметров ЭИС, так и спектра предметных областей, в которых они применяются (виброакустическое функциональное диагностирование механических объектов, экологическая безопасность, медицинская диагностика, пассивная и активная гидролокация, распознавание речи и изображений, сейсмология, геофизика и т.д.) [1]. В этих областях, как и во многих других, временные, частотные и частотно-временные параметры дискретных электрических измерительных сигналов (ДЭИС) являются основным физическим носителем информации о состоянии исследуемого объекта.

Системный анализ приложений методов и средств ДКИ электрических величин (ЭВ) позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, измерительные приборы<sup>5</sup> всегда являются частью некоторой измерительной системы<sup>6</sup> (ИС) [2]. ИС являются более сложными техническими системами, которые содержат в своем составе подсистемы, функциональные блоки и элементы, отличающиеся по структуре, свойствам, характеру связей и параметрам.

Во-вторых, совокупность ЭВ и ЭИС, характеризующих объект измерения, применяемые методы и средства их измерения, требования к функциональным возможностям и метрологическим характеристикам измерительных приборов определяются, прежде всего, задачами, стоящими в целом перед ИС, а также условиями решения этих задач.

<sup>4</sup> **Измеряемые параметры** – физические величины, наилучшим образом отражающие качество изделий или процессов (РМГ 29 – 99).

<sup>5</sup> **Измерительный прибор** – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне (РМГ 29 – 99).

<sup>6</sup> **Измерительная система** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях (РМГ 29 – 99).

Спецификой случайных ДЭИС во многих предметных областях является конечность интервала измерения и наличие в их структуре скрытых периодических и ангармонических сигналов<sup>7</sup> (скрытых периодичностей и ангармонических периодичностей), измеряемые параметры которых являются основными носителями информации о состоянии исследуемых объектов, свойствах анализируемых явлений и процессов. Отметим, что данный класс случайных дискретных электрических сигналов (СДЭС) относится к классу сигналов со **смешанной структурой**, измерение параметров которых носит статистический характер и в общей теории измерений не рассматривается. Для описания данного класса ДЭИС, во-первых, требуется использование временной, частотной и частотно-временной форм представления (включая применение соответствующих математических моделей). Во-вторых, для измерений параметров ДЭИС смешанной структуры необходима разработка теоретических основ измерений их параметров во временной, частотной и частотно-временной областях. В-третьих, для данного класса ДЭИС требуется разработка соответствующих методов и приборов, обеспечивающих точность, диапазонность и воспроизводимость измерений.

Исходя из этих положений, а также определения области измерений<sup>8</sup>, по мнению автора настоящей работы, дискретные косвенные измерения на конечных интервалах параметров электрических сигналов (электрических величин) (в силу присущих им специфических свойств и закономерностей, выделяющих их из общей области косвенных измерений), следует рассматривать в рамках **отдельной области косвенных измерений**. Данную область косвенных измерений можно обозначить термином – **«область дискретных косвенных измерений»**, выделив ее, таким образом, дискретные косвенные измерения (ДКИ) из общей области косвенных методов измерений. ДКИ не следует смешивать с непрерывными (кусочно-непрерывными) косвенными измерениями в дискретной форме (НКИдф) которые в настоящее время также широко применяются в практике измерений. Это два существенно отличающихся друг от друга подхода к косвенным измерениям.

<sup>7</sup> **Ангармонический сигнал** – периодический сигнал, представляющий собой сумму основного гармонического сигнала (гармонического сигнала наименьшей частоты) и некоторых его гармоник (гармонических сигналов более высоких частот, частоты которых кратны частоте основного гармонического сигнала).

<sup>8</sup> **Область измерений** – совокупность измерений физических величин, свойственных какой-либо области науки или техники и выделяющихся своей спецификой (РМГ 29 – 99).

Рассмотрим несколько подробнее вопрос разграничения понятий **дискретного косвенного измерения** и **непрерывного косвенного измерения в дискретной форме**. При проведении ДКИ определение значения искомой дискретной величины на основании результатов прямых измерений других дискретных величин, функционально связанных с искомой дискретной величиной осуществляется исключительно в дискретном виде. При проведении НКИдф предварительно проводится операция интерполяции интерполяционным многочленом результатов дискретных прямых измерений непрерывных величин, функционально связанных с искомой величиной. Другими словами проводится переход от дискретной формы представления исходного дискретного сигнала к непрерывной (кусочно-непрерывной) форме представления. И только затем проводится собственно косвенное измерение искомой величины. При этом определение значения искомой величины осуществляется численными методами. Подчеркнем, что игнорирование принципиальных отличий этих двух подходов приводит к ошибочным научным и практическим выводам относительно метрологических характеристик средств измерений [3].

Остановимся кратко на проблеме противопоставления **измерительных** и **вычислительных преобразований**. В результате развития измерительных приборов появились процессорные измерительные средства (ПриС), которые принципиально отличаются от простого применения средств вычислительной техники для обработки результатов измерений. В ПриС перепрограммируемые средства вычислительной техники непо-

средственно входят в состав измерительной процедуры и используются для получения результатов измерений. К вычислительным, а не измерительным преобразованиям следует относить преобразования, выполняемые в числовой форме (в том числе и на программной основе) и не входящие в состав той или иной измерительной процедуры. Отметим, что разграничение понятий **измерительное преобразование** и **вычислительное преобразование** является важным и принципиальным шагом в общей теории измерений [4].

1. Опенгейм Э. Применение цифровой обработки сигналов Перев. с англ. М.: Мир. –1980. –552 с.
2. Пономарева О.В., Пономарев В.А., Пономарев А.В. Иерархическая морфологическо-информационная модель системы функционального диагностирования объектов на основе цифровой обработки сигналов // Датчики и системы. – 2014. – № 1(176). – С. 2-8.
3. Кравчук А.С., Кравчук А.И., Рымуза З. Вычисление достоверных коэффициентов Фурье цифрового сигнала // Цифровая обработка сигналов. – 2010. – №2. – С.19-21.
4. Пономарева О.В., Алексеев В.А., Пономарев В.А. Методология определения погрешностей измерения вероятностных характеристик случайных процессов, реализуемых процессорными измерительными средствами // Интеллектуальные системы в производстве. – 2010. – № 2(16). – С. 91-99.

УДК 681

### БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ «Ti<sub>49,3</sub>Ni<sub>50,7</sub> - БЕРИЛЛИЕВАЯ БРОНЗА», ПОЛУЧЕННЫЙ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

Рубаник В.В.<sup>1,2</sup>, Беляев С.П.<sup>3</sup>, Рубаник В.В.мл.<sup>1,2</sup>, Реснина Н.Н.<sup>3</sup>, Петров И.В.<sup>4</sup>, Гамзеева Т.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Витебский государственный технологический университет, Витебск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>4</sup>Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Использование биметаллического композита из пластин сплава с памятью формы и стали в качестве силовых приводов в электронике и технике привлекает большое внимание к изучению способов соединения этих двух материалов, исследованию механических и функциональных свойств полученных композитов. Исследование свойств композитов, полученных с помощью плазменной или лазерной сварки, показывает, что в них наблюдается значительное уменьшение предела прочности и деформации до разрушения, по сравнению с исходными материалами [1],

ухудшаются функциональные свойства, способность композита восстанавливать неупругие деформации [2]. Главным образом эти недостатки обусловлены локальным разогревом поверхности материалов в зоне сварки. Одним из способов избежать этих негативных последствий является использование сварки взрывом. Полученные биметаллические образцы «сплав TiNi – сталь» методом сварки взрывом [3] проявляют эффект памяти формы и могут служить в качестве термомеханических актуаторов [4, 5]. Использование бериллиевой бронзы в составе композита