

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА КОНЕЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ

Пономарев В.А., Пономарева О.В., Пономарев А.В., Пономарева Н.В.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашиникова  
Ижевск, Российская Федерация

Одной из важнейших задач обеспечения повышения качества продукции является получение точных и достоверных знаний о состоянии объектов, свойствах явлений и процессов методами и средствами измерений.

На практике большинство различного рода физических величин, характеризующих состояние объекта измерения<sup>1</sup> в той или иной предметной области, преобразуются в процессе измерений в цифровые электрические измерительные сигналы<sup>2</sup> (ЦЭС), параметры 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 процессных прямых измерениях (ПрПИ) и процессорных косвенных измерениях (ПрКИ) параметров ЦЭС. Это связано с тем, что данный вид измерений<sup>3</sup> обладает целым рядом преимуществ: малым временем измерения, большей функциональностью, гибкостью, диапазоном, гарантированной точностью и идеальной воспроизводимостью, а также сохранением (в достаточно широких пределах) метрологических характеристик при изменении условий измерений (температуры, влажности, давления и др.).

На современном этапе ПрПИ и ПрКИ играют ключевую роль в повышении качества выпускаемой продукции, и наблюдается постоянное расширение как спектра их приложений методов и средств, так и спектра предметных областей, в которых они применяются.

В зависимости от конкретной предметной области ЦЭС имеют разную информационную природу.

*При виброакустическом функциональном диагностировании машин и механизмов* вибрации от зарождающихся дефектов с помощью

датчиков вибрации преобразуются в *виброакустический электрический сигнал*, измеряемые параметры<sup>4</sup> которого позволяют проводить безразборное диагностирование объекта [1].

*В медицинской компьютерной диагностике* процессорные измерения временных и частотных параметров электрических биомедицинских сигналов являются важным инструментом объективного оценивания функционального состояния человека [2].

*В пассивных гидролокационных системах* процессорные измерения параметров гидроакустических сигналов играют важную роль при обнаружении и классификации надводных и подводных кораблей [3].

Целью настоящей работы является выявление тенденций развития процессорных измерений параметров ЦЭС в различных предметных областях, их системный анализ и постановка актуальных задач в данной области измерений, которые имеют важное научное и прикладное значение.

Системный анализ приложений процессорных измерительных средств (ПрИС) параметров ЦЭС позволяет сделать следующие выводы:

➤ Во-первых, измерительные приборы<sup>5</sup> ДКИ всегда являются частью некоторой измерительной системы<sup>6</sup> (ИС), которые являются более сложными техническими системами.

➤ Во-вторых, совокупность параметров ЦЭС, 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, и условиями решения этих задач.

В качестве примера, иллюстрирующего эти выводы можно привести обобщенную функцио-

<sup>1</sup> **Объект измерения** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами (РМГ 29 – 99).

<sup>2</sup> **Измерительный сигнал** – сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине (РМГ 29 – 99).

<sup>3</sup> **Вид измерений** – часть области измерений, имеющая свои особенности и отличающаяся однородностью измеряемых величин (РМГ 29 – 99).

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

<sup>5</sup> **Средство измерений** – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

<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).

нально-структурную схему ИС виброакустического функционального диагностирования объектов, разработанную авторами и реализованную в условиях производства [1].

Спецификой квазидетерминированных и случайных ДЭИС во многих предметных областях является конечность интервала измерения и сложность, т.е. наличие в их структуре скрытых периодических, почти периодических и ангармонических сигналов<sup>7</sup>, измеряемые параметры которых, как правило, и являются основными носителями информации о состоянии исследуемых объектов, свойствах анализируемых явлений и процессов.

Отметим, что данный класс ЦЭИС относится к классу сигналов *со смешанной структурой*, измерение параметров которых носит статистический характер и в общей теории измерений [2] практически не рассматривается. Для описания и измерения параметров этого класса ДЭИС, требуется:

- использование не только временной формы, но и частотной и/или частотно-временной форм представления (включая применение частотных и частотно-временных математических моделей);
- разработка теоретических основ процессорных измерений параметров сигналов различной структуры и информационной природы во временной, частотной и частотно-временной областях;
- разработка соответствующих методов, алгоритмов и ПриИС, обеспечивающих точность, диапазонность и воспроизводимость измерений во временной, частотной и частотно-временной областях.

Исходя из этих положений, а также из определения понятия области измерений<sup>8</sup>, по мнению авторов настоящей работы, **процессорные измерения** на конечных интервалах параметров ЦЭИС,

в силу присущих им специфических свойств и закономерностей, выделяющих их из общей области измерений, следует рассматривать в рамках *отдельной области измерений* [4,5].

Данную область измерений параметров сложных ЦЭИС на конечных интервалах предлагается обозначить термином **«область процессорных измерений»**, выделив, их, таким образом, из общей области прямых и косвенных измерений.

Отметим, что вводимое в данной работе **понятие процессных измерений** не следует смешивать с **понятием цифровых измерений**, которые широко применяются в практике общей теории измерений [2].

1. Пономарева, О.В. Иерархическая морфологическо-информационная модель системы функционального диагностирования объектов на основе цифровой обработки сигналов / О.В. Пономарева, В.А. Пономарев, А.В. Пономарев // Датчики и системы. – 2014. – № 1(176). – С. 2–8.
2. Пономарева, О.В. Основы теории дискретных косвенных измерений параметров сигналов / О.В. Пономарева – Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2016. – 172 с.
3. Оппенгейм Э, Применение цифровой обработки сигналов: перев. с англ. / Э. Оппенгейм. – М.: Мир, 1980. – 552 с.
4. Пономарева, Н.В. Повышение точности и расширение функциональных возможностей цифровых фильтров на основе частотной выборки / О.В. Пономарева, Н.В. Пономарева // Приборы и методы измерений. – 2013. – № 2(7). – С. 114–119.
5. Пономарева, О.В. Метод эффективного измерения скользящего параметрического спектра Фурье / В.А. Пономарев, О.В. Пономарева, А.В. Пономарев // Автометрия. – 2014. – Т. 50. – № 2. – С. 31–38.

УДК 535-3, 535.314

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОРАССЕЯННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Дудчик Ю.И., Хилько Г.И., Кучинский П.В., Новик А.Н., Кречотень О.В.  
 Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем  
 имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета  
 Минск, Республика Беларусь

Рентгеновские лучи широко используются в неразрушающем контроле для просвечивания объектов. При этом, как правило, источник и приемник излучения располагаются по разные стороны от объекта, что не всегда возможно реализовать. Альтернативным методом является получение изображения в обратнорассеянных рентгеновских лучах,

при котором объект сканируется рентгеновским пучком, а отраженное излучение регистрируется детектором, расположенным со стороны источника излучения. Несмотря на то, что обратнорассеянное рентгеновское излучение уже давно используется в технике, например, при измерении толщин объектов [1], его использование для получения изображения

<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).