

Перспективы развития нормативной базы и эталонов для поверки мультисенсорных систем

К. Епифанцев, к. т. н.¹

УДК 620.1.08 | ВАК 2.2.10

Представлен анализ состояния и перспектив совершенствования эталонной базы для поверки мультисенсорных систем. Рассмотрена актуальность применения таких систем в различных областях техники и промышленности, обусловленная необходимостью одновременного измерения нескольких параметров для повышения точности и эффективности измерений.

В настоящее время широкое распространение получили мультисенсорные бесконтактные измерительные системы, обладающие возможностями подключения к радиоканальным средствам передачи данных, системам искусственного интеллекта и Интернета вещей. Использование данных технологических решений отвечает современным требованиям рынка и обеспечивает конкурентные преимущества производителям измерительного оборудования.

Однако создание более мощной универсальной техники требует проведения калибровки и поверки на расширенной эталонной базе. Объединение различных технических функций в одном устройстве – это сложный технологический процесс, требующий учета множества факторов. Основная цель данной интеграции – улучшение технических характеристик и повышение функциональности оборудования. При создании комбинированных приборов необходимо принимать во внимание взаимное влияние измерительных компонентов и минимизировать помехи. Практическая реализация такого подхода выполнена в [1], где была показана возможность применения потенциометрических мультисенсорных систем для анализа сложных объектов природного происхождения и разработана методика проведения анализа биологических сред.

Термин «мультисенсорный» образован из двух слов: «мульти» (от лат. *multum* – много) и «сенсор» (от англ. *sensor* – датчик, элемент, воспринимающий прикосновение). Мультисенсорный прибор – это устройство, состоящее из многих датчиков или сенсорных элементов, нередко сочетающее в себе достоинства контактных

и бесконтактных (оптических) методов измерения. Мультисенсорные системы и приборы характеризуются следующими преимуществами: способностью выполнять измерения разных параметров одновременно (многомерные измерения), универсальностью, высокой точностью и устойчивостью измерений, оптимальной стоимостью за счет многофункциональности.

Близким по значению является понятие «мультиплексный» (мультиплексный), которое также используется в технической литературе для обозначения комплексных устройств. В информационных технологиях и связи мультиплексирование – уплотнение канала связи, подразумевающее передачу нескольких потоков данных с меньшей скоростью по одному каналу. Мультиплексные информационно-измерительные системы – это многоточечные системы, в которых первичные измерительные преобразователи располагаются в каждой исследуемой точке информационного поля. Данные от них последовательно во времени поступают в измерительный канал, где обрабатываются, преобразуются и запоминаются [2]. Подключение первичных преобразователей к измерительному каналу осуществляется с помощью мультиплексоров. Мультиплексные измерения позволяют получать информацию высокой плотности с минимальными временными затратами.

В качестве примеров современных многофункциональных устройств можно привести измерительное оборудование от компаний Fluke, Mitutoyo. Значительный прорыв в области создания мультиплексных систем совершила компания Dymes, представившая на международной выставке Testing&Control (Москва, 2024) новый тип мультисенсорной видеоизмерительной машины (ВИМ) для измерения деталей как с прозрачной структурой, так и с объемными выпуклыми элементами. ВИМ оснащена контактным датчиком (рис. 1). Также особенно важно отметить успехи российских производителей

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, доцент, epifancew@guap.ru.

в разработке отечественных аналогов зарубежных датчиков от известной компании Renishaw, которые пользуются высоким спросом и считаются труднозаменяемыми.

Однако, несмотря на технический прогресс в данной области, создание универсальных многофункциональных устройств по-прежнему сопряжено со значительными сложностями. Так, например, при увеличении количества датчиков, расположенных в одном корпусе, необходимо разрабатывать помехозащищенную схему, обеспечивающую изоляцию одного типа датчика от другого и позволяющую минимизировать внутрисистемные электромагнитные помехи. Важными задачами также являются калибровка и поверка данных приборов, поскольку существующая эталонная база требует обновления: некоторые ГОСТы, например для кругломеров, до сих пор опираются на эталоны, созданные в 1980-х годах.

В настоящее время не хватает ГОСТов и эталонов для поверки мультисенсорных систем, хотя нормативно-техническая документация должна совершенствоваться одновременно с разработкой новых устройств. Согласно Федеральному закону «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ, данные измерительные системы (ИС) необходимо калибровать и поверять с помощью комплексных эталонов. При этом действующие эталоны должны соответствовать актуальным требованиям и иметь сложную многокомпонентную структуру, поскольку существующие устаревшие эталоны уже не подходят для проведения данных метрологических работ.

Современные производители наряду с другими датчиками все чаще включают в свои устройства камеры компьютерного зрения со встроенными алгоритмами машинного обучения. Поскольку эти системы задействованы в измерениях, они также требуют метрологического контроля. Технический комитет по стандартизации № 164 «Искусственный интеллект» разрабатывает стандарты для калибровки таких систем, однако для работы с комплексными эталонами необходимо создание междисциплинарных технических комитетов.

ГОСТ Р 8.596-2002 содержит ряд сопровождающих комментариев к измерительным каналам ИС. Согласно данному стандарту, для измерительных компонентов ИС следует нормировать метрологические характеристики по ГОСТ 8.009-84 и ГОСТ 8.256-77 с учетом нормативных документов на конкретные виды средств измерений. Нормированные метрологические характерис-



Рис. 1. Контактный триггерный датчик от компании Dymes, представленный на выставке Testing&Control 2024

тики комплексных и измерительных компонентов должны обеспечивать следующее:

- расчет характеристик погрешности измерительных каналов ИС в рабочих условиях эксплуатации по нормированным метрологическим характеристикам компонентов;
- контроль указанных компонентов при испытаниях для целей утверждения типа и при поверке на соответствие нормированным метрологическим характеристикам.

ФГБУ «ВНИИМС» разработал методику поверки МП №203-57-2017 [3] видеоизмерительных систем NORGAU. Системы состоят из гранитного основания, измерительного стола, встроенных измерительных шкал; оптоэлектронного измерительного блока, включающего осветитель, оптическую систему и датчики; вычислительного блока и персонального компьютера (ПК). Принцип работы таких устройств основан на считывании с измерительных шкал осей X , Y значений перемещений оптоэлектронного измерительного блока. Опционально для измерений по оси Z системы могут быть оснащены контактным датчиком (Renishaw MCP или TP 20) и соответствующей измерительной шкалой. Для измерений по оси Z предусмотрена функция фокусировки.

Изготавливают следующие модификации данного оборудования: NVM, NVM-CNC, NVM-D, NVM-F, NVM-H, NVM-P с фиксированным порталом и NVM-P с подвижным порталом.

К операциям поверки относятся внешний осмотр, опробование, подтверждение соответствия программного обеспечения, определение метрологических характеристик. Несмотря на отсутствие специальных ГОСТов для мультисенсорных систем, существует ряд значимых публикаций в этой области, например, учебное пособие [4].

Поверка мультисенсорной системы проводится для каждого щупа отдельно. Исследования эталонов для мультисенсорных систем представлены в ряде научных работ. Например, в статье [5] описывается комплексный

эталон, реализованный на основе нескольких мультиплексных совмещенных установок (рис. 2).

Комплексные мультисенсорные приборы играют важную роль в современном приборостроении. Производители стремятся создавать универсальное оборудование, объединяя в одном корпусе несколько измерительных технологий. Примерами таких устройств являются мультиметры, совмещающие функции измерения температуры и электрического тока; термогигрометры, измеряющие температуру и влажность, мультиметры-тепловизоры (рис. 3).

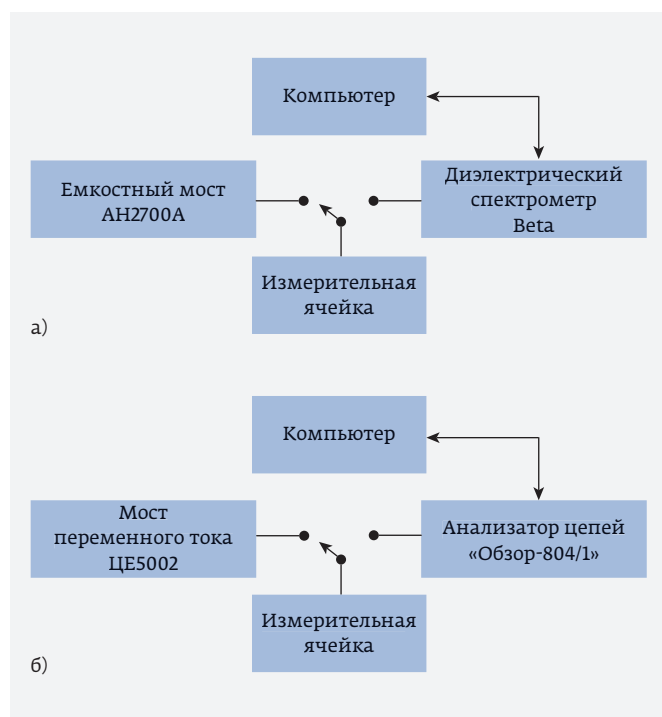


Рис. 2. Структурные схемы эталонных установок ЭУ-1 (а) и ЭУ-2 (б)

В [6] показана необходимость создания системы метрологического обеспечения измерений комплексных коэффициентов отражения и передачи современных перспективных изделий СВЧ-микроэлектроники на пластине в ходе их разработки, испытаний и производства. Авторы предложили схему метрологической прослеживаемости единиц комплексных коэффициентов отражения и передачи, описали состав разрабатываемого эталона.

Государственные первичные эталоны воспроизводят основные и производные единицы величин и передают их размеры рабочим средствам измерений с помощью многоуровневой и разветвленной системы передачи размеров. Продолжаются работы по усовершенствованию данных эталонов в различных областях: для локальных приборов, таких как кругломеры, 3D-сканеры, эталонная база устарела и нуждается в обновлении. Для поверки многофункциональных измерительных приборов являются актуальными задачи разработки систем передачи нескольких единиц радиотехнических величин в автоматическом режиме, а также создания транспортируемых мер для поверки и калибровки сложных дорогостоящих приборов на месте их постоянной эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ярошенко И. С.** Новые возможности анализа биологических сред с помощью мультисенсорных систем: дис. канд. хим. наук: 02.00.02. СПб, 2014. 169 с.
2. **Русаква Е. А.** Системы сбора информации: учебное пособие. Екатеринбург: УрГУПС, 2016. 259 с.
3. ФГУП «ВНИИМС». Системы видеоизмерительные NORGAU. Методика поверки МП № 203-57-2017.
4. **Милешко Л. П., Спиридонов О. Б., Черепухин И. И., Щербинин И. П., Шестова Е. А., Алхасов С. С., Камышева А. С.** Мультисенсорные системы: учеб. пос. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2023. 273 с.
5. **Алтаев О. О., Егоров В. Н., Кащенко М. В., Масалов В. Л., Токарева Е. Ю.** Государственный первичный эталон единиц комплексной диэлектрической проницаемости в диапазоне частот от 10 Гц до 10 МГц // Измерительная техника. 2017. № 1. С. 3–7.
6. **Бондаренко А. С., Боровиков А. С., Малай И. М., Семенов В. А.** Эталон единиц комплексных коэффициентов отражения и передачи микроволновых структур на пластине // НАНОИНДУСТРИЯ. 2021. Т. 14, № S7(107). С. 450–453.



Рис. 3. Мультиметр-тепловизор Fluke 279 FC (слева) и мультисенсорный сканер видеоизмерительной машины (справа)

Современные средства измерений



ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ 3D*



АКИП-6604



2 / 4 порта
9 кГц...4,5 / 8,5 ГГц

АКИП-6605



2 порта
100 кГц...13,6 / 26,5 ГГц



АКИП-6606



2 / 4 порта
100 кГц...13,6 / 26,5 ГГц
Модели с прямым
доступом к приемнику

**АНАЛИЗ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ - РЕФЛЕКТОМЕТР - АНАЛИЗ СПЕКТРА
- ИМПУЛЬСНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ - СКАЛЯРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ**

***Доступно Достойно Достоверно**



111141, г. Москва, ул. Плеханова 15а; тел.: +7 (495) 777-5591; факс: +7 (495) 640-3023
196006, г. Санкт-Петербург, ул. Цветочная, д. 18, лит. В, офис 202; тел./факс: +7 (812) 677-7508
620089, г. Екатеринбург, ул. Цвиллинга, д. 58, офис 1; тел./факс: +7 (343) 317-3999; ek@prist.ru

prist.ru