

КА10-3/P, наибольший предел взвешивания 15 000 г, разрешение 1 мг).

Сертификация ГСО осуществляется гравиметрическим расчетом по [10] исходя из масс исходных газов, дозированных в приемный баллон, их состава, а также молярных масс всех компонентов смеси.

Расчет парциальных давлений наполнения и окончательный расчет состава ГСО производится с помощью разработанной в БелГИМ программы GasVes.

Верификация (проверка состава) ГСО проводится аналитическими методами по [11] и/или МВИ, утвержденным в установленном порядке, с использованием для градуировки аналитического оборудования эталонных (калибровочных) газовых смесей (ЭКГС), изготовленных и сертифицированных на оборудовании национальных эталонов НЭ РБ 13-04, НЭ РБ 16-08, НЭ РБ 18-10.

Указанным методом приготавливают двух- и многокомпонентные (до 14 компонентов) ГСО 0-го разряда, в частности, имитаторы природного газа. Емкость приемного баллона до 10 дм³ ограничивается рабочим диапазоном используемого масс-компаратора.

Во втором случае приготовление ГСО также осуществляется методом статических парциальных давлений, а сертификация – аналитическими методами по [11] и/или МВИ с использованием для градуировки аналитического оборудования ЭКГС или калибровочных газовых смесей, приготавливаемых из ЭКГС динамическим объемным методом с помощью системы разбавления газов Environics S4040.

Этим методом приготавливают ГСО 1-го и 2-го разрядов, что составляет большую часть выпускаемой продукции. Это ГСО, содержащие промышленно важные газы (СО, СН₄, Н₂, О₂, Аг, Не и др.), ГСО, содержащие компоненты сжиженных углеводородных газов (С₃Н₈, n-С₄Н₁₀, i-С₄Н₁₀, n-С₆Н₁₄ и др.), а также ГСО, содержащие вещества, загрязняющие атмосферный воздух (NO, NO₂, SO₂, H₂S, CO₂, NH₃, CH₃SH, C₂H₅SH и др.). При этом могут использоваться баллоны объемом от 2 до 40 дм³.

Выпускаемые ГСО сопровождаются сертификатами, в которых указываются сертифицированное значение содержания компонента (компонен-

тов) и расширенная неопределенность (погрешность) сертифицированного значения, установленная при разработке данного типа ГСО, и сведения о метрологической прослеживаемости.

Литература

1. ТУ РБ 100055197.002-2000 Образцы стандартные состава газовых смесей.
2. ТУ ВУ 100055197.009-2014 Образцы стандартные сертифицированные состава газовых смесей.
3. Ананьин, В.Н. Метрологическое обеспечение газоаналитических измерений / В.Н. Ананьин, А.М. Мирончик, М.В. Мохнач // Приборостроение-2016 : материалы 9-й МНТК. – Минск: БНТУ. – 2016. – С. 150–151.
4. Ананьин, В.Н. Международные сличения национальных эталонов в области газоаналитических измерений / В.Н. Ананьин, А.М. Мирончик, М.В. Мохнач, С.С. Скакун // Приборостроение-2017: материалы 10-й МНТК. – Минск : БНТУ. – 2017. – С. 120–121.
5. ТКП 8.005-2012 (03220). Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Стандартные образцы. Основные положения. Порядок разработки, утверждения, регистрации и применения.
6. ГОСТ ISO Guide 34-2014. Общие требования к компетентности изготовителей стандартных образцов.
7. ГОСТ ISO Guide 35-2015. Стандартные образцы. Общие и статистические принципы сертификации (аттестации).
8. СТБ ИСО 6142-2003. Анализ газов. Приготовление калибровочных газовых смесей. Гравиметрический метод.
9. СТБ ИСО 6143-2003. Анализ газов. Методы сравнения для определения и проверки состава газовых смесей для калибровки.
10. МИ 1952-88 ГСИ. Стабильность стандартных образцов состава веществ и материалов. Методика оценки.
11. СТБ ISO 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования.
12. СТБ ИСО 14912-2006. Анализ газов. Преобразование данных о составе газовой смеси.

УДК 621.3.016.2.08(045)(476)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ Баенская Е.А., Силич В.В., Ярмолович М.А.

Белорусский государственный институт метрологии, Минск, Республика Беларусь

Современный этап развития электроэнергетики в Республике Беларусь характеризуется ограниченными собственными топливно-энергетическими ресурсами, но наряду с этим это одна из отраслей, обеспечивающих стабильные эко-

номические показатели в формировании экономики страны.

Функционирующий в Республике Беларусь Национальный эталон единицы электрической мощности был создан и исследован в период

с 1999 г. по 2001 г., а в 2004 г проходила его модернизация, которая позволила расширить измерительные возможности данного эталона. Таким образом, можно сделать вывод, что составные части данного комплекса средств измерений имеют моральный и технический износ, что означает, что, проводимые измерения не удовлетворяют потребностям, возникающим на данном этапе развития энергетической отрасли в Беларуси.

Так же изменился ряд нормативно-правовых актов применяемых в странах СНГ в области энергетики, что в свою очередь является определяющим фактором для внесения изменений в существующий состав эталона. Данные выводы и привели к необходимости проведения модернизации.

Необходимость заключается в потребности более точного измерения и воспроизведения электрических величин, характеризующих процесс производства, передачи и распространения электрической энергии, во внедрении высокоточных электронных средств измерения напряжения, тока, мощности, частоты переменных сигналов, в повышении объёмов оказанных услуг по поверке (калибровке) средств измерений. Так же, наряду с данными вопросами, рассматривается возможность проведения автоматизации процесса измерения и обработки полученных результатов.

Исходя из общепринятых в метрологии методов повышения точности измерений физических величин, можно отметить два принципиальных, но дополняющих друг друга, пути повышения точности измерения и расширения диапазонов измерения.

Первый путь – технологический, основанный на тщательном выборе средств измерений (компараторов, цифровых измерителей и т. д.), обеспечения работы данных приборов в оптимальных по точности диапазонах измерений, в освобождении средств измерений от избыточных нагрузок, защите приборов от влияния температурных перепадов, постоянного и переменного магнитных полей и др.

Технологический путь обычно связан с заметными материальными затратами, в ряде случаев затруднен в своей реализации (например, длительного время прогрева после включения), однако тем не менее должен применяться в рамках своих возможностей.

Технологический путь повышения точности измерений традиционно применяется в электроэнергетике стран СНГ при учете электроэнергии.

Второй путь – структурный, основанный на методах автоматической компенсации погрешностей, введении поправок в результаты измерений на действие систематических погрешностей и др.

Структурный путь требует предварительных измерений параметров, а затем – диагностирование погрешностей и других метрологических характеристик на местах эксплуатации (определение математического ожидания систематиче-

ских погрешностей, законов их изменения и др.). Однако после этого он позволяет более эффективно (в 5–10 раз), чем технологический путь, добиться повышения точности измерений и достоверности учета электроэнергии.

Структурный путь повышения точности измерений широко применяется в измерительной технике. В электроэнергетике стран СНГ при учете электроэнергии он до сих пор не нашел своего применения.

По имеющимся данным, структурный путь повышения точности измерений электроэнергии применяется в электроэнергетике США, Великобритании и других развитых стран.

В основном в нашей стране модернизация заключается в замене изношенного как физически, так и устаревшего морально оборудования, что обеспечивается внедрением собственных разработок, отвечающих современным тенденциям развития, либо закупкой уже имеющихся на рынке разработок иностранного производства.

Национальный эталон единицы электрической мощности № НЭ РБ 14-04 в соответствии с межгосударственной поверочной схемой находится на уровне вторичного эталона и является комплексом средств измерений, обеспечивающий воспроизведение и хранение единицы электрической мощности и значений коэффициента мощности с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме эталонным средствам измерений. В настоящее время используется специализированный высокостабильный трехфазный источник фиктивной мощности (ИФМ) и комплекс средств, обеспечивающих синхронное измерение мгновенных значений напряжения и силы тока (выборки) на выходах ИФМ с последующим накоплением и математической обработкой массивов накопленных выборок. Однако такая реализация ограничивает диапазоны измеряемых величин характеристиками источника фиктивной мощности.

Внешний вид, состав эксплуатируемого комплекса приведен на рисунке 1, а технические и метрологические характеристики приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Внешний вид национального эталона единицы электрической мощности

Эталон состоит из комплекта следующих средств измерений:

- источники напряжения и силы переменного тока:
 - ✓ источник Calsource 200;
 - ✓ калибратор Fluke 5520A-PQ;
 - ✓ калибратор Fluke 6100A;
- измерители напряжения, силы тока, активной, реактивной и полной мощности:
 - ✓ компаратор электрической мощности однофазный K2005;
 - ✓ компаратор электрической мощности трехфазный K2006;
 - ✓ мера электрической мощности RD 33-211;
 - ✓ измеритель Calport 300;
 - ✓ измеритель PWS 3.3.

Можно отметить, что существующий эталон Республики Беларусь уступает существующим в других странах по измерительным возможностям, а наилучшим среди данных средств измерений является Государственный первичный эталон единицы электрической мощности, разработанный в ФГУП «ВНИИМ им. Д.М. Менделеева».

Таблица 1 – Метрологические характеристики средств измерений входящих в состав Национального эталона

Наименование метрологических характеристик	Значения метрологических характеристик
Диапазоны воспроизведения:	
– напряжения, В	0,001 – 1008
– тока, А	0,029 – 1000
– мощности, Вт	$29 \cdot 10^{-9}$ – $10 \cdot 10^5$
– частоты, Гц	10 – $30 \cdot 10^3$
Диапазоны измерения:	
– напряжения, В	5 – 600
– тока, А	0,001 – 100
– мощности, Вт	$0,03$ – $6 \cdot 10^5$
– частоты, Гц	15 – 70
Расширенная неопределенность измерения, ppm	150-300
СКО случайной погрешности, S	$1 \cdot 10^{-4}$
Неисключенная систематическая погрешность, Θ	$1 \cdot 10^{-4}$ – $3 \cdot 10^{-4}$

На данный момент, в рамках выполнения заданий подпрограммы «Эталон Беларуси» ГНТП «Эталон и научные приборы» 2016-2020 гг., главной задачей стоит модернизировать эталон для обеспечения воспроизведения, измерения и передачи единицы электрической мощности с метрологическими характеристиками, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Наименование метрологических характеристик	Значения метрологических характеристик
Диапазон воспроизведения и измерения напряжения	от 0,001 до 1000 В
Диапазон воспроизведения и измерения силы тока	от $29 \cdot 10^{-6}$ до 1000 А
Частотный диапазон	от 0,01 до 30 кГц
Среднее квадратическое отклонение результатов измерений	от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$

Модернизация эталона будет реализована на принципиально новом методе измерения электрической мощности. Принцип действия ВЭТ основан на аналого-цифровом преобразовании мгновенных значений входных сигналов напряжения и тока в цифровые коды, из которых формируются массивы оцифрованных выборок, с последующим вычислением значений измеряемых величин из полученного массива данных. Метод измерения активной электрической мощности состоит в интегрировании произведения синхронных отсчетов мгновенных значений напряжения и тока по периоду частоты их основной гармоники.

Разрабатываемый эталон – это комплекс технических средств, включающий:

- источник фиктивной мощности на основе программируемого генератора-синтезатора сигналов переменного напряжения и тока, усилителя тока, усилителя напряжения и понижающего трансформатора напряжения;
- первичные измерительные масштабные преобразователи напряжения и тока (делитель напряжения и комплект шунтов);
- два синхронизированных аналого-цифровых преобразователя (АЦП) мгновенных значений сигналов напряжения и тока на основе мультиметра Agilent 3458A;
- прецизионный источник опорной частоты для синхронизации АЦП эталона и АЦП поверяемых СИ на основе генератора сигналов произвольной формы;
- системы управления, обработки и представления информации на основе персонального компьютера (ПК), реализующая с использованием специализированного программного обеспечения (ПО) функции вычисления значений измеряемых величин, приема и обработки результатов измерений поверяемых
- (калибруемых) СИ, а также вычисления погрешностей этих СИ.

Дополнительно в составе эталона могут использоваться:

- приёмник сигналов спутниковой навигационной системы (шкала UTC) для синхронизации и формирования временного кода (информации о текущих значениях времени) и передачи этих данных оборудованию эталона;
- преобразователь «ПТНЧ» для реализации проверки СИ электрической энергии с импульсным выходным устройством методом сравнения частот.

Принципиальная схема разрабатываемого комплекса показана на рисунке 2.

Использование синхронизированной системы измерений напряжений и силы тока позволит расширить частотный диапазон, повысить точность измерений. Используемое при этом специализированное программное обеспечение, позволит полностью автоматизировать процесс измерений.

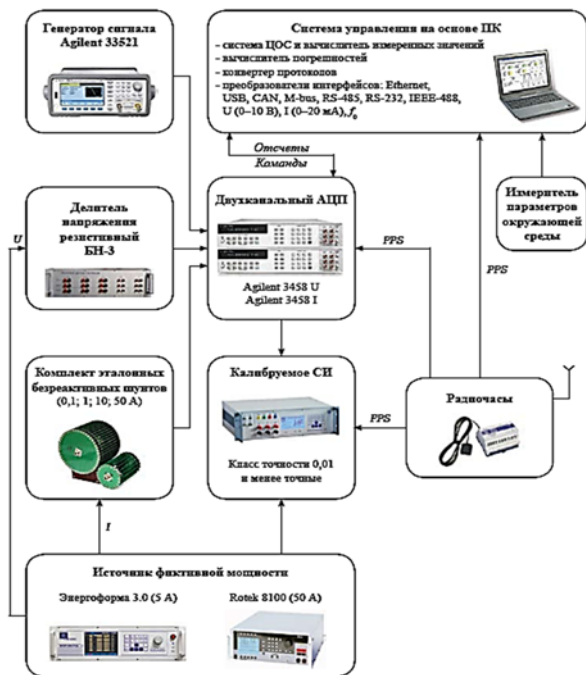


Рисунок 2 – Структурная схема ВЭТ

Кроме того, в мире ведутся новые разработки в области реализации измерений электрической мощности с использованием системы синхронизации измерений мгновенных значений напряжения и силы тока с последующей математической обработкой накопленных данных, а так же работы по созданию и метрологическому обеспечению multifunctional digital centers (АСКУЭ), предназначенных для удаленного комплексного контроля состояния трехфазных и однофазных электрических сетей. Кроме того, опробована синхронизация измерений с UTC и поддержка протокола IEC 61850-9-2LE (перспективные СИ для создания интеллектуальных электрических сетей). Операции воспроизведения единицы электрической мощности выполняются в автоматическом режиме с использованием специализированного ПО.

УДК 621.38

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА РЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ПРИ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУРАХ Батурин А.П., Терещенко Н.Ф.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт
имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

По количеству смертей в мире – уверенно лидируют заболевания сердца и кровеносной системы. Распространенность сердечно-сосудистых заболеваний определяет актуальность разработки новых и эффективных компьютерных технологий для их диагностики, лечения и прогнозирования, то есть для оценки функционального состояния системной гемодинамики и жидких сред

организма. Поэтому разработка новых методов исследований, обеспечивающих эффективную диагностику функционального состояния сердечно-сосудистой системы, является крайне актуальной и заключается в поиске доступных для широкого применения новых методов и показателей количественного определения интенсивности кровоснабжения [1]. В настоящее время

Большое внимание уделяется также развитию методического обеспечения измерения и воспроизведения мощности. Будет разработан соответствующий комплект нормативно-правовой документации, позволяющий использовать данный комплекс измерительного оборудования в Республике Беларусь.

Литература

1. Гублер Г.Б., Шапиро Е.З., Никитин А.Ю. Государственный первичный эталон единицы электрической мощности в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц ГЭТ 153-2012 Журнал «Измерительная техника» N1, 2016, стр. 3–7.
2. Величко О.Н. Оценка неопределенности при калибровке рабочих эталонов коэффициента мощности на государственном эталоне единиц электрической мощности и коэффициента мощности / О.Н. Величко, С.Р. Карпенко, В.Н. Гачок // Системи обробки інформації. – 2013. – № 3(110). – С. 157–160.
3. Гиниятуллин И.А., Гублер Г.Б., Никитин А.Ю., Шапиро Е.З. Многофункциональный вторичный эталон единиц электрической мощности «ВЭТ-МЭ 1.0» Метрология – измерения – учет и оценка качества электрической энергии. Сборники докладов конференции 6–10 июня 2016 г.С.Петербург, стр 9–19.
4. Арловская, Л.С. Исследование метрологических характеристик национального эталона электрической мощности / Л.С. Арловская, А.П. Белошицкий, М.А. Ярмолович // Новые направления развития приборостроения : материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 20–22 апреля 2016 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 172.
5. Национальный эталон единицы электрической мощности [Электронный ресурс]. – <http://www.belgim.by/1436>.