

УДК 621.317.382.016.25

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОВЕРКИ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Ю.М. Фомичев, С.В. Силушкин

Томский политехнический университет
E-mail: slavasv@mail.ru**Фомичев Юрий Михайлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: fym@tpu.ru

Область научных интересов: средства измерений, разработка калибраторов мощности.

Силушкин Станислав Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры компьютерных измерительных систем и метрологии Института кибернетики ТПУ.

E-mail: slavasv@mail.ru

Область научных интересов: обработка изображений и сигналов, аппаратно-программные измерительные технологии.

Обсуждается требуемый технический уровень и функциональный состав автоматизированных средств измерений для поверки измерителей электрической энергии. Проводится сравнительный анализ технических характеристик средств измерений отечественного и зарубежного производства, их стоимости. Сделан вывод о необходимости модернизации рассмотренных средств и систем измерений.

Ключевые слова:

Электрическая энергия, качество электроэнергии, средства измерений электрической энергии.

Введение

Развитие рыночных отношений в сфере электро-снабжения, рост тарифов сопровождаются повышением требований к достоверности коммерческого учета электроэнергии. Эти требования удовлетворяются применением электронных счетчиков электрической энергии. Пока наибольшее распространение получили счетчики класса точности 1–2. Расширяется применение счетчиков более высокого класса точности (0,2S–0,5S) с динамическим диапазоном по измеряемым токам до сотен ампер при прямом включении.

Наблюдается повышение интереса к качеству электроэнергии, которое связано не только с точностью результатов измерений потребления электроэнергии, но и с правовыми вопросами, например, в случае выхода из строя оборудования у потребителя.

Развитие микропроцессорной техники привело к появлению интеллектуальных счетчиков электрической энергии, например, ЭРИС-КЭ.06 [1], который регистрирует величину активной и реактивной энергии с классом точности 0,5S, прошедшей через контролируемый узел, с учетом направления; фиксирует все основные показатели качества электроэнергии, установленные ГОСТ 13109-97 [2]; обеспечивает мониторинг полученных результатов. Пока это очень дорогие приборы (70–80 тыс. р.), но надо полагать, что развитие технологий позволит снизить их стоимость и обеспечить массовое применение, т. е. подобные средства измерений (СИ) станут основными средствами учета электроэнергии и контроля ее качества.

В связи с этим встает проблема метрологического обеспечения таких СИ, которое должно обеспечивать не только высокую точность, но и высокую производительность регулировочных и поверочных работ.

В статье обсуждается требуемый технический уровень и функциональный состав автоматизированных средств поверки (АСП), рассматривается соответствие этим требованиям современных отечественных и зарубежных АСП.

Основные требования к автоматизированным средствам поверки

Автоматизация метрологических испытаний счетчиков электрической энергии и приборов, измеряющих качество электроэнергии (ПКЭ), предполагает наличие у АСП таких информационных функций, как:

- запись в энергонезависимую память программ испытаний, находящихся в обороте типов приборов в виде последовательных сочетаний тестовых значений тока, напряжения, коэффициента мощности для различных видов сигналов;
- возможность изменения, дополнения, удаления записанных программ;
- оперативный вызов из памяти программ испытаний конкретного типа прибора;
- диалоговый (пошаговый) или автоматический (по полной программе) режим испытаний с индикацией исполняемых сочетаний напряжения, тока, коэффициента мощности и состояния процесса поверки;
- автоматическая запись уставок и расчет погрешности испытуемых средств измерений с оперативной индикацией, протоколированием и архивированием результатов.

Память программ является главным условием реализации автоматического режима поверки. Наиболее приемлемый вариант набора программ поверки – с клавиатуры компьютера (управляющего пульта), что обеспечивает возможность модификации базы данных.

Реализация перечисленных системных функций определяет состав АСП, которая должна содержать следующие функциональные устройства:

- источник фиктивной мощности, как правило, представляет собой двухканальный (ток и напряжение) одно- или трехфазный синтезатор опорного гармонического напряжения с программным управлением (I , U , φ) и других видов испытательных сигналов;
- мощные аналоговые преобразователи напряжения в ток, напряжения в напряжение для питания последовательных и параллельных цепей испытуемых счетчиков и ПКЭ с программным управлением значениями выходных тока и напряжения;
- эталонные СИ, обеспечивающие нормированные метрологические характеристики, установленные ГОСТ;
- устройства обработки результатов измерений при поверке – вычислитель погрешности с программной записью уставок (постоянной счетчика, времени усреднения и др.);
- индикаторы исполняемых режимов, значения погрешностей, состояния процесса поверки;
- программное обеспечение (осуществляется компьютером).

Технические требования, предъявляемые к современным автоматизированным средствам поверки

Основные технические требования, которым должны отвечать средства испытаний счетчиков на точность, определяются ГОСТ 8.584-2004 [3] и ГОСТ Р 52323-2005 [4].

Согласно ГОСТ 8.584 испытания проводятся при синусоидальной форме тока и напряжения, при этом коэффициент искажений формы кривой $\leq 2\%$; отклонение частоты менее 3% ; отклонение значений фазных токов и напряжений не должно превышать 1% от задаваемого значения; дискретность задания углов фазового сдвига не более 1° в диапазоне от -180 до $+180^\circ$.

АСП должны обеспечивать определение значений энергии с погрешностью, не превышающей $\frac{1}{4}$ допускаемого значения основной погрешности для электронных счетчиков соответствующего класса. ГОСТ Р 52323-2005 [5] на статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S дополнительно устанавливает проведение поверки точности при наличии гармоник напряжения и тока, при чем дополнительная погрешность не должна превышать $0,4 \dots 0,5\%$, т. е. АСП необходимо обеспечивать установку амплитуд гармоник с точностью $\leq 0,1\%$.

АСП должны обеспечивать напряжения, которые определяются расширенным рабочим диапазоном счетчиков от 0,8 до 1,15 от $U_{ном}$ или даже предельным – от 0 до 253 В [4]. Выходная мощность канала напряжения АСП определяется потреблением испытуемых счетчиков по цепи напряжения (2 Вт и 10 ВА) [4] и числом одновременно поверяемых приборов.

Реальное потребление мощности у электронных счетчиков имеет большой разброс в зависимости от схемной реализации источника питания. Характер импеданса счетчика с бестрансформаторным источником питания является емкостным, как правило, с пиковой нагрузкой по току.

В АСП, для обеспечения коэффициента гармоник $K_g \leq 2\%$, используются электронные усилители с обратными связями по мгновенному значению, в которых при реактивном и меняющемся характере импеданса нагрузки может возникнуть паразитная генерация.

Широкое распространение счетчиков с датчиками в канале тока в виде шунта, у которых цепи тока и напряжения гальванически связаны и не могут быть разделены на время поверки, привело к дополнительным сложностям при построении канала напряжения АСП. При организации групповой поверки таких счетчиков требуется n гальванически не связанных каналов напряжения. Наибольшее распространение получило применение блока гальванической развязки (БГР), но это ограничивает допустимую нагрузку канала напряжения и требует подключения счетчиков с одинаковыми входными импедансами, т. е. практически однотипных счетчиков.

Канал тока АСП должен обеспечивать поверку следующих параметров счетчика: наличие самохода; значение стартового тока; погрешность, вызванную изменением тока; точность при наличии гармоник; испытание на влияние субгармоник [4].

Для этого в автоматическом (по программе поверки) или пошаговом (при калибровке) режиме должны устанавливаться следующие токи:

- для проверки самохода $I = 0$ на время 1–1,5 мин;
- для проверки чувствительности счетчика $I = 0,001I_{\text{ном}}$, например, при $I_{\text{ном}} = 5$ А (наиболее распространенное значение) – $I_{\text{мин}} = 5$ мА;
- диапазон изменения токов от $0,01I_{\text{ном}}$ до I_{max} с отклонением от заданного значения не более $\pm 1\%$;
- для определения погрешности от несинусоидальности тока ГОСТ [4] рекомендует использовать пятую гармонику с амплитудой 40 % от тока основной частоты.

Для испытания влияния субгармоник на точность измерений энергии в [4] приведена рекомендуемая форма сигнала тока и его спектральный состав для частоты 50 Гц. Сигнал с таким спектральным составом называют интергармоническим. На практике используют испытательный цикл: два периода «включено», два периода «отключено». На рис. 1 приведен спектр такого сигнала. Распределение гармоник в этом случае такое же, как и в рекомендациях стандарта [4], а отличие в значениях амплитуд не более 10 %, что вполне приемлемо.

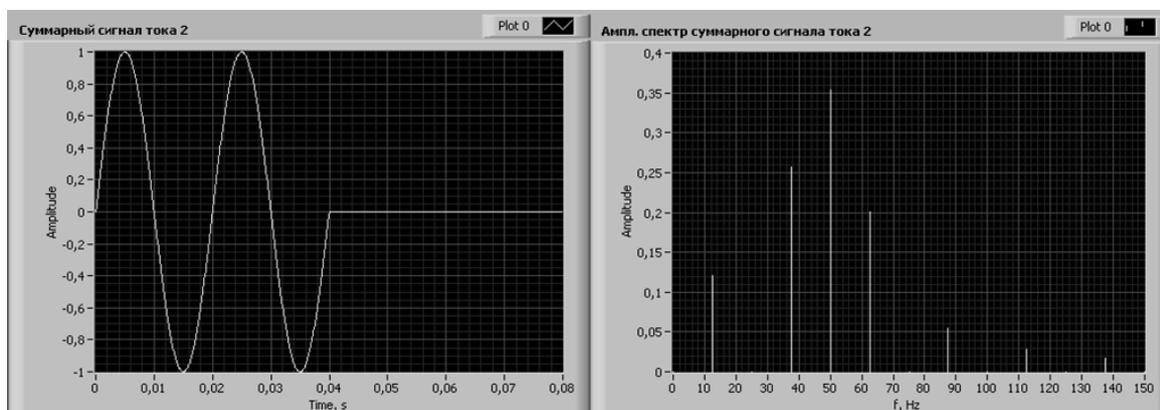


Рис. 1. Интергармонический сигнал тока и его спектральный состав

Потребляемая мощность в токовой цепи нормируется ГОСТ [4]. Однако реальная мощность, потребляемая от канала тока АСП, определяется не столько потерями в токовой цепи испытуемого счетчика, сколько длиной соединительных проводов и их сечением. Практика показывает, что в реальных условиях потребляемая мощность на один счетчик составляет порядка 5...10 ВА, что надо учитывать при расчете выходной мощности канала тока. Это, в свою очередь, ограничивает максимально допустимое количество счетчиков, подключаемых к установке.

Как уже отмечалось, современные АСП должны обеспечивать и поверку ПКЭ. В связи с этим, согласно ГОСТ Р 54149 [6], появляются дополнительные требования по формированию испытательных сигналов: отклонение частоты $\pm 0,4$ Гц; медленные изменения напряжения $\pm 10\%$ от номинала; колебания и фликер; одиночные быстрые изменения напряжения $\pm 5\%$ от номинала; несинусоидальность напряжения (гармоники до 50); прерывания напряжений (кратковременные и длительные); и др.

Методы построения автоматизированных средств поверки

Современные методы построения измерителей мощности (широотно-импульсного, широко-амплитудного, аналогово-цифрового преобразования) позволяют обеспечивать относительную погрешность эталонных измерителей электроэнергетических величин от 0,01 %. Все это делает возможным создание поверочных установок высокого класса точности. При этом существуют два принципа построения поверочных установок.

В первом случае используется *метод непосредственного сличения* показаний эталонного и поверяемого приборов. Тогда требования к источнику фиктивной мощности достаточно просты: допустимые отклонения тока и напряжения от установленных значений $\pm 1\%$; искажения формы кривой 1...2 %; дискретность задания фазового сдвига 1° . Такие характеристики достигаются введением относительно неглубоких обратных связей по мгновенному значению в преобразователях «напряжение–напряжение» и «напряжение–ток». Высокая стабильность выдаваемой мощности может быть обеспечена обратными связями по интегральному значению. Большая часть отечественных и зарубежных АСП построены с использованием этого метода. Основные технические характеристики установок, их производители и цена приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики АСП

Технические характеристики, цена	ЦУ-7009-60 (3-х фазная)	ЦУ-7008 (однофазная)	ЦУ-7012	ЦУ-7016	ЦУ-6804М (3-х фазная)	УАПС-1, УАПС-1М (3-х фазная)	УАПС-2 (однофазная)	СУ-001 (однофазная)	УШУ-МЭ
Диапазон токов, А	0,01...60	0,01...60	0,001...12	0,01...120	0,001...10	0,01...50 (100)	0,01...100	0,01...120	0,00001...50 (100)
Диапазон напряжений, В	20...450	187...242	20...500	176...264	20...288	57,7...230	170...240	150...288	0,001...480
Диапазон частот, Гц	45...65	50 \pm 0,3	45...65	50 \pm 0,3	(47,5...63) \pm 0,1	47...63	47...63	47...63	45...70
Выходная мощность канала U, ВА	50...150	200...300	50	200...300	15	40...80	60	200	150
Выходная мощность канала I, ВА	60...200	160...300	60	160...300	20	150	170	170	150
Погрешность измерения P, %	\pm 0,05	\pm 0,2	\pm 0,05	\pm 0,2	\pm 0,05	\pm 0,15	\pm 0,2	\pm 0,4	\pm 0,02
Погрешность измерения Q, %	\pm 0,1		\pm 0,1		\pm (0,1...0,2)	\pm 0,3			\pm 0,03
Кэф-нт искажения синусоидальности, %	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	
Количество измеряемых гармоник	1	1	1...40	–	–	3; 5	3; 5	1	0...40
Измерение субгармоник	–	–	–	–	–	+	+	–	+
cos ϕ , ϕ				0...359,95°, $\Delta\phi = 1^\circ$	0,01...1; –(0,01...1); $\Delta(\cos\phi) = 0,01$	(0...360)° $\pm 0,6^\circ$	–180...+180°; $\Delta\phi = \pm 0,6^\circ$	–(0,01...1); 0,01–1; $\Delta(\cos\phi) = 1$	0...359,95°, $\Delta\phi = 1^\circ$
Цена, тыс. р.	1700	(зависит от комплектации)	(зависит от комплектации)	\approx 1500	470	\approx 700	560...610	\approx 600	\approx 973,500

Посмотрим, в какой мере они удовлетворяют требованиям к современным АСП.

Установка измерительная ЦУ7009 [7], в состав которой входит программируемый трехфазный источник фиктивной мощности МК7006, вольтметр-счетчик электрической энергии ЦЭ7008, вычислитель погрешности МИП и измерительный трансформатор (ИТН), обеспечивает поверку статических счетчиков с гальванически связанными последовательными и параллельными цепями. Для работы в автоматическом режиме используется персональный компьютер (ПК). Установка обеспечивает поверку счетчиков класса 0,2S и др. по всем параметрам, за исключением влияния на погрешность результата измерений высших гармоник и субгармоник. Кроме ЦУ7009, «НИИ Электромера» выпускает [8]: ЦУ7008 – для поверки однофазных счетчиков; ЦУ7016 – для поверки счетчиков класса 0,2; ЦУ7012 – для поверки многофункциональных (интеллектуальных) счетчиков (в состав установки введен калибратор «Ресурс-К2» [9]).

НПО им. М.Ф. Фрунзе разработаны и выпускаются две автоматизированные установки для поверки счетчиков электрической энергии [10]:

- 1) УАПС-1MP – для поверки статических счетчиков одно- и трехфазных счетчиков класса 0,5 и менее точных. Состав: блок эталонного счетчика класса 0,15; блок напряжения; блок тока; блок гармонической развязки. Установка работает под управлением программного обеспечения, установленного на ПК. УАПС позволяет определять дополнительную погрешность, вызванную наличием в сигналах тока и напряжения высших гармонических составляющих и субгармоник.
- 2) УАПС-2 – для поверки и регулировки однофазных счетчиков активной электрической энергии класса 1,0 и менее точных, в том числе с объединенными последовательными и параллельными цепями. В состав установки входят источник фиктивной мощности и эталонный счетчик класса 0,2. Как и в УАПС-1, предусмотрена возможность введения в сигналы тока и напряжения высших гармоник от 3-й до 9-й включительно с максимальными значениями амплитуд до 10 % от сигнала основной частоты.

В УАПС-2 использовано оригинальное решение по гальванической развязке выходных напряжений. Используются шесть трансформаторных усилителей мощности, у которых выходная обмотка не соединена с общим проводом. Для калибровки выходного напряжения используются шесть АЦП, которые питаются от своих изолированных источников питания. Связь с процессором осуществляется через гальваническую развязку. Такое решение не требует подключения однотипных счетчиков. Недостатком УАПС-2 является сравнительно большая погрешность.

К достоинствам УАПС можно отнести их мобильность – все составляющие блоки, за исключением ПК, находятся в одном корпусе и имеют сравнительно небольшую массу (22 кг) и габаритные размеры (470×496×160,5 мм).

НПО «Марс-Энерго» выпускает поверочные установки УППУ-МЭЗ.1К50 и УППУ-МЭЗ.1100 с токовыми пределами 50 и 100 А соответственно [11]. Обе установки стационарные с управлением вручную со встроенной клавиатуры или от ПК с помощью программного обеспечения «Энергоформа». Они предназначены для калибровки и поверки широкого класса приборов, измеряющих электроэнергетические величины и показатели качества электроэнергии (ПКЭ). В состав установок входят:

- генератор-синтезатор «Энергоформа-3.1», который выдает синусоидальные сигналы (частотный диапазон от 45 до 70 Гц с шагом 0,01 Гц; фазовые сдвиги от 179,99 до +180° через 0,01°) и позволяет синтезировать различные формы сигналов с содержанием высших гармоник (2–50) в диапазоне напряжений от 0 до 100 % от амплитуды основной гармоники, а также реализует режим субгармоник, провалов напряжения и т. д., имеется библиотека сигналов;
- усилители тока и напряжения – обеспечивают необходимые значения токов и напряжений;
- эталонный многофункциональный прибор «Энергомонитор-3.1К» – для измерения электроэнергетических величин. В настоящее время это рабочий эталон класса точности 0,02.

Для проведения поверки в автоматическом режиме используется программа «Энергоформа УППУ», при этом к каждому поверяемому СИ подключается устройство вычисления погрешности (ПТНЧ). Одновременно может поверяться до 15-ти счетчиков. Для поверки шунтовых счетчиков используется блок гальванической развязки «УПШС-3».

Второй метод построения АСП – *метод калибратора мощности*. При этом методе эталонный счетчик из структуры исключается, а требуемое значение погрешности задания мощ-

ности обеспечивается косвенным методом – путем прецизионного задания выходных значений напряжения, тока и коэффициента мощности, с учетом известного соотношения для активной мощности (P):

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

где U – действующее значение напряжения, В; I – действующее значение тока, А; φ – фазовый сдвиг между сигналами тока и напряжения.

Даже при среднеквадратичном законе сложения погрешностей сомножителей (1) требования к погрешности задания значений напряжения, силы тока и коэффициента мощности получаются очень жесткими. Если точность задания силы тока и напряжения можно обеспечить, используя отрицательную обратную связь (ООС) по интегральному значению, то для удержания фазового сдвига в пределах сотых долей градуса (как и малых искажений сигнала) требуются глубокие ООС по мгновенному значению. С учетом реактивной изменяющейся нагрузки возникает проблема обеспечения устойчивости системы. В калибраторах, работающих в узком частотном диапазоне (45...65 Гц), эта задача решается расчетом и выбором корректирующих цепей. В связи с требованиями (проверять влияние гармоник на погрешность измерения [4]) полосу пропускания усилителей мощности (каналы тока и напряжения) необходимо расширять до 2...2,5 кГц, что требует построения бестрансформаторных усилителей мощности. Данная задача решается применением современной элементной базы. Но и в этом случае проблема устойчивости остается.

Повышение точности калибраторов фиктивной мощности (КФМ) видится в использовании аналогово-цифрового преобразования выходных сигналов, расчете значений U , I , φ и мощности, внесении коррекции во входные сигналы усилителей мощности. Характеристики нескольких АСП такого типа, которые наиболее полно отвечают современному уровню, на взгляд авторов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Калибраторы фиктивной мощности российских производителей

Технические характеристики, цена	КФМ 06-1-10 (КФМ 06-1-100.8)	КФМ 06.3 (3-х фазный)	Ресурс К2М (3-х фазный)	ЭРИС-КЛ.01 (3-х фазный)
Диапазон токов, А	0...10	0...10	0,001...7,5	0...7,5
Диапазон напряжений, В	0...325 (0...270)	0...325	2,2...330	30...280
Диапазон частот, Гц	45...66; $\Delta f = \pm 0,01$	45...66; $\Delta f = \pm 0,01$	42,5...69; $\Delta f = \pm 0,005$	45...55
Выходная мощность канала U , ВА	160			
Выходная мощность канала I , ВА	30 (300)			
Погрешность измерения P , %	$\pm 0,05/0,1$ ($\pm 0,1/0,2$)	$\pm 0,05/0,1$	$\pm (0,1-0,15)$	
Погрешность измерения Q , %	$\pm 0,05/0,1$ ($\pm 0,1/0,2$)	$\pm 0,05/0,1$	$\pm (0,1-0,15)$	
Коэф-нт искажения синусоидальности, %	0,05 (0,1)	0,05	0,3 %	0...15
Количество измеряемых гармоник	2...40	2...40	1...50	–
Измерение субгармоник	–	–	+	–
φ , град	0...360°; $\Delta \varphi = 0,03^\circ$ ($\Delta \varphi = 0,06^\circ$)	0...360°	–180...+180°	
Цена, тыс. р.	250	≈ 400	480	–

Калибраторы «Ресурс-К2М» и «Эрис-КЛ.01» в основном предназначены для калибровки и поверки приборов, измеряющих качество электроэнергии. Управление осуществляется от ПК. Их можно использовать и для поверки счетчиков электрической энергии, но диапазоны выходных токов не позволяют выполнить всю программу по требованиям ГОСТ [4].

Серия калибраторов фиктивной мощности КФМ представлена ООО «Эника» [12]. КФМ-06.1 – это однофазные калибраторы, которые легко объединяются в синхронизируемую трехфазную систему, что позволяет организовать или одно рабочее место для регулировки и поверки трехфазных счетчиков, или три независимых рабочих места – для однофазных, или увеличить число одновременно поверяемых счетчиков до 24 штук.

КФМ-06.3 – трехфазный калибратор класса точности 0,05, позволяет проводить поверку счетчиков класса точности 0,2S, но в меньшем диапазоне токов. К сожалению, калибраторы КФМ-06.1 не позволяют проверить влияние субгармоник на погрешность измерения мощности, предусмотренную ГОСТ [3]. Программное обеспечение КФМ-06.1, предоставляемое разработчиками, позволяет организовать высокопроизводительные и удобные в эксплуатации АСП электроизмерительных приборов.

В табл. 3 приведены данные АСП измерителей электрических величин зарубежных производителей.

Таблица 3. Калибраторы фиктивной мощности зарубежных производителей

Технические характеристики, цена	Rotek-8100 (США)	Calmet C300 (Польша) (3-х фазный)	CL-3002 (Китай) (3-х фазный)	WE-20 Radian Research (США)	SPE 120.3 (Швеция)
Диапазон токов, А	0,001...55	0,005...120	0,01...100	0,1...30, шаг 1 мА	0,001...120
Диапазон напряжений, В	1...700	0,5...500	57,7...380	30...600, шаг 10 мВ	30...300
Диапазон частот, Гц	16...1000	40...500	45...65; $\Delta f = 0,01$	45...65	45...65
Выходная мощность канала U , ВА	200	–	100	35	300
Выходная мощность канала I , ВА	200	–	200	35	300
Погрешность измерения P , %	0,010	$\pm 0,05$	$\pm 0,02/0,05$	$\pm 0,01, \pm 0,04$	$< 0,05$
Погрешность измерения Q , %	–	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$		$< 0,05$
Коэф-нт искажения синусоидальности, %	–	–	$\leq 0,5$	$< 1\%$	$< 0,05$
Количество измеряемых гармоник	–	1...31	2...21	1	2...20
Измерение субгармоник	–	–	–	–	–
$\cos \varphi$, ф	$-180...+180^\circ$	$0... \pm 360^\circ$; $\Delta \varphi = \pm 0,1^\circ$; $\cos \varphi = (-1...+1^\circ)$	$0...359,98^\circ$; $\Delta \varphi = \pm 0,01^\circ$	$0...359,95^\circ$; шаг $0,05^\circ$	$0...360^\circ$; $\Delta \varphi = \pm 0,01^\circ$
Цена, тыс. р.	≈ 1100	≈ 377	≈ 1700	–	≈ 1310

Принципы построения зарубежных АСП такие же, как и отечественных. В качестве примера могут выступить стенды CL-30002 (Китай) [13], УП-1000 и УП-3000 (Белоруссия) [14], в состав которых входит источник фиктивной мощности и эталонный измеритель, а также калибраторы фиктивной мощности Rotek-8100 (США) [15] и Calmet C300 (Польша) [16]. Однако необходимо отметить, что приведенные АСП обладают более высокими техническими характеристиками: погрешность измерений составляет $0,01...0,05\%$; обеспечивается возможность калибровки и поверки СИ электроэнергетических величин (ПКЭ).

Заключение

Обзор средств измерений электрической энергии показал, что отечественные АСП достаточно полно удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 52322 [4] по поверке электронных счетчиков класса точности 1,0 и 2,0. Для счетчиков более высокого класса точности (0,2S и 0,5S) большинство установок не обеспечивают полную, согласно ГОСТ Р 58323 [5], программу испытаний. Еще хуже дело обстоит с поверкой интеллектуальных счетчиков. Полностью программа поверки всех типов счетчиков и ПКЭ обеспечивает АСП на базе «Энергомонитор-3.1К-02» – УППУ-МЭ [11]. Однако высокая, по российским меркам, стоимость установки является существенным препятствием для широкого применения этого комплекса.

Серия калибраторов фиктивной мощности, например КФМ-06, демонстрирует высокие точностные характеристики и функциональные возможности этого метода, и сравнительно низкий уровень цен. При этом требуется небольшая доработка калибратора по воспроизведению ряда сигналов, и тогда будут обеспечены все требования стандарта по поверке счетчиков и ПКЭ.

Необходимо отметить, что при разработке новых АСП надо ставить задачу не только поверки счетчиков электрической энергии, но и приборов, измеряющих качество электроэнергии, при этом цена должна быть доступной для широкого круга пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО «Электронприбор». ЭРИС-КЭ.06 – интеллектуальный счетчик электроэнергии (счетчик). 2012. URL: <http://www.electronpribor.ru/goods/1/16/366.html> (дата обращения: 10.03.2013).
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. с 1999-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 61 с.
3. ГОСТ 8.584-2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики статические активной электрической энергии переменного тока. Методика поверки. – Введ. с 2005-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 23 с.
4. ГОСТ Р 52322-2005. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Ч. 21. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2. – Введ. с 2005-07-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 24 с.
5. ГОСТ Р 58323-2005. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Ч. 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S. – Введ. с 2005-07-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 19 с.
6. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. с 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 33 с.
7. НИИ электроизмерительных приборов ОАО «НИИ ЭЛЕКТРОМЕРА». Отдел метрологического обеспечения средств измерения электрических величин переменного тока. Разработки отдела. 2012. URL: <http://www.electromera.ru/dep46/raz-46.html> (дата обращения: 12.03.2013).
8. Средства измерения электрической энергии постоянного и переменного токов. Установки поверочные. 2012. URL: <http://pribory-si.ru/catalog/3408-01/2576/> (дата обращения: 12.03.2013).
9. НПО «Энерготехника». Средства измерений. Эталоны. Калибратор Ресурс-К2/Ресурс-К2М. 2012. URL: <http://www.entp.ru/catalog/obraz/1> (дата обращения: 13.03.2013).
10. Нижегородское НПО им. М.В. Фрунзе. Установки для автоматизированной метрологической поверки счетчиков электроэнергии (УАПС). 2012. URL: <http://www.nzif.ru/modules/myReviews/viewcat.php?cid=136> (дата обращения: 12.03.2013).
11. ООО «НПП Марс-Энерго». Продукция. Поверочные установки и эталонные приборы. 2012. URL: http://www.mars-energo.ru/index.php?option=com_catalog&task=cat&id=7&Itemid=10 (дата обращения: 13.03.2013).
12. Научно-производственное предприятие «Эника». Продукция. Калибраторы КФМ-06. 2012. URL: <http://www.enica.net.ru/> (дата обращения: 15.03.2013).

13. «CLOU ELECTRONICS» Ко, Лтд. Шэньчжэня. Испытательный стенд для поверки трехфазных счетчиков электроэнергии. 2012. URL: http://www.szclou.com/ru/products_c.asp?sendid=204 (дата обращения: 15.03.2013).
14. Научно-производственное предприятие «Гран-Система-С». Стационарное поверочное оборудование. 2012. URL: http://www.strumen.com/ru/products/electro/stationary_calibration_equipment.html (дата обращения: 17.03.2013).
15. Rotek Instrument Corp. Calibrators. Model 8100. 2012. URL: <http://www.rotek.com/calmodel8100.html> (дата обращения: 17.03.2013).
16. Calmet – Calibrators, testers, meters and analysers. Products: Power calibrators and power quality calibrators. 2012. URL: <http://www.calmet.com.pl/eng/pages/detail.php?product=pwr&mm=1> (дата обращения: 19.03.2013).

Поступила 29.05.2013 г.