

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ
И ИНФОРМАЦИОННО–
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

INSTRUMENT MAKING,
METROLOGY
AND INFORMATION–
MEASUREMENT
DEVICES AND SYSTEMS

УДК 62-52, 621.317.785

DOI: 10.17212/1814-1196-2018-1-177-188

Технологический контроль метрологических характеристик счетчиков электроэнергии на производстве*

Ю.А. ПАСЫНКОВ¹, М.А. САВИНЫХ²

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, Немировича-Данченко, 136, Новосибирский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор. E-mail: pasinkovnstu@mail.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, Немировича-Данченко, 136, Новосибирский государственный технический университет, аспирант. E-mail: bigmax.sav@gmail.com

Современные приборы учета электроэнергии имеют множество разнообразных функций, таких как регистрация и хранение различных параметров сети, коммутация нагрузки, передача данных по интерфейсам. Но главной функцией остается измерение электроэнергии. Поэтому самой важной и ответственной операцией при производстве является контроль метрологических характеристик счетчиков. В статье описаны два основных метода определения погрешностей счетчиков: метод сличения с эталонным счетчиком и метод задаваемой стабилизированной мощности, а также проведен их сравнительный анализ. Выявлено, что для проведения технологического контроля на предприятии при массовом производстве более удобным является метод задаваемой стабилизированной мощности. При его использовании имеется возможность контроля ряда метрологических характеристик без введения дополнительных единиц измерительного оборудования. Например, контроль погрешности измерения тока, напряжения и частоты, контроль самохода и порога чувствительности. В соответствии с данным методом для проведения технологического контроля на производстве был разработан автоматизированный стенд с использованием измерительного генератора КФМ-06. При этом погрешность проверяемого счетчика определяется по периоду сигнала с его испытательного выхода, который измеряется с помощью встроенного в генератор модуля измерения периода. В статье описаны функциональная схема стенда и принцип его работы. Показаны преимущества использования данного стенда перед устаревшими стендами, работающими по методу сличения с эталонным счетчиком, среди них контроль большего количества электрических параметров, автоматизация процесса и, как следствие, уменьшение числа ошибок контроля, связанных с человеческим фактором, повышение производительности в целом.

* Статья получена 08 августа 2017 г.

Ключевые слова: счетчик электроэнергии, метрологические характеристики, технологический контроль, погрешность, генератор фиктивной мощности, измерение периода, автоматизированный стенд, LabVIEW, производительность

ВВЕДЕНИЕ

Современные приборы учета электроэнергии (счетчики) – это сложные многофункциональные устройства. Помимо измерения основного параметра – электроэнергии – они позволяют измерять множество дополнительных, таких как ток, напряжение, частота, активная и реактивная мощность, сдвиг фаз и др. Также они имеют ряд дополнительных функций. Например, коммутация нагрузки (отключение потребителя от сети), передача данных по различным интерфейсам (RS-232, RS-485, передача по силовой сети, радиоканал и другие), в том числе по открытому стандартному протоколу IEC 62056 (DLMS/COSEM) [1], регистрация и сохранение в памяти событий включения и отключения счетчика, выхода значений напряжения тока, напряжения и мощности за установленные пороги и др. Все функции необходимо контролировать в процессе производства, чтобы своевременно выявлять и устранять брак. Несмотря на все многообразие функций электросчетчика, самой главной остается измерение электроэнергии с высокой точностью. Согласно [2] счетчики граждан (физических лиц) должны иметь класс точности 2.0 и выше, счетчики на вводах многоквартирных домов – 1.0 и выше, мощные потребители (организации, предприятия) – 1.0 или 0.5S и выше в зависимости от мощности и напряжения. Отсюда видно, что индукционные счетчики производства конца XX века с классом точности 2.5 в настоящее время использовать нельзя, и их необходимо заменять. Выпускаемые новые счетчики электроэнергии, как отмечено выше, должны иметь класс точности 2.0, 1.0, 0.5S. Большинство выпускаемых современных приборов учета электроэнергии имеют класс точности 1.0 (счетчики «РиМ» (например, РиМ181, РиМ189, РиМ489) [3]; счетчики «Энергомера» (например, СЕ101, СЕ200, СЕ102, ЦЭ6803) [4]; счетчики «Меркурий» (например, «Меркурий 234», «Меркурий 236», «Меркурий 230») [5]). Но некоторые модели счетчиков перечисленных производителей имеют классы точности 2.0 и 0.5S.

Поскольку измерение электрических параметров сети является главной функцией счетчика, то контроль метрологических характеристик (относительных погрешностей измерения в соответствии с [6]) является одним из самых важных и ответственных этапов при производстве, а требования к используемому в процессе контроля оборудованию очень высокие. В статье описаны основные методики контроля метрологических характеристик приборов учета электроэнергии, а также устройство и принцип работы разработанного стенда для автоматизированного проведения данной операции.

1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Контроль метрологических характеристик приборов учета электроэнергии является одним из этапов поверки, которая производится для готовых приборов перед выпуском с предприятия, согласно Федеральному закону

«Об обеспечении единства средства измерений» [7]. Этапы и условия поверки регламентирует ГОСТ [8]. Кроме того, аналогичная операция проводится в процессе производства и называется «технологический контроль». Требования к оборудованию при этом аналогичны требованиям к поверочной установке, описанным в работе [8], согласно которым поверочная установка должна содержать источник фиктивной мощности, эталонные средства измерений, стенд для установки и подключения поверяемых счетчиков к источнику фиктивной мощности и эталонным средствам измерений, устройство обработки результатов измерений – вычислитель погрешности. Источник фиктивной мощности представляет собой синхронные, но независимые источники тока и напряжения. Существует два подхода к определению погрешностей счетчика: метод сличения с эталонным счетчиком и метод задаваемой стабилизированной мощности [8].

Метод сличения с эталонным счетчиком. Поверочная установка в этом случае должна содержать источник фиктивной мощности, эталонный счетчик электрической энергии, эталонные масштабные преобразователи тока и напряжения (например, эталонные трансформаторы тока и напряжения). Ток и напряжение при этом задаются генератором приближенно. Они подаются на образцовый счетчик и на поверяемый, которые соединены параллельно по напряжению и последовательно по току. В качестве показаний счетчиков используют приращение показаний счетного механизма или число импульсов, поступивших от одного из испытательных выходов. Тогда погрешность поверяемого счетчика может быть определена по формуле [8]

$$\gamma_{\text{сч}} = \frac{(C_{\text{с}}N_{\text{с}} - C_{\text{эт}}N_{\text{эт}})}{C_{\text{эт}}N_{\text{эт}}}. \quad (1)$$

Здесь $C_{\text{с}}$ – постоянная поверяемого счетчика; $C_{\text{эт}}$ – постоянная эталонного счетчика. Постоянная счетчика зависит от конкретного типа счетчика и определяет приращение измеренной энергии на один импульс испытательного выхода, Вт · ч/имп; $N_{\text{с}}$, $N_{\text{эт}}$ – число импульсов с испытательного выхода поверяемого и эталонного счетчиков соответственно (за время измерения).

Недостатком вычисления погрешности счетчика по формуле (1) является значительная методическая погрешность дискретности, связанной с квантованием непрерывного времени дискретными импульсами [9]. Она возникает из-за того, что импульсы с поверяемого и эталонного счетчиков не синхронизированы между собой. Из-за этого в интервал времени измерения попадет не целое число периодов импульсов, и в предельном случае это дает погрешность в 1 импульс, или $C_{\text{с}}$ Вт · ч для поверяемого счетчика и $C_{\text{эт}}$ Вт · ч для эталонного счетчика. Эта погрешность является дополнительной и делает неточным определение собственной погрешности счетчика. Ее относительное значение равно $\frac{C_{\text{с}} \cdot 1}{C_{\text{с}}N_{\text{с}}} = \frac{1}{N_{\text{с}}}$ для поверяемого счетчика и $\frac{1}{N_{\text{эт}}}$ – для эталонного.

Обычно на практике частота импульсов с одного из счетчиков намного меньше, чем со второго. Поэтому интервал времени, в течение которого подсчитываются импульсы, синхронизируют с сигналом испытательного выхода того из счетчиков, частота которого меньше. Тогда для этого счетчика по-

грешность дискретности будет равна нулю, но для второго счетчика она останется прежней. Для уменьшения данной погрешности необходимо увеличивать количество импульсов с этого счетчика, а значит, увеличивать время измерения. В результате данный метод оказывается неудобным при массовом производстве счетчиков, где время операции играет значительную роль.

Однако этого можно избежать, если вместо подсчета количества импульсов измерять их период. Тогда относительную погрешность счетчика можно определить по формуле

$$\gamma_{\text{сч}} = \frac{(C_{\text{с}} / T_{\text{с}} - C_{\text{эт}} / T_{\text{эт}})}{C_{\text{эт}} / T_{\text{эт}}}, \quad (2)$$

здесь $T_{\text{с}}$, $T_{\text{эт}}$ – периоды импульсов поверяемого и эталонного счетчиков соответственно.

Тем не менее общим недостатком такого метода является сложность установки выходных сигналов генератора (ток, напряжение, фаза) в точно заданные значения, если это требуется при проведении выходного контроля (так как генератор не является образцовым и позволяет установить требуемые значения выходных сигналов приближенно). Также в данном методе требуется использование минимум двух единиц метрологического оборудования – генератора и образцового счетчика.

Метод задаваемой стабилизированной мощности. Для данного метода поверочная установка должна содержать эталонный ваттметр, амперметры и вольтметры, эталонные масштабные преобразователи тока и напряжения (например, эталонные трансформаторы тока и напряжения). Эталонные ваттметр, амперметр и вольтметр обычно входят в состав генератора, что позволяет точно задавать требуемый режим и поддерживать его стабильным. В качестве показаний поверяемого счетчика принимают длительность периодов или частоту следования импульсов одного из испытательных выходов. Для бытовых счетчиков электроэнергии постоянная счетчика составляет в среднем 1/5000...1/3000 кВт·ч/имп (например, 1/4000 для РИМ189, РИМ489 [3]; 1/3200 – для СЕ 102, ЦЭ6803В [4]; 1/5000 – для «Меркурий 201», «Меркурий 234» [5]), хотя бывают модели и с другими значениями постоянной счетчика. Это означает, что если на счетчик подается мощность 1 кВт (приблизительно такая мощность и подается на счетчик при проведении контроля метрологических характеристик), то за час с испытательного выхода придет 3000...5000 импульсов, т. е. порядка одного импульса в секунду. Это означает, что частота импульсов для таких счетчиков – это достаточно маленькая величина (единицы, а в некоторых испытательных режимах и доли герц). Поэтому на практике удобнее измерять период, а не частоту импульсов. При стабильной поданной мощности период импульсов с испытательного выхода также стабилен. Это достигается за счет того, что в микроконтроллере счетчика генерация импульсов происходит независимо от измерения мощности. То есть в одном функциональном блоке вычисляется средняя за несколько периодов входного измеряемого сигнала мощность, а затем в другом функциональном блоке генерируются импульсы с постоянным периодом, пропорциональным измеренной мощности. Поэтому в процессе технологиче-

ского контроля метрологических характеристик можно измерять только один период импульсов с испытательного выхода, так как заданная мощность стабильна. Однако для уменьшения случайных погрешностей (которые, например, могут быть вызваны шумами, накладываемыми на сигнал с испытательного выхода) обычно измеряют среднее значение периода за время, равное нескольким периодам импульсов. Тогда погрешность поверяемого счетчика определяется по формуле

$$\gamma_{\text{сч}} = \frac{(C_{\text{с}} / T_{\text{с}} - P_{\text{эт}})}{P_{\text{эт}}}. \quad (3)$$

Здесь $T_{\text{с}}$ – средний за время измерения период импульсов с испытательного выхода поверяемого счетчика; $P_{\text{эт}}$ – мощность, задаваемая генератором (постоянная в течение времени измерения). Эта мощность берется непосредственно из установок генератора, так как генератор задает ее точно в соответствии с установками и в пределах своего класса точности. Мощность, измеренная счетчиком, может определяться по периоду сигнала телеметрии или иным способом. Например, путем чтения значений измерений мощности по интерфейсу, тогда вместо $C_{\text{с}} / T_{\text{с}}$ в формуле (3) будет значение мощности, полученное непосредственно со счетчика $P_{\text{сч}}$. Преимуществом данного метода перед методом образцового счетчика является возможность точного задания точки контроля (ток, напряжение, фаза), а также только одна единица метрологического оборудования, необходимая для проведения контроля электрических параметров, – сам образцовый генератор. Кроме этого, если в поверяемом счетчике имеется возможность получения данных об измеренных значениях тока, напряжения и разности фаз (по интерфейсу), то определение погрешности измерения данных величин также возможно, так как заданные генератором ток, напряжение и разность фаз известны (из установок генератора или из показаний эталонных приборов, имеющих в составе стенда).

Метод задаваемой стабилизированной мощности является более удобным для технологического контроля метрологических характеристик счетчиков в процессе производства, так как является более гибким с точки зрения возможности контроля множества различных параметров счетчиков (а не только погрешности по мощности), а также требует меньшего количества оборудования. Поэтому для замены имеющихся на производственном предприятии стендов, работающих на основе метода сличения с эталонным счетчиком и имеющих ряд ограничений в работе, был разработан автоматизированный стенд для технологического контроля метрологических характеристик однофазных счетчиков электроэнергии с использованием прецизионного генератора (калибратора) фиктивной мощности. Основные технические и метрологические требования, предъявляемые к калибратору: класс точности на ниже 0.1, диапазон напряжений до 270 В, диапазон токов до 100 А, нагрузочная способность в канале напряжения не менее 100 мА, так как сами подключаемые счетчики потребляют некоторую мощность для своей работы. Также необходима возможность управления калибратором программно с компьютера. На современном рынке существует несколько типов подобных приборов: калибраторы фирм Calmet (например, С200В, С300, СР11 [10]),

Fluke (например, 6105A, 6100B [11]), Meantest (например, Calibro 144 [12]), НПП «Марс-Энерго» (например, УППУ-МЭ 3.1 КМ-С [13]), ООО «Эника» (КФМ-06 [14]). Всем перечисленным требованиям, а также приемлемому уровню цены (до 1 млн рублей) отвечают калибраторы КФМ-06 и УППУ-МЭ 3.1КМ-С. Из них в конечном счете выбран калибратор КФМ-06, так как он более надежен при частом переключении режимов (значений тока, напряжения и сдвига фаз), что актуально при технологическом контроле большого количества производимых счетчиков.

2. КОНТРОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРА ФИКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КФМ-06

Калибратор фиктивной мощности КФМ-06 [14] представляет собой электронное устройство, содержащее независимые синхронные генераторы тока и напряжения (однофазные либо трехфазные, в зависимости от исполнения), а также 10-канальный блок измерения периода сигналов с испытательных выходов поверяемых счетчиков. Управляется генератор с персонального компьютера по интерфейсу USB 2.0. Для этого в программе на компьютере численно задается требуемый режим (напряжение, ток, сдвиг фазы, частота), и генератор устанавливает его и поддерживает неизменным с погрешностью, определяемой его классом точности. Класс точности генераторов КФМ-06 бывает 0.1 и 0.05, поэтому они подходят для контроля счетчиков класса 1 и 0.5, которые преимущественно производятся в настоящее время.

Данный генератор позволяет реализовать контроль метрологических характеристик счетчика электроэнергии по методу задаваемой стабилизированной мощности. Поэтому задаваемая мощность не измеряется явно, и ее погрешность мала и заранее известна (класс точности генератора). Мощность, измеренная проверяемым счетчиком, определяется по периоду сигнала с измерительного выхода. Благодаря этим двум факторам при использовании КФМ-06 отсутствует методическая погрешность дискретности, которая имела бы место при подсчете числа импульсов телеметрического выхода за заданный интервал времени и определении погрешности счетчика по формуле (1). Строго говоря, погрешность дискретности присутствует при измерении периода импульсов испытательного выхода поверяемого счетчика. Для измерения периода этот сигнал заполняется высокочастотным импульсным сигналом встроенного в КФМ-06 прецизионного стабилизированного кварцем генератора, и подсчитывается количество этих импульсов за время одного периода сигнала испытательного выхода счетчика. Поскольку в один период сигнала испытательного выхода в общем случае укладывается не целое число импульсов высокочастотного заполняющего сигнала, то может возникнуть погрешность дискретности в один импульс. Однако частота заполняющего сигнала составляет несколько мегагерц, что на несколько порядков больше частоты сигнала с испытательного выхода счетчика, поэтому эта погрешность дискретности мала и составляет порядка $10^{-7} \dots 10^{-6}$. С учетом погрешности настройки ($dF / F = (30 \dots 50) \cdot 10^{-6}$) и температурного дрейфа

($K_T = (30...50) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$) кварцевого резонатора итоговая погрешность измерения периода сигнала с испытательного выхода счетчика будет составлять $(1...2) \cdot 10^{-4}$. На практике этого достаточно для определения погрешности счетчиков класса точности 1 и 0.5S.

Таким образом, в процессе проверки параметры задаваемых сигналов – напряжение, ток, сдвиг фазы, частота, активная и реактивная мощность – известны и принимаются за эталон при определении погрешностей счетчика. Поскольку многие современные счетчики имеют интерфейсы передачи данных, то измерения счетчика в заданном режиме – напряжение, ток, сдвиг фазы, частота, активная и реактивная мощность – можно прочесть по интерфейсу. Сравнение считанных данных с заданными определяет погрешность счетчика по данным параметрам. Кроме этого, активную и реактивную мощность, измеренную счетчиком, можно определить по периоду сигналов его испытательных выходов. Чаще всего это требуется, так как необходимо контролировать функционирование самих испытательных выходов. Эти сигналы подаются на блок измерения периодов, который имеется в составе генератора КФМ-06, где измеряется и по среднему значению периодов определяется мощность по показаниям счетчика.

Помимо контроля погрешности измерения указанных выше метрологических характеристик, на этапе технологического контроля проверяется ряд дополнительных параметров.

1. Отсутствие самохода. Для данной проверки на счетчик подается максимальное рабочее напряжение и нулевой ток. По интерфейсу считываются измерения активной и реактивной мощности счетчика и проверяется, что они равны нулю.

2. Проверка чувствительности. На счетчик подаются номинальное напряжение и минимальный ток, при котором счетчик должен регистрировать мощность. По интерфейсу считывается измеренная мощность и контролируется, что она не равна нулю. Погрешность измерения на данном этапе не контролируется, так как она не нормирована на малых токах, близких к порогу чувствительности.

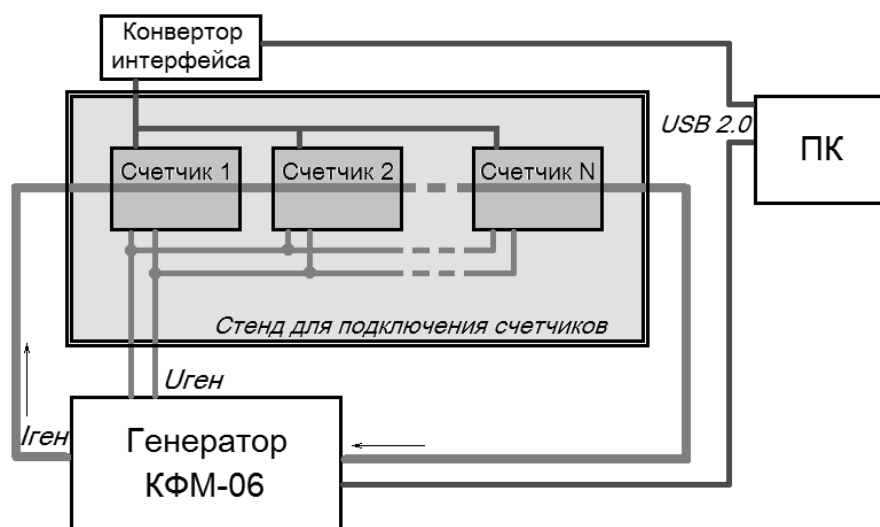
3. Проверка функции размыкания. В некоторых модификациях счетчиков в токовой цепи имеется реле, которое позволяет отключить потребителя от сети. Оно управляется командой по интерфейсу. Эту функцию целесообразно проверять на этапе технологического контроля вместе с метрологическими характеристиками. Для этого на счетчик по интерфейсу посылаются команды на замыкание и размыкание реле и контролируется его переключение.

3. СТЕНД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Разработанный автоматизированный стенд для технологического контроля метрологических характеристик состоит из четырех основных блоков (см. рисунок): генератор фиктивной мощности КФМ-06, стенд для подключения счетчиков электроэнергии, персональный компьютер (ПК), конвертор

интерфейса. Интерфейсы для связи счетчиков не являются стандартными, поэтому их нельзя подключить к ПК напрямую. Для этого используются преобразователи интерфейса счетчика в стандартный USB 2.0 (например, USB-RF, USB-RS485 и другие – в зависимости от типа счетчика).

Поскольку используемый генератор позволяет выдавать ток и напряжения во всем диапазоне требуемых значений, масштабные преобразователи тока и напряжения (трансформаторы) не используются. Напряжение в стенде задается номинальным (230 В) либо максимальным для контроля самохода (264 В), ток в общем случае задается в пределах от 0 до 100 А, но для некоторых моделей счетчиков максимальный ток меньше 100 А.



Функциональная схема стенда для технологического контроля электрических параметров однофазных счетчиков электроэнергии

Логику всей проверки задает программа на ПК, написанная в среде LabVIEW. Данная программная среда специально предназначена для тестирования, измерения и управления с быстрым доступом к аппаратному обеспечению и внутренней информации [15]. Разработанная программа выдает команды на генератор КФМ для установки требуемого режима, получает с него данные об измеренной счетчиками мощности (которую генератор определяет по периоду сигналов с испытательных выходов счетчиков), запрашивает у счетчиков (по интерфейсу) измерения различных параметров (ток, напряжение, мощность и другие), выполняет вычисление погрешностей счетчиков, определяет их годность (соответствие погрешностей заданным допустимым диапазонам), сохраняет результаты в базу данных.

Режимы проверки могут меняться в процессе производства: добавляться или убираться по решению технолога. Поэтому все режимы для каждого типа счетчика хранятся в базе данных и могут быть скорректированы. Программа для управления стендом технологического контроля считывает из базы данных требуемые режимы и по очереди их выполняет. Вместе с требуемыми режимами из базы данных считывается также предел допустимой погрешности для каждого режима, который может корректироваться технологом.

В процессе проверки отслеживается состояние генератора, и в случае его перегрева или перегрузки (что возможно, например, при коротком замыкании в цепи напряжения счетчика или обрыве в цепи тока) режим генератора сбрасывается и поверка счетчиков прекращается. Кроме этого, поверка прекращается в случае, когда нет связи по интерфейсу для всех испытываемых счетчиков, так как эта ситуация соответствует неисправности конвертора. Если же связь отсутствует только у части счетчиков, то это свидетельствует о неисправности этих счетчиков, и поверка остальных установленных счетчиков продолжается.

Таким образом, разработанное рабочее место для технологического контроля электрических параметров счетчиков электроэнергии практически полностью автоматизировано. Оператору необходимо установить проверяемые счетчики на стенд и запустить программу поверки на ПК. Все остальное выполняется автоматически. Благодаря этому исключаются ошибки при поверке счетчиков, связанные с человеческим фактором, а также сокращается время поверки по сравнению с аналогичными стендами, работающих по методу сличения с эталонным счетчиком. В этих устаревших стендах оператору необходимо вручную устанавливать и регулировать задаваемый режим, читать вычисленную погрешность с дисплея вычислителя и заносить ее в базу данных. Время поверки на новом разработанном стенде составляет несколько минут и не зависит от количества установленных на стенд проверяемых счетчиков (максимум 5 счетчиков). Это время определяется только количеством режимов поверки и поэтому может варьироваться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приведено сравнение двух подходов к контролю метрологических характеристик счетчиков электроэнергии: метода сличения с эталонным счетчиком и метода задаваемой стабилизированной мощности. Показано, что для технологического контроля при массовом производстве счетчиков метод задаваемой стабилизированной мощности является более подходящим.

Разработанный автоматизированный стенд для технологического контроля метрологических характеристик однофазных счетчиков электроэнергии заменил на производственном предприятии устаревшие аналогичные стенды, в которых многие операции выполняются вручную. В отличие от старых стендов, выполняющих контроль по методу сличения с эталонным счетчиком, разработанный стенд работает по методу задаваемой стабилизированной мощности. Благодаря этому он позволяет проверять большее количество параметров, причем в автоматическом режиме. В результате операция контроля метрологических характеристик счетчиков в процессе производства стала более эффективной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мамаев А.* DLMS/COSEM – открытый протокол для обмена данными с приборами учета. Ч. 1: краткий обзор [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/post/302246/> (дата обращения: 22.03.2018).
2. Постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».
3. Счетчики электрической энергии производства АО «РиМ» [Электронный ресурс]. – URL: www.zao-rim.ru/cat_cntrs (дата обращения 22.03.2018).
4. Счетчики электрической энергии производства АО «Электротехнические заводы «Энергомера». [Электронный ресурс]. URL: www.energomera.ru/ru/products/meters (дата обращения: 22.03.2018).
5. Счетчики электрической энергии производства ООО «НПК «Инкотекс» [Электронный ресурс]. – URL: www.incotexcom.ru/counters.htm (дата обращения: 22.03.2018).
6. ГОСТ 8.401–80. Классы точности средств измерений. Общие требования. – Взамен ГОСТ 13600–68; введ. 1981–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
7. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений».
8. ГОСТ 8.584–2004. Счетчики статической активной электрической энергии переменного тока. Методика поверки. – Введ. 2005–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2004.
9. ГОСТ 13607–68. Приборы и преобразователи электроизмерительные цифровые. Основные термины и определения. – Введ. 1969–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
10. Calmet. Power calibrators and power quality calibrators [Electronic resource]. – URL: www.calmet.com.pl/eng/pages/detail.php?product=pwr (accessed: 22.03.2018).
11. Fluke. Calibration. 6105A, 6100B Electrical Power Quality Calibrator [Electronic resource]. – URL: <https://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/6105a-6100b-electrical-power-quality-calibrat> (accessed: 22.03.2018).
12. Meantest. Оборудование для точных измерений и калибровки. Калибраторы мощности/энергии Calibro 133C/133Ci [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meantest.ru/index.php/production/kalibratory-moshchnosti-energii/84-kalibratory-moshchnosti-energii-calibro-133c-133ci> (дата обращения: 22.03.2018).
13. Установка поверочная универсальная «УППУ-МЭ 3.1КМ-С». Руководство по эксплуатации. МС2.702.500 РЭ.
14. Калибраторы мощности КФМ-06. Интегрированные тестовые системы [Электронный ресурс]. – URL: www.enica.net.ru/products/doc/kfm-060.pdf (дата обращения: 22.03.2018).
15. National Instruments. What is LabVIEW? [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (дата обращения: 22.03.2018).

Пасынков Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета, заслуженный изобретатель Российской Федерации. Основное направление научных исследований – измерение параметров периодических сигналов. Имеет более 200 публикаций, в том числе 2 методических пособия. E-mail: pasinkovnstu@mail.ru.

Савиных Максим Александрович, аспирант кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – измерительные трансформаторы тока. Имеет 13 публикаций. E-mail: bigmax.sav@gmail.com.

Technological control of metrological characteristics of electricity meters in manufacturing*

YU.A. PASINKOV¹, M.A. SAVINYKH²

¹ Novosibirsk State Technical University, 136, Nemorovicha-Danchenko St., Novosibirsk, 630073, Russian Federation, D. Sc. (Eng.), professor. E-mail: pasinkovnstu@mail.ru

² Novosibirsk State Technical University, 136, Nemorovicha-Danchenko St., Novosibirsk, 630073, Russian Federation, postgraduate. E-mail: bigmax.sav@gmail.com

Modern electricity meters have a lot of different functions such as net parameters measurement and storing, load commutation, data communication by interfaces, etc. However, their main function is electric power measurement. So, metrological control of produced electricity meters is an important and responsible operation during production. Two main methods of meter error definition are described in the paper: the reference meter comparison method with and the stabilized power method. Their comparison analysis is also made. It is revealed that the stabilized power method is more convenient for technological control during manufacturing. Using this method we can control a number of metrological characteristics without any additional measuring equipment, for example: metering errors of current, voltages, and frequency measurements, shunt running detection and sensitive threshold control. An automated stand based on the measuring generator KFM-06 was developed in accordance with this method. Errors of the tested meter are defined by the period of a signal from the meter test output. For period measurements the built-in KFM-06 measuring module is used. This paper describes the functional scheme and principle of operation of the developed test bench. It shows advantages of using this method instead of old test benches which worked using the reference meter comparison method. These advantages include control of larger electric parameter quantities, automation of testing process and hence decreasing tests errors related to the human factor, as well as increasing the performance in whole.

Keywords: electricity meter, metrological characteristics, technological control, error, fictitious power generator, period measurement, automated test bench, LabVIEW, performance

REFERENCES

1. Mamaev A. *DLMS/COSEM – otkrytyi protokol dlya obmena dannymi s priborami ucheta*. Ch. 1: *kratkii obzor* [DLMS/COSEM – open protocol for data communication with metering devices. Pt. 1: brief view]. Available at: <https://habrahabr.ru/post/302246/> (accessed 22.03.2018).
2. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 4 maya 2012 g. № 442 "O funktsionirovanii roznichnykh rynkov elektricheskoi energii, polnom i (ili) chastichnom ogranichenii rezhima potrebleniya elektricheskoi energii"* [Decree of the Government of the Russian Federation of May 4, 2012 No. 442 "On the functioning of retail electricity markets, full and (or) partial restriction of the regime of electricity consumption"].
3. *Schetchiki elektricheskoi energii proizvodstva AO "RiM"* [Electricity meters produced by company "RiM"]. Available at: www.zao-rim.ru/cat_cntrs (accessed 22.03.2018).
4. *Schetchiki elektricheskoy energii proizvodstva AO "Elektrotekhnicheskie zavody "Energomera"* [Electricity meters produced by company "Energomera"]. Available at: www.energomera.ru/ru/products/meters (accessed 22.03.2018).
5. *Schetchiki elektricheskoi energii proizvodstva OOO "NPK "Inkoteks"* [Electricity meters produced by company "NPK "Inkoteks"]. Available at: www.incotexcom.ru/counters.htm (accessed 22.03.2018).

* Received 08 August 2017.

6. GOST 8.401–80. *Klasy tochnosti sredstv izmerenii. Obshchie trebovaniya* [State Standard 8.401–80. Accuracy classes of measuring instruments. General requirements]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1981.

7. *Federal'nyi zakon ot 26.06.2008 N 102-FZ (red. ot 13.07.2015) "Ob obespechenii edinstva izmerenii"* [Federal law from 26.06.2008 N 102-FZ (red. from 13.07.2015) "About ensuring the uniformity of measurements"].

8. GOST 8.584–2004. *Schetniki staticheskie aktivnoi elektricheskoi energii peremennogo toka. Metodika poverki* [State Standard 8.584–2004. Alternating current static meters for active energy. Methods of verification]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2004.

9. GOST 13607–68. *Pribory i preobrazovateli elektroizmeritel'nye tsifrovye. Osnovnye terminy i opredeleniya* [State Standard 13607–68. Digital electrical measuring instruments and converters. Fundamental terms and definitions]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1994.

10. *Calmet. Power calibrators and power quality calibrators*. Available at: www.calmet.com.pl/eng/pages/detail.php?product=pwr (accessed 22.03.2018).

11. *Fluke. Calibration. 6105A, 6100B Electrical Power Quality Calibrator*. Available at: <https://us.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/6105a-6100b-electrical-power-quality-calibrat> (accessed 22.03.2018).

12. *Meantest. Oborudovanie dlya tochnykh izmerenii i kalibrovki. Kalibratory moshchnosti/energii Calibro 133C/133Ci* [Meantest. Equipment for precision measurements and calibrations. Calibrators of power/energy Calibro 133C/133Ci]. Available at: <http://www.meatest.ru/index.php/production/kalibratory-moshchnosti-energii/84-kalibratory-moshchnosti-energii-calibro-133c-133ci> (accessed 22.03.2018).

13. *Ustanovka poverochnaya universal'naya "UPPU-ME 3.1KM-S". Rukovodstvo po ekspluatatsii. MS2.702.500 RE* [Universal verification plant "UPPU-ME 3.1KM-C". Manual. MC2.702.500 RE].

14. *Kalibratory moshchnosti KFM-06. Integrirovannye testovye sistemy* [Kalibrators of power KFM-06. Integrated testing systems]. Available at: <http://www.enica.net.ru/products/doc/kfm-060.pdf> (accessed 22.03.2018).

15. *National Instruments. What is LabVIEW?* (In Russian). Available at: <http://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (accessed 22.03.2018).

Для цитирования:

Пасынков Ю.А., Савиных М.А. Технологический контроль метрологических характеристик счетчиков электроэнергии на производстве // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 1 (70). – С. 177–188. – doi: 10.17212/1814-1196-2018-1-177-188.

For citation:

Pasinkov Y.A., Savinykh M.A. Tekhnologicheskii kontrol' metrologicheskikh kharakteristik schetchikov elektroenergii na proizvodstve [Technological control of metrological characteristics of electricity meters in manufacturing]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2018, no.1 (70), pp. 177–188. doi: 10.17212/1814-1196-2018-1-177-188.