

Многофункциональные приборы для коммерческого учета и контроля качества электрической энергии



Контроль качества электрической энергии – важнейшая задача, которую сегодня можно решить с помощью качественного и надежного счетчика. В данной статье описывается многофункциональный счетчик электрической энергии «Ресурс-Е4», предназначенный для коммерческого учета электрической энергии, контроля и анализа качества электрической энергии и других параметров энергоснабжения.

ООО «НПП Энерготехника», г. Пенза

Развитие измерительной техники, направленное на повышение производительности труда и снижение себестоимости выпускаемой продукции, приводит к увеличению функциональных возможностей средств измерений и объединению нескольких функций в одном приборе. Эта тенденция в полной мере затронула приборы для решения двух важнейших измерительных задач электроэнергетики – учет электрической энергии и контроль ее качества.

Для эффективного и полноценного решения этих измерительных задач их выполнение должно осуществляться одновременно. Так, при учете электрической энергии значения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) и других параметров электрических величин используются для оценки погрешности измерений количества электрической энергии, а при соответствующем нормативно-методическом обеспечении может оказать существенное влияние и на финансово-экономические отношения между поставщиками и потребителями электрической энергии.

В свою очередь, при проведении испытаний электрической

энергии, связанных с контролем ее качества, необходимо получение измерительной информации о количестве электрической энергии, которая была испытана. Необходимо отметить, что существующие методики контроля качества электрической энергии, к сожалению, не содержат требований к измерению потребляемой мощности и количества электрической энергии, следовательно, они не учитывают того обстоятельства, что режимы электропотребления оказывают существенное влияние на значения ПКЭ, а соответственно, и на результаты контроля качества при проведении краткосрочных испытаний (сертификационных, периодических, арбитражных и т. д.).

Нормы качества электрической энергии, установленные в ГОСТ 13109 [1], являются обязательными во всех режимах работы систем электроснабжения общего назначения. Следовательно, методики контроля качества электрической энергии должны предусматривать испытания электрической энергии в различных режимах работы системы электроснабжения. Как минимум, испытания должны быть проведены в режиме минимальной и максимальной нагрузки. Ре-

зультаты измерения параметров электропотребления при контроле качества должны подтверждать наличие этих режимов.

Одним из средств измерений, объединившим в себе функции учета и контроля качества электрической энергии, является счетчик электрической энергии многофункциональный «Ресурс-Е4» (далее – счетчик, прибор). Данный прибор является одной из последних разработок НПП «Энерготехника». В 2008 году были успешно проведены испытания приборов с целью утверждения типа, а в настоящее время освоено их серийное производство. Приборы имеют несколько модификаций, которые различаются номинальным значением измеряемого тока и конструктивным исполнением. Внешний вид счетчиков представлен на рис. 1.

Современные счетчики электрической энергии, кроме функций, непосредственно связанных с организацией учета электрической энергии, обладают возможностью измерять параметры основных электрических величин: напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов и мощности. Измерители ПКЭ, используемые для контроля и анализа качества элек-



Рис. 1. Счетчик электрической энергии многофункциональный «Ресурс-Е4»: а – для навесного монтажа; б – для щитового монтажа

трической энергии, также измеряют большое количество параметров всех основных электроэнергетических величин, включая и количество электрической энергии.

Таким образом, и счетчики электрической энергии, и измерители ПКЭ сами по себе уже являются многофункциональными измерительными приборами. Каковы же причины, по которым не удается использовать счетчики электрической энергии для контроля ее качества, а измерители ПКЭ – для коммерческого или технического учета? Прежде всего, это связано со специальными требованиями к функциональным возможностям приборов.

Организация учета электрической энергии требует наличия у используемых средств измерений возможности задания большого количества тарифных зон, создания гибкой системы тарифных графиков с суточными, недельными, сезонными расписаниями и особыми днями.

В счетчике «Ресурс-Е4» может быть задано до 48 тарифных зон, начало и окончание которых кратко 30 мин. Организация тарифного учета позволяет составить 16 суточных расписаний, 16 недельных расписаний, два сезонных расписания и задать 64 особых дня.

Счетчик «Ресурс-Е4» измеряет электрическую энергию и мощность следующих видов:

- ▶ активная энергия и мощность прямого направления;
- ▶ активная энергия и мощность обратного направления;
- ▶ реактивная энергия и мощность квадрантная;

- ▶ полная энергия и мощность прямого направления;
- ▶ полная энергия и мощность обратного направления;
- ▶ трехфазная энергия и фазная мощность потерь.

Активная, реактивная и полная энергии измеряются: нарастающим итогом с момента запуска измерений и в каждой тарифной зоне, суммарно за расчетный период и в каждой тарифной зоне расчетного периода, суммарно за сутки и в каждой тарифной зоне суток.

Мощность измеряется и архивируется в двух независимых массивах (профилях) с программируемым интервалом измерений от 1 до 60 мин. В соответствии с заданным пользователем расписанием определяются и архивируются максимальные значения мощности за сутки, за каждую тарифную зону суток, за расчетный период и за каждую тарифную зону расчетного периода. Таким образом, счетчик «Ресурс-Е4» в полной мере отвечает всем современным требованиям к учету электрической энергии.

Контроль качества электрической энергии также требует наличия специфических функциональных возможностей у используемых средств измерений.

Основная задача, решаемая с помощью измерителей ПКЭ, – контроль качества электрической энергии. В используемых приборах необходимо применять стандартные алгоритмы измерений ПКЭ и их статистической обработки в течение определенного интервала времени. Результатами такой обработки являются статистиче-

ские характеристики ПКЭ, которые сравниваются с нормативными значениями.

Прибор «Ресурс-Е4» измеряет ПКЭ и выполняет необходимую статистическую обработку результатов измерений. Следует отметить, что алгоритмы, реализованные в этом приборе, являются общими для всех измерителей ПКЭ серии «Ресурс», которые широко применяются при контроле качества электрической энергии.

Другая задача, решаемая с помощью измерителей ПКЭ, – анализ качества электрической энергии, который проводится с целью выявления источников и причин ее ухудшения, а также проведения организационно-технических мероприятий по улучшению режимов электропитания и энергопотребления. Для этого используются результаты измерений параметров напряжений, токов и углов фазовых сдвигов, регистрируемые в течение длительного интервала времени. Интервал измерений параметров этих электрических величин в приборе «Ресурс-Е4» задается в диапазоне от 1 до 60 с и может быть оперативно изменен в процессе работы.

Счетчики электрической энергии и измерители ПКЭ являются стандартизированными средствами измерений. Существуют специальные государственные стандарты, устанавливающие требования к этим средствам измерений. Требования стандартов к счетчикам электрической энергии и измерителям ПКЭ существенно отличаются. Соответствие этим требованиям проверяется при проведении различных испытаний. Большое количество специальных испытаний и проверок увеличивает себестоимость приборов, поэтому разработчики и производители средств измерений, как правило, не включают все стандарты в список нормативных документов, которым должны соответствовать приборы.

Прибор «Ресурс-Е4» как средство учета электрической энергии соответствует требованиям стандарта на счетчики электрической энергии ГОСТ Р 52320 [2], ГОСТ Р 52323 [3] при измерении активной энергии и ГОСТ Р 52425 [4] при измерении

Таблица 1. Основные метрологические характеристики счетчика «Ресурс-Е4»

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности: абсолютной D; относительной d, %	Примечание
Действующее значение напряжения, В	(0,8–1,2)·U _{ном}	± 0,2 (δ)	U _{ном} = 57,735/100 В
Частота, Гц	49–51	± 0,02 (Δ)	–
Коэффициент искажения синусоидальности напряжения K _и , %	0,1–30	± (0,05+0,02·K _и) (Δ)	–
Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения K _{и(n)} , %	0,05–30	± (0,03+0,02·K _{и(n)}) (Δ)	2 ≤ n ≤ 40
Коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, %	0–20	± 0,2 (Δ)	–
Длительность провала напряжения, с	0,01–60	± 0,01 (Δ)	–
Длительность временного перенапряжения, с	0,01–60	± 0,01 (Δ)	–
Глубина провала напряжения, %	10–100	± 1,0 (Δ)	–
Коэффициент временного перенапряжения	1,1–1,4	± 0,01 (Δ)	–
Кратковременная и длительная дозы фликера	0,25–10	± 5 (δ)	–
Действующее значение силы тока I, А	(0,01–1,5)·I _{ном}	± 0,2 (δ)	I _{ном} = 1 А, 5 А 0,05·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Коэффициент искажения синусоидальности силы тока K _i , %	0,2–100	± (0,05+0,02·K _i) (Δ)	0,1·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Коэффициент n-ой гармонической составляющей силы тока K _{i(n)} , %	0,1–100	± (0,03+0,02·K _{i(n)}) (Δ)	0,1·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Угол фазового сдвига между напряжением и током основной частоты	± 180°	± 0,1° (Δ)	0,05·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Активная мощность и энергия	–	± 0,2 (δ)	0,05·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Реактивная мощность и энергия	–	± 0,5 (δ)	0,2·I _{ном} ≤ I ≤ 1,5·I _{ном}
Полная мощность	–	± 0,5 (δ)	–
Интервал времени, с/сутки	–	± 1 (Δ)	–

реактивной энергии. Как средство контроля качества электрической энергии этот прибор соответствует требованиям ГОСТ 13109 [1], ГОСТ 53333 [5], а также ГОСТ Р 51317.4.15 [6] при измерении кратковременной и длительной доз фликера.

Важнейшими техническими характеристиками любых средств измерений являются их метрологические характеристики. Рассмотрим особенности нормирования метрологических характеристик счетчиков электрической энергии, измерителей ПКЭ и многофункциональных приборов.

Требования к метрологическим характеристикам счетчиков устанавливаются в соответствующих стандартах. Обобщенной метрологической характеристикой является класс точности, определяющий диапазоны и пределы допускаемых погрешностей при измерении количества электрической энергии. Для измерителей ПКЭ устанавливается большое количество метрологических характеристик при измерении всех параметров электрических величин. По сложности нормирования метрологических характеристик, измерители ПКЭ значительно превосходят счетчики и, оказывают наибольшее влияние на метрологическое обеспечение

производства многофункциональных приборов.

Класс точности счетчика «Ресурс-Е4» при измерении активной энергии 0,2S. Основные метрологические характеристики прибора при измерении остальных измеряемых величин приведены в табл. 1.

Получить достоверную информацию о качестве электрической энергии можно только в результате его непрерывного контроля (мониторинга). Оценка качества электрической энергии по некоторым показателям (параметры провалов напряжений, временных перенапряжений) требует проведения длительных испытаний продолжительностью до 1 года. Для длительного хранения результатов измерений и измерители ПКЭ, и счетчики электрической энергии должны обладать мощной функцией регистрации (архивирования).

Счетчик «Ресурс-Е4» имеет большой объем энергонезависимой памяти, что обеспечивает глубину хранения от нескольких суток до нескольких лет в зависимости от количества архивируемых параметров и интервала измерений. В счетчике обеспечивается следующая глубина хранения данных:

▶ статистические характеристики ПКЭ – не менее 200 суток;

▶ параметры электрических величин с временем измерения 1 мин – не менее 7 суток;

▶ параметры электрических величин с временем измерения от 1 до 60 с – не менее 50 000 записей;

▶ параметры провалов и временных перенапряжений – не менее 2500 событий;

▶ параметры кратковременной дозы фликера – не менее 200 суток;

▶ профили 30-минутных мощностей – не менее 200 суток;

▶ параметры энергии за 1 сутки – не менее 750 суток.

Содержимое всех архивов может быть передано через коммуникационные интерфейсы на внешние устройства (компьютер) для последующей обработки (оформления протоколов, построения графиков, диаграмм и т. д.) и анализа.

Возможности многофункциональных приборов наиболее полно используются в информационно-измерительных системах. Использование счетчика «Ресурс-Е4» в автоматизированных информационно-измерительных системах (АИИС) коммерческого учета электрической энергии (АИИС КУЭ) позволяет создавать подсистемы или системы контроля качества электрической энергии (АИИС КЭ) с минимальными изменениями в составе технических средств и без использования дополнительных измерительно-вычислительных компонентов.

Важным требованием к измерительно-вычислительным компонентам является наличие мощной системы коммуникационных интерфейсов и протоколов передачи данных.

Прибор «Ресурс-Е4» имеет несколько независимо функционирующих коммуникационных интерфейсов: RS-232, RS-485, IrDA, Ethernet – и поддерживает основные стандартные протоколы передачи данных: МЭК 60870–5–101; МЭК 60870–5–104; Modbus RTU (ASCII, TCP). Наблюдение за текущими значениями измеряемых параметров может осуществляться посредством Web-интерфейса.

Многофункциональность счетчика «Ресурс-Е4» не ограничивается учетом и контролем качества элек-

трической энергии. Этот прибор имеет несколько дополнительных функций, не являющихся типовыми для счетчиков электрической энергии или измерителей ПКЭ.

Прежде всего, следует отметить возможность телеметрического управления средствами автоматики. Для этого счетчик имеет восемь импульсных выходов. Они могут быть настроены на формирование импульсов пропорциональных измеряемой энергии или на выработку дискретных сигналов в соответствии с результатом заданной логической функции, содержащей до 20 условий с контролем значений измеряемых параметров и состояний импульсных входов.

Вторая дополнительная функция — регистратор аварийных событий, который фиксирует два вида измерительной информации:

- мгновенные значения сигналов;
- огибающие среднеквадратических значений сигналов.

Срабатывание регистратора аварийных событий (начало записи значений сигналов в память счетчика) связано с моментами времени выхода контролируемых параметров за установленные границы. Для просмотра результатов работы регистратора соответствующую измерительную информацию необходимо передать на компьютер с помощью специального программного обеспечения «Ресурс-UF2Plus».

Третья дополнительная функция — цифровой осциллограф — реализуется при подключении прибора к компьютеру и использовании специального программного обеспечения «Монитор-Е4». Данная функция позволяет анализировать форму сигналов напряжений и токов.

Выводы

Счетчик электрической энергии многофункциональный «Ресурс-Е4» предназначен для коммерческого и технического учета электрической энергии, контроля и анализа качества электрической энергии и других параметров энергоснабжения. Основной областью его применения является организация учета количества и контроля качества электрической энергии автономно или в составе информационно-измерительных систем на предприятиях промышленности и энергетики. Можно выделить несколько особенностей прибора: совмещение функций счетчика электрической энергии и измерителя ПКЭ в одном приборе, наличие независимо функционирующих коммуникационных интерфейсов и поддержка основных стандартных протоколов передачи данных.

Использование рассматриваемых приборов в АИИС уменьшает объем информации передаваемой между различными компонентами системы, упрощает разработку и сертификацию систем, повышает оперативность принятия управленческих решений, позволяет рационально организовать хранение измерительной информации и оптимизировать процессы информационного обмена между различными компонентами системы, уменьшает затраты на интеграцию систем учета и контроля качества электрической энергии.

Учитывая, что в настоящее время наибольшее распространение получили информационно-измерительные системы учета электрической энергии, именно их развитие должно привести к созданию инновационного продукта — авто-

матизированных информационно-измерительных систем учета и контроля качества электрической энергии. Сейчас трудно предположить, какой характер будет носить это развитие — постепенный эволюционный или стремительный революционный. Это будет зависеть прежде всего от общеэкономических и социальных факторов, однако технические предпосылки этого развития в виде современных интеллектуальных многофункциональных средств измерений уже имеются.

Литература

1. ГОСТ 13109–97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ Р 52320–2005 (МЭК 62052–11:2003) Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии.
3. ГОСТ Р 52323–2005 (МЭК 62053–22:2003) Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S.
4. ГОСТ Р 52425–2005 (МЭК 62053–23:2003) Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 23. Статические счетчики реактивной энергии.
5. ГОСТ Р 53333–2008 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
6. ГОСТ Р 51317.4.15–99 Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Технические требования и методы испытаний.

В. В. Швецов, к. т. н., начальник отдела разработки средств измерений;
Е. В. Ильяшенко, гл. инженер;
О. М. Евдокимова, инженер-метролог,
ООО «НПП Энерготехника», г. Пенза,
тел.: (8412) 55-31-29,
e-mail: info@entp.ru
www.entp.ru