

УДК 620.92-5:621.317.785

Лаврищев Олег Александрович – к.ф.-м.н., доцент (г. Алматы, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби)

Есбосынов Исатай Кубейулы – магистрант (г. Алматы, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОВЕРКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПРИМЕНЕНИЕ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ И В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

В данной статье рассмотрены вопрос о целесообразности и актуальности использования в современном производстве поверки приборов учета электрической энергии. Целью статьи является определение роли поверки в повышении точности измерений и достоверности учета приборов учета электроэнергии, и в энергосбережении и в приборостроении. Для решения поставленных в статье научных задач использовались методы математической статистики, а также практических исследований.

Актуальность работы. В связи с переходом экономики страны на рыночные условия работы, важное значения приобретают вопросы достоверного учета электроэнергии на всех уровнях ее производства, передачи и потребления. В промышленно развитых странах с рыночной экономикой энергоресурсы рассматриваются как любой другой товар – объект покупки-продажи, на которую распространяются все действующие правила коммерческого учета относительно их количества и качества. Поэтому наличие всестороннего коммерческого учета энергоресурсов рассматривается как неотъемлемый элемент, присущи принципам построения рыночных экономических отношений, который предопределяет и техническое обеспечение такого учета.

Целью метрологической поверки является определение степени точности работы приборов учёта путём испытания на более точном оборудовании. По результатам поверки даётся заключение о возможности (не возможности) дальнейшего использования этого прибора, о чём делается соответствующая отметка в паспорте прибора

Новизна статьи выявления ошибок или потерь в сети электропередач и исследование новых видов высокоточных приборов учета электроэнергии.

Повышение качества продукции и обеспечение ее соответствия требованиям отечественных и международных стандартов является одним из важных факторов повышения эффективности промышленного предприятия. В настоящее время в условиях жесткой конкуренции в единой системе международных экономических отношений основными условиями конкурентоспособности предприятия является качество создаваемой продукции, ее цена и способность предприятия выполнить требования заказчика в установленные сроки. Перед предприятиями электроэнергетики встает ряд задач, в том числе метрологического обеспечения, для решения которых требуется модернизация парка средств измерения параметров электроэнергии, средств их поверки и внедрение современных методик измерений. для достижения единства и требуемой точности проводимых измерений необходимо применение научных и организационных основ, современных технических средств, правил и норм. Прибыльность предприятий энергетики и надежность энергетической системы в целом зависят от качества электроэнергии [3]. Поэтому внедрение коммерческого учёта показателей качества с помощью приборов, включенных в состав автоматизированных систем учёта и контроля электрической энергии в настоящее время очень актуально. Повышение точности измерения физических величин можно добиться путём повышения точности измерений и достоверности учёта электроэнергии.

Электросчетчик конструктивно должен обеспечивать защиту от несанкционированного вмешательства и исключать возможность обнуления ранее полученных результатов измерений и накопленной измерительной информации, работать в классе точности.

Для выбранных значений тока электросчетчик должен отвечать требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1

	Класс А	Класс В	Класс С
Для электросчетчиков прямого присоединения			
	$\leq 0,05 \cdot I_b$	$\leq 0,04 \cdot I_b$	$\leq 0,04 \cdot I_b$
	$\leq 0,5 \cdot I_b$	$\leq 0,5 \cdot I_b$	$\leq 0,3 \cdot I_b$
	$\geq 50 \cdot I_b$	$\geq 50 \cdot I_b$	$\geq 50 \cdot I_b$
Для электросчетчиков, работающих через трансформатор			
	$\leq 0,06 \cdot I_n$	$\leq 0,04 \cdot I_n$	$\leq 0,02 \cdot I_n$
	$\leq 0,4 \cdot I_n$	$\leq 0,2 \cdot I_n (1)$	$\leq 0,2 \cdot I_n$
	$20 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$	$20 \cdot I_n$
	$\geq 1,2 \cdot I_n$	$\geq 1,2 \cdot I_n$	$\geq 1,2 \cdot I_n$

(1) Для электромеханических электросчетчиков класса В должно применяться $I_{\min} \leq 0,4 \cdot I_n$

где I - электрический ток, протекающий через электросчетчик;

I_n - значение тока, являющееся исходным для установления требований к электросчетчику, работающего от трансформатора (далее - номинальный ток);

I_{st} - наименьшее значение тока, при котором начинается непрерывная регистрация показаний (далее - стартовый ток);

I_{\min} - наименьшее значение тока, при котором электросчетчик удовлетворяет требованиям точности, установленным в настоящем документе (многофазные электросчетчики со сбалансированной нагрузкой) (далее - минимальный ток);

I_b - значение тока, являющееся исходным для установления требований к электросчетчику с непосредственным включением (далее - базовый ток);

I_{\max} - наибольшее значение тока, при котором электросчетчик удовлетворяет требованиям точности, установленным в настоящем документе (далее - максимальный ток).

Диапазоны изменения напряжения, частоты и коэффициента мощности, в пределах которых электросчетчик должен удовлетворять требованиям максимально допускаемой погрешности измерений, представлены в таблице 3. Эти диапазоны должны соответствовать типовым характеристикам электрического тока, поставляемого потребителям.

Диапазоны изменения напряжения и частоты должны находиться в пределах $0,9 \cdot U_n \leq U \leq 1,1 \cdot U_n$,

$0,98 \cdot f_n \leq f \leq 1,02 \cdot f_n$,

коэффициент мощности - от $\cos \varphi = 0,5$ (индуктивный) до $\cos \varphi = 0,8$ (емкостной), где U - электрическое напряжение, подаваемое на электросчетчик;

U_n - значение напряжения, являющееся исходным для установления требований к электросчетчику (далее - номинальное напряжение);

f - частота напряжения, подаваемого на электросчетчик;

f_n - значение частоты, являющееся исходным для установления требований к электросчетчику (далее - номинальная частота).

Оценка влияния измеряемых и влияющих величин производится для каждой из них отдельно (все остальные измеряемые и влияющие величины считаются постоянными и

равными своим номинальным значениям). Если электросчетчик работает в режиме изменяемой токовой нагрузки, погрешности измерений в процентах не должны превышать пределов, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Класс точности	Рабочие температуры			Рабочие температуры			Рабочие температуры			Рабочие температуры		
	+5 °С...+30 °С			-10°С...+5°С или +30 °С...+40 °С			-25°С...-10°С или +40 °С...+55 °С			-40 °С...-25 °С или +55 °С...+70 °С		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Однофазный электросчетчик; многофазный электросчетчик, если работает со сбалансированными нагрузками												
$I_{\min} \leq I < I_n$	3,5	2	1	5	2,5	1,3	7	3,5	1,7	9	4	2
$I_{\min} \leq I \leq I_n$	3,5	2	0,7	4,5	2,5	1	7	3,5	1,3	9	4	1,5
Многофазный электросчетчик, если работает с однофазной нагрузкой												
$I_n \leq I \leq I_{\max}$	4	2,5	1	5	3	1,3	7	4	1,7	9	4,5	2
Для электромеханических многофазных электросчетчик диапазон тока для однофазной нагрузки ограничивается $5I_n \leq I \leq I_{\max}$												

Электросчетчик должен соответствовать требованиям электромагнитной совместимости со степенью жесткости испытаний 2 и требованиям пунктов 1 и 2.

1. Влияние помех, воздействующих продолжительное время, указаны в таблице 3.

Таблица 3

Вид помехи	Критические значения изменений для помех, воздействующих продолжительное время		
	Класс А	Класс В	Класс С
Реверсированная последовательность фаз	1,5	1,5	0,3
Разница напряжений (только для многофазных электросчетчиков)	4	2	1
Гармонические составляющие в токовых цепях(1)	1	0,8	0,5
Постоянный ток и гармоники в токовой цепи(1)	6	3	1,5
Быстропротекающие переходные процессы	6	4	2
Магнитные поля; ВЧ (излучаемое РЧ) электромагнитное поле; помехи, наводимые радиочастотными полями, невосприимчивость к электромагнитным волнам	3	2	1
(1) В случае электромеханических электросчетчиков критические значения изменений не определяются для гармонических составляющих в токовых цепях и для постоянного тока и гармоник в токовых цепях			

2. Электромагнитная совместимость электросчетчика должна удовлетворять требованию, чтобы во время и сразу после воздействия электромагнитной помехи любой сигнал, влияющий на точность счетчика, не превышал критическое (наибольшее допустимое) значение изменения.

За установленное время после воздействия электромагнитной помехи счетчик должен:

- обеспечивать восстановление (сохранение) всей измерительной информации, имевшейся непосредственно перед воздействием помех;
- сохранять все измерительные функции;
- восстанавливать свою работу с погрешностью не большей максимально допустимой погрешности.

Критическое значение изменения в киловатт-часах равно $m \times U_n \times I_{\max} \times 10^{-6}$ (m - число измерительных элементов счетчика, напряжение U_n в вольтах и ток I_{\max} в амперах). Для тока перегрузки критическое значение изменения равно 1,5%. Положительная погрешность электросчетчика не должна превышать 10% при напряжении меньше нормированного рабочего значения.

Для отображения дисплей электросчетчика должен иметь достаточное число разрядов цифр, чтобы показания электросчетчика не вернулись к его первоначальному значению, после того как электросчетчик проработал 4000 часов при полной нагрузке ($I=I_{\max}$, $U=U_n$ и $PF=1$), где PF - коэффициент мощности $\cos\varphi$, где φ - разность фаз между I и U . Электросчетчик не должен допускать сброса данных во время эксплуатации. В случае отсутствия электричества в сети, количество измеренной электрической энергии должно оставаться доступным для считывания в течение не менее 4 месяцев. При наличии напряжения и отсутствии тока в токовой цепи (токовая цепь должна быть разомкнута) электросчетчик не должен регистрировать потребление энергии при любом значении напряжения от $0,8 \cdot U_n$ до $1,1 U_n$.

Теперь рассмотрим снижения потребления электроэнергии с помощью приборов учета электроэнергии одним из ключевых условий их снижения является наличие эффективной системы учета и контроля электроэнергии, позволяющей получать достоверную информацию об объеме потребления в автоматическом режиме.

Внедрение современных систем учета электроэнергии — базовый элемент политики энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Ведь, по сути, без систем учета потребителям нет смысла экономить.

Сейчас учет электроэнергии осуществляется с использованием почти 300 видов счетчиков различных поколений и производителей. Из них только 10% соответствуют современным стандартам.

Формированию объемов оказанных услуг по передаче электроэнергии сетевой организацией и снижению потерь препятствуют отсутствие физической возможности произвести ежемесячный сбор данных со всех приборов учета и сформировать достоверный баланс электроэнергии.

Значительные препятствия также создает отсутствие мотивации у потребителей в применении более дорогого современного прибора учета электроэнергии, а также отсутствие организации, ответственной за развитие учета. Это приводит к большому количеству разнообразных технических решений, росту затрат на обслуживание приборов и мешает их интеграции в единую интеллектуальную систему.

Выгоды энергосбытовых компаний заключаются в возможности более точного прогнозирования объема электропотребления и оптимизации выставления счетов потребителям.

Наконец, преимущества государства состоят в возможности развития конкуренции на розничном рынке путем упрощения процедуры смены поставщика, получения возможности достоверно формировать энергетические балансы, повысить прозрачность тарифообразования.

Чтобы система учета электроэнергии считалась по-настоящему современной, она должна соответствовать целому ряду требований. А именно: обеспечивать возможность удаленного снятия показаний приборов учета с целью минимизации обходов потребителей и формирования объемов электроэнергии на единый момент времени; обладать возможностями для длительного хранения информации об энергопотреблении с целью предоставления объективных данных; передавать команды от информационно-вычислительного комплекса к прибору учета для создания постоянно действующей двусторонней связи между сетевой организацией и потребителем; обеспечивать удаленное включение и отключение нагрузки, что служит дополнительной защитой, в частности,

при устранении аварийных ситуаций; предупреждать и выявлять неучтенное потребление, а также мониторить качество электроэнергии и даже осуществлять анализ данных.

"Умный счетчик", помимо того, что значительно повышает собираемость платежей, дает возможность создать дополнительные каналы коммуникаций между потребителем и государством. Сдерживающими факторами в развитии интеллектуального учета являются отсутствие единых технических стандартов и масштабной современной производственной базы приборов учета.

Учитывая высокую социальную значимость и регулируемый характер деятельности по передаче электрической энергии, соответствующая услуга воспринимается большинством потребителей как государственная. Кроме того, в связи с тем, что именно государство регулирует цены на электроэнергию, наиболее эффективным является принятие решений о внедрении интеллектуальной системы учета электроэнергии на государственном уровне.

Большинством стран Евросоюза на государственном уровне приняты национальные стандарты и выполняются масштабные программы развития учета электрической энергии.

Так, во Франции компанией Enedis реализуется проект, в рамках которого планируется до 2020 года установить 35 миллионов интеллектуальных приборов учета. Бюджет проекта — порядка пяти миллиардов евро. Европейские страны демонстрируют успешные результаты внедрения политики энергосбережения с помощью модернизации приборов учета силами сетевых организаций, при этом право собственности на приборы учета принадлежит электросетевым компаниям.

Попытка достичь тех же показателей, но без реализации аналогичных программ по организации учета электроэнергии, представляется несостоятельной.

Интеллектуальные системы учета электроэнергии неразрывно связаны с развитием рыночных отношений в электроэнергетике. При повсеместном внедрении подобных систем решается сразу несколько задач.

Во-первых, все участники рынка своевременно получают достоверную информацию о фактическом движении товарной продукции (электроэнергии и мощности), необходимой для функционирования рынков электроэнергии.

Во-вторых, формируются благоприятные условия для развития конкуренции между энергосбытовыми компаниями.

В-третьих, потребитель получает стимул для повышения энергоэффективности. Кроме того, современные технологии учета позволяют более точно прогнозировать электропотребление, а значит, более качественно планировать перспективное развитие сетей.

Учитывая, что 2017 год объявлен годом экологии, разработка и утверждение соответствующей целевой госпрограммы в этом году может иметь важное практическое значение для политики энергосбережения и стать серьезным шагом по реализации Парижского соглашения по климату.

Выводы. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования и разработки в целом составляют конструктивную основу для проектирования современных серийно способных ЭС энергии повышенной точности и ваттметров высокой точности. Одновременно с этим решением задача о создании образцовых электронных счетчиков, необходимых для метрологического обеспечения производства и эксплуатации счетчиков повышенной точности. Практические результаты работы имеют большое народнохозяйственное значение в области учета энергии в энергетических сетях. Внедрение разработанных счетчиков в промышленности обеспечит большой экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий.- М.: Энергия, 1974,- 184 с.

2. ГОСТ 13109-67. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения. Введ. с 01.68, измен.01.08.68 и 02.05.79.-18с. Группа Е02.
3. Тимофеев Д.В. Режимы в энергетических сетях с тяговыми нагрузками. 4Д. : Энергия, 1972,- 296 с.
4. Броштейн Б.В., Минеев Р.В. Высшие гармонические токи и напряжения в рабочих режимах дуговых сталеплавильных печей.-Электротехника, 1980, J5 3, с.60-63.
5. Цыганкова А.Г., Шестопапов В.М. Статистические исследования высших гармоник напряжения в электрических сетях.- В кн.:Автоматизация и релейная защита электрических систем. Кие в,: Наукова думка, 1966, с.52-57.
6. Жежеленко И.В. Анормальные гармоники, генерируемые вентильными установками электроприводов.- В кн.: Проблемы технической электродинамики, вып.31.- Киев: Наукова думка, 1971, с.6-12.
7. Галактионов Г.С., Радионович Р.Л. О постоянной составляющей в напряжении дуговых сталеплавильных печей.- В кн.: Вопросы комплексной автоматизации электроплавильных печей черной металлургии.-М.: Информэлектро, 1975, с.30-32.
8. Скрыбинский В.С. О частотных характеристиках счетчиков индукционной системы. В кн.: Проблемы технической электродинамики, вып.23-Киев: Наукова думка, 1970, с.16-19.
9. Белов И.И. Исследование и разработка электронных счетчиков энергии и количества электричества на основе методов частотно-и времяшпульсного преобразования.: Авторе®, дисс. канд.техн.наук.-Пенза, 1981,-19 с.
10. Переход в Японии на электронные счетчики ватт-часов.-Электроника, 1976, I, с. 13.
11. Горелик Д.Г., Докушаев И.М., Кубышкин Б.А., Семеренко А.В. Нормирование метрологических характеристик электронных счетчиков электрической энергии.- Измерительная техника, 1983, & 6, с.54-55.
12. Гореликов Н.И., Чайковский О.И. Методы и средства цифровых измерений мощности.- Приборы и системы управления, 1972,1., с.38-41.
13. Гореликов Н.И., Чайковский О.И. Методы и средства цифровых измерений мощности.- Приборы и системы управления, 1973,3, с. 10-13.
14. Янкова В.Б. Измерване на активна електрическа мощност чрез равномерно дискретизиране.:Дис.канд.техн.науки.-София, 1979, 215 е., Библиогр.: с I59-I71.
15. Матряшин А.И.,Шахов Э.К., Шляндин В.М. Преобразователи электрических параметров для систем