

**Новое оборудование производства ООО «НПП МАРС-ЭНЕРГО»
для метрологического обеспечения учёта и контроля качества электроэнергии**

Гиниятуллин Ильдар Ахатович, директор

Сергеев Сергей Ростиславович, заместитель директора по качеству

ООО «Научно – производственное предприятие Марс-Энерго»

Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 113 А

E-mail: mail@mars-energo.ru www.mars-energo.ru

В рыночных условиях перед предприятием электроэнергетики встает ряд задач метрологического обеспечения, для решения которых требуется модернизация парка средств измерения (СИ) параметров электроэнергии (ЭЭ), средств их поверки и внедрение современных методик измерений. Вот четыре группы проблем, которые решаются с помощью эталонных СИ нового поколения.

Первая группа. Аттестация измерительного канала АИИС КУЭ.

В тариф не включаются потери, связанные с дополнительными (сверхнормативными) погрешностями средств учета, и, следовательно, они являются прямыми убытками предприятий. Два пути решения данной проблемы были предложены Загорским Я.Т. [1]. Первый – технологический: замена неисправных средств учета (элементов измерительного канала АИИС) – счетчиков, ТТ, ТН, приведение к норме их нагрузок, снижение потерь напряжения во вторичных цепях и т.п. Второй путь - структурный: введение поправок в результат измерений ЭЭ на действие систематической погрешности АИИС КУЭ.

Оба эти способа предусматривают проведение комплексного метрологического обследования каждого измерительного канала АИИС по соответствующим аттестованным методикам (МВИ). Этого же требует законодательство РФ [2] и условия работы на оптовом рынке НОРЭМ [3].

Вторая группа. Безучетное электроснабжение и хищения.

- Когда в центре питания отсутствует либо неисправна система учета, взаиморасчеты по договору на присоединение производятся различными методами [4]. Для работы по этим методам требуется выполнение измерений с помощью законных (зарегистрированных в государственном реестре) приборов и методик.

- Ряд договоров предусматривает ограничения потребляемой мощности в часы пиковых нагрузок. Однако не все узлы учета оснащены счетчиками с регистрацией профиля нагрузки. В указанных условиях для периодического контроля нагрузки необходимо оперативно проводить соответствующие измерения и регистрацию графика нагрузки.

- Если приборы учета не доступны для сбытовой организации, контроль потребления можно выполнять только на фидерах подстанции, а это требует вложений на установку системы учёта.

Третья группа. Качество ЭЭ и лицензирование.

- Для получения лицензии на продажу ЭЭ требуется проведение сертификации ЭЭ и наличие на предприятии приборов контроля качества ЭЭ. Требуется наличие на предприятии эффективной системы качества, обеспеченной инструментально, метрологически и организационно [5,6]. За сертификацией последует периодический инспекционный контроль.

- Кроме того, исследования как отечественных, так и зарубежных специалистов показывают, что качество электроэнергии значительно влияет на величину потерь и убытков предприятий энергетики, а также на надежность энергетической системы в целом [7, 8]. Поэтому не за горами внедрение коммерческого учёта показателей качества с помощью приборов, интегрированных в состав АИИС КУЭ.

Четвертая группа. Поверка.

Происходит рост парка СИ показателей качества электроэнергии (ПКЭ), а также внедряются в АИИСКУЭ счетчики, которые, по-сути, являются многофункциональными квантующим СИ и измеряют ряд ПКЭ.

В связи с этим остро встает проблема модернизации существующей эталонной базы испытательных лабораторий для подтверждения области их аккредитации.

Мобильная лаборатория

Для решения указанных задач в «НПП Марс-Энерго» (Санкт-Петербург) разработаны и выпускаются необходимые приборы и методики, позволяющие комплектовать высоковольтные метрологические лаборатории (ЛВМ), в том числе передвижные. Комплекс основных работ, которые выполняются на базе лаборатории ЛВМ «МЭ - Аудит» следующий.

1. Поверка и калибровка СИ

- Поверка счетчиков электроэнергии класса 0,2S и менее точных
- Поверка измерительных трансформаторов напряжения (ТН) от 6 до 220 кВ
- Поверка измерительных трансформаторов тока (ТТ) до 5 кА и выше
- Поверка установок поверочных типа МК 6800, У 1134 и др.
- Поверка электроизмерительных приборов класса 0,1

2. Аттестация АИИС КУЭ, проверка измерительных каналов и их элементов без отключения

- Проверка правильности подключения электросчетчиков
- Проверка метрологических характеристик электросчетчиков
- Проверка метрологических характеристик измерительных каналов (ИК) в сети 0,4 кВ

- Измерение падения напряжения в линии присоединения счетчика к ТН
 - Измерение нагрузки ТТ. Определение коэффициента трансформации ТТ в сети 0,4 кВ.
 - Измерение нагрузки ТН
- 3. Ведение коммерческих расчетов с потребителями электроэнергии**
- Снятие суточного графика нагрузки в сети 0,4 - 330 кВ (до 8 суток)
 - Измерение средней электрической мощности за получасовой интервал
- 4. Регистрация и анализ показателей качества электроэнергии (ПКЭ), в том числе для сертификации ЭЭ по ГОСТ 13109-97**
- Регистрация ПКЭ в сети 0,4 кВ и в высоковольтных сетях (до 8 суток)
 - Регистрация параметров трехфазной сети: P, Q, S, U, I, cos φ (всего более 20)
- 5. Энергоаудит и определение потерь мощности**
- Определение потери мощности в линии электроснабжения в сети 0,4 кВ
 - Определение распределения нагрузки по фазам и измерение тока в нулевом проводе в сети 0,4 кВ
 - Определение параметров потребления токоприемников
 - Осциллографирование аварийных и переходных процессов и т.д.

Методики поверки имеются в ГОСТах на соответствующие средства измерений (счетчики, ТТ, ТН и пр.). Остальные необходимые МВИ были разработаны, аттестованы и внесены в федеральный реестр. ЛВМ «МЭ - Аудит» внесена в Государственный реестр СИ РФ за № 32364-06 (далее – госреестр).

ЛВМ «МЭ - Аудит» комплектуется по заказу потребителя в соответствии со стоящими перед ним задачами по метрологическому обеспечению производства. Базовым эталонным прибором такой лаборатории является прибор «Энергомонитор 3.3Т» (госреестр № 31953-06). Для поверки электросчетчиков класса точности 0,2S требуется прибор «Энергомонитор 3.1» (госреестр № 26459-04).

Далее Вы можете познакомиться с некоторыми методиками.

Например, **поверка измерительных трансформаторов напряжения (ТН) класса 110 кВ** класса точности 0,2 выполняется на базе следующего основного комплекта испытательного оборудования (рисунок 1):

- прибор «Энергомонитор 3.3Т» (прибор сравнения);
- эталонный высоковольтный преобразователь типа ПВЕ-110 класса 0,05;
- источник высокого напряжения;
- магазин нагрузок.

Для обеспечения мобильности поверочного комплекта нашим предприятием выпускается серия высоковольтных преобразователей ПВЕ (госреестр № 32575-06). Его масса в 20 раз



Рис. 1. Поверка НКФ-110.

На дисплее прибора отображаются результаты поверки – погрешности ТН.

В случае применения ПВЕ-110, поверочный комплект легко размещается в специально оборудованном автомобиле типа «Газель». Два человека могут перенести оборудование к месту испытаний.

Поверка СИ.

Для поверки СИ класса точности 0,5 и менее точных (с номинальными токами до 7А и напряжением 380 В) ЛВМ комплектуется комплексом (рисунок 2), состоящим из эталонного



Рис. 2. Комплекс «УППУ-МЭ 3.3»

прибора «Энергомонитор 3.3Т» и источника переменного тока и напряжения трехфазного программируемого «Энергоформа 3.3». МХ комплекса определяются МХ прибора «Энергомонитор 3.3Т», которые хорошо известны. Комплекс малогабаритный и достаточно мобильный. Управляется он тем же ПО «Энергоформа», что используется для лабораторной установки «УППУ-МЭ 3.1». Для поверки электросчетчиков используется ПО «Энергомониторинг СИ». При этом комплекс может применяться без компью-

меньше, чем у эталонных ТН типов НЛЛ или NVOS. Например, ПВЕ-110 (на класс напряжений 110 кВ, класс точности 0,01) весит 21 кг. Он используется в качестве эталонного ТН. В качестве источника высокого напряжения используется установка УИВ-100. Работы проводятся в соответствии с ГОСТ [9] и по аттестованной МИ. Условия поверки (частота, коэффициент искажений, нагрузка – её мощность и коэффициент мощности) контролируются прибором «Энергомонитор 3.3Т».

прибора «Энергомонитор 3.3Т» и источника переменного тока и напряжения трехфазного программируемого «Энергоформа 3.3». МХ комплекса определяются МХ прибора «Энергомонитор 3.3Т», которые хорошо известны. Комплекс малогабаритный и достаточно мобильный. Управляется он тем же ПО «Энергоформа», что используется для лабораторной установки «УППУ-МЭ 3.1». Для поверки электросчетчиков используется ПО «Энергомониторинг СИ». При этом комплекс может применяться без компью-

тера, т.к. параметры сигнала можно задавать вручную, а результаты поверки записываются в память прибора «Энергомонитор 3.3Т» и выводятся на его дисплей. Источник обеспечивает формирование трехфазной системы токов и напряжений, в том числе искаженной формы.

Оценить погрешность счетчика можно прямо на месте (без снятия нагрузки) с помощью устройства фотосчитывающего. Устройство крепится на счетчике, подключается к прибору и обеспечивает сканирование метки диска (или индикатора) и передачу телеметрических импульсов на прибор. Значение погрешности выдается в результате измерений на дисплее прибора и может быть записано в его память для последующего протокола.

Определение падения напряжения в линии присоединения счетчика к ТН

Для измерения падения напряжения на линии, соединяющей зажимы вторичной обмотки ТН с клеммами счетчика, необходимы два прибора «Энергомонитор 3.3Т». Перед началом измерений необходимо синхронизировать внутренние часы приборов и определить поправку. При выполнении измерений приборы запускаются синхронно. По истечении 15 минут (окончании цикла усреднения) выполните запись измеренных приборами значений напряжения. Пользуясь тем, что приборы одновременно измеряли и регистрировали вначале одно и то же напряжение, а затем напряжения на выходных клеммах ТН и ИКК, можно рассчитать поправку, а затем погрешность $\delta_{л}$, вызванную падением напряжения во вторичных цепях измерительных ТН.

Измерения полной мощности нагрузки во вторичной цепи ТН и ТТ

Прибор «Энергомонитор 3.3Т» позволяет при приемке АИИС КУЭ, а также в процессе эксплуатации трансформаторов, выполнять измерения без отключений с использованием токоизмерительных клещей с номинальным током 10А по аттестованной МВИ. Выполняются прямые измерения полной мощности фазных (междуфазных) нагрузок ТН (S_a , S_b , S_c), а для трехфазных ТН – суммарной полной мощности S_{Σ} .

Для снятия суточного графика нагрузки и регистрации ПКЭ используется прибор, укомплектованный токоизмерительными клещами с I_n от 10 до 3000А. Регистрация активной и реактивной мощности выполняется прибором с интервалами усреднения по выбору: 3 секунды; 1 мин. или 30 мин. с возможностью последующей обработки на компьютере. Длительность регистрации устанавливается на приборе (начало и окончание). Максимальная длительность непрерывной регистрации – 7,5 мес. на интервалах 30 мин.



Рис. 3. «УППУ-МЭ 3.1»

УППУ-МЭ 3.1

В лабораторных условиях для выполнения поверки широкой номенклатуры электроизмерительных приборов, измерителей качества и счетчиков электроэнергии в «НПП Марс-Энерго» была разработана и выпускается с 2004 г. установка поверочная универсальная «УППУ-МЭ 3.1» (далее - установка). Установка (см. рисунок 3) и прибор «Энергомонитор - 3.1» эксплуатируются

во многих лабораториях, например, в следующих ЦСМ: Братский, Кемеровский, Новосибирский, Ставропольский, Ярославский, Нижнетагильский, Красноярский, Кировский, УралТест, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, а также на заводах-изготовителях электросчетчиков и в метрологических службах предприятий. Прибор «Энергомонитор 3.1» был разработан в «НПП Марс-Энерго» с участием специалистов лаборатории электроэнергетики «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» г. Санкт-Петербург, где расположен Государственный эталон мощности. Установка и прибор внесены в государственный реестр СИ. Установка предназначена для калибровки и поверки эталонных и рабочих средств измерений электроэнергетических величин класса точности 0,05:

- однофазных и трехфазных счетчиков активной и реактивной электрической энергии,
- однофазных и трехфазных ваттметров, варметров и измерительных преобразователей активной и реактивной мощности,
- энергетических фазометров, частотомеров и измерителей коэффициента мощности,
- вольтметров, амперметров и измерительных преобразователей напряжения и тока в промышленной области частот;
- приборов для измерения ПКЭ.

В состав установки входят:

- эталонное СИ - прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор - 3.1»,
- источник испытательных сигналов (ИИС),
- автоматизированное рабочее место (АРМ) с компьютером.

ИИС и эталонное СИ монтируются в приборной стойке. Установка обеспечивает формирование трехфазной системы токов и напряжений с параметрами, указанными в таблице 1 (основные параметры).

Таблица 1. Основные характеристики ИИС «УППУ-МЭ 3.1»

Наименование технической характеристики	Значение технической характеристики			Примечание
	Диапазон	Дискретность установки	Погрешность установки	
1 Частота первой гармоники переменного тока, Гц	45...70	0,01	абсолютная $\pm 0,01$	
2 Гармонический состав сигнала, n	0...40	-	-	
3 Действующее значение первой гармоники напряжения, U_1 , В	20...240 (480) 5...20	0,01 0,01	относительная $\pm 1\%$ $\pm [1,0+0,5*((U_n/U) - 1)]$	U_n 220/(220· $\sqrt{3}$); 60/(60· $\sqrt{3}$) В
4 Действующее значение первой гармоники тока, I_1 , А	0,1...50 (100) 0,002...0,1	0,0001	относительная $\pm 1\%$ $\pm [1,0+0,5*((I_n/I) - 1)]$	I_n : 50; 10; 2,0; 0,5 А
5 Коэффициент нелинейных искажений при генерации синусоидального сигнала напряжения (тока) не более, %	-	-	1	
6 Нестабильность напряжения (тока) не более за минуту, %	-	-	$\pm 0,02$	
7 Выходная мощность по каждой фазе тока, В·А напряжения, В·А	≥ 50 ≥ 15	-	-	При токе 50А При $U=(0.8$ 1.1) U_n
8 Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, % от U_1 (тока, % от I_1)	0...50	0,01	-	
9 Фазовый угол: между напряжениями первой гармоники разных фаз; между током и напряжением первой гармоники одной фазы; между напряжением первой и n-й гармоники одной фазы; между током первой и n-й гармоники одной фазы, град	0...360	0,01	абсолютная $\pm 1^\circ$	20...240 В

Управление установкой осуществляется с помощью встроенной клавиатуры и графического дисплея блока «Энергоформа-3.1» и прибора «Энергомонитор - 3.1», либо АРМ с помощью программного обеспечения (ПО) «Энергоформа». Совместное использование установки и ПО, существенно расширяет его функциональные возможности и позволяет обрабатывать результаты поверки в автоматическом режиме.

ПО «Энергоформа» управляет и прибором, и ИИС по СОМ-портам (RS-232). В режиме поверки на мониторе компьютера выводятся установленные параметры испытательных сигналов (рисунок 4), которые могут быть изменены оператором и сохранены на диске.

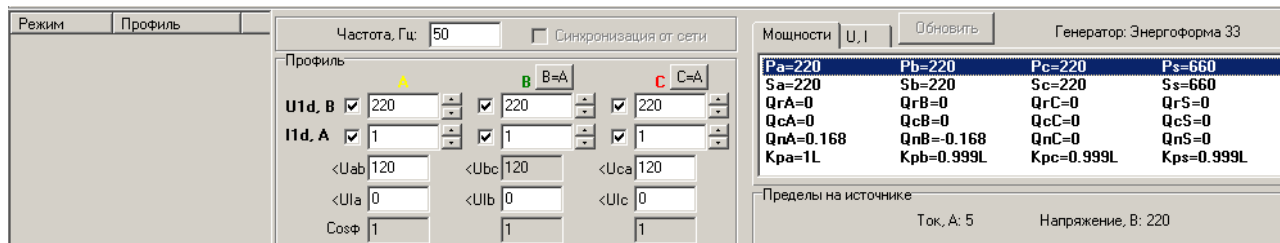


Рис.4. Параметры испытательных сигналов.

Результаты измерений принимаются от эталона автоматически, а с индикатора поверяемого прибора вносятся вручную. Погрешность поверяемого прибора (рис. 5) рассчитывается автоматически. Результаты заносятся в протокол и оформляются полуавтоматически. В результате автоматизации время поверки СИ сокращается в 5-10 раз.

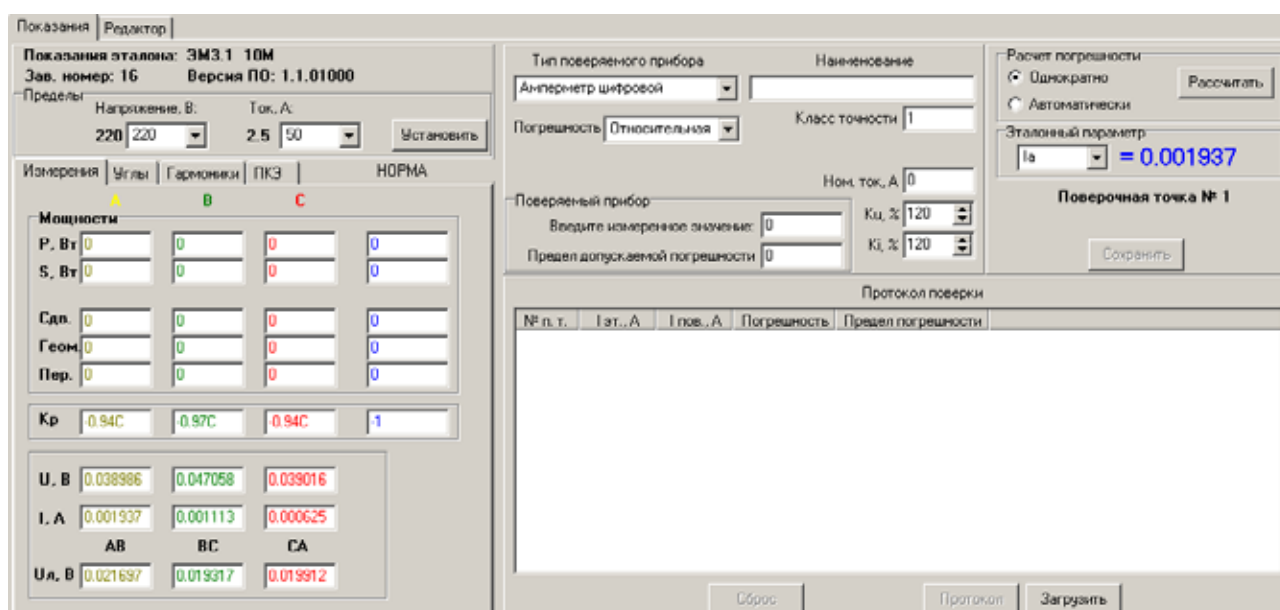


Рис. 5. Окно поверки.

Для типовых испытаний СИ и электросчетчиков при искаженной форме сигнала на компьютере задаются требуемые параметры: гармоники и их фазы, действующие значения первых гармоник тока и напряжения. При редактировании сигнала его форма автоматически

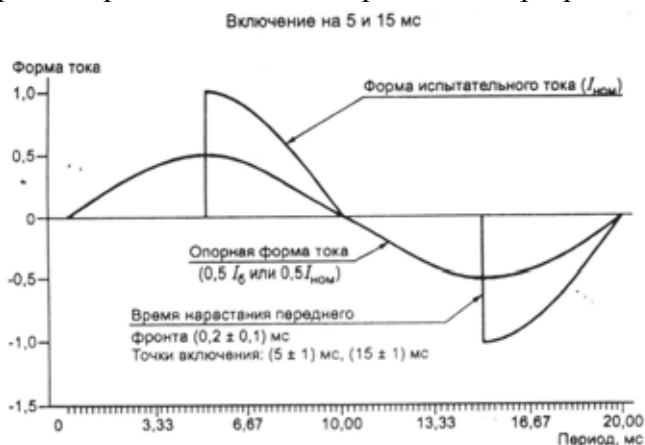


Рисунок А.5 — Форма тока при фазовом управлении

отображается на дисплее. Кроме того, источник «Энергоформа-3.1» запрограммирован на генерацию токов специальной формы в соответствии с ГОСТ Р 52320 - 52323 (например, рисунок А.5).

Метрологические характеристики (МХ) установки определяются МХ

эталонного СИ, входящего в комплект установки. Основные МХ приведены в таблице 2. До последнего времени для поверки по ПКЭ в основном использовался калибратор «Ресурс-К2». Однако, для поверки многофункциональных СИ и измерителей ПКЭ потребовалась разработка новой модели эталонного прибора «Энергомонитор 3.1К», входящего в состав установки поверочной «УППУ-МЭ 3.1». Установка позволяет поверять СИ с клещами с номинальным током до 1000 А.

Таблица 2. Основные МХ прибора «Энергомонитор - 3.1К»

Наименование технической характеристики	Значение технической характеристики	Примечание
1 Предел допускаемой относительной погрешности измерения напряжения %	$\pm [0,01+0,005 (U_n/U) -1]$	$U_n : 60 (100), 120 (200), 240 (415), 480 (800)В$. Поддиапазоны измерений от $0,1U_n$ до $1,2U_n$
2 Номинальные значения измеряемых токов (I_n), А	0.05, 0.10, 0.25, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0	Среднеквадратические значения. Поддиапазоны измерений от $0,1I_n$ до $1,2I_n$
3 Предел допускаемой относительной погрешности измерения тока (%)	$\pm [0,01+0,005 (I_n/I) -1]$ $\pm [0,01+0,01 (I_n/I) -1]$	для I_n от 0,1 А до 100 А для I_n 0,05 А
4 Предел допускаемой относительной погрешности измерения активной мощности (P), %	$\pm [0,015+0,005 (P_n/P) -1]$ $\pm [0,025+0,005 (P_n/P) -1]$	$P_n = U_n \cdot I_n$ $\cos\varphi = 1$ $\cos\varphi 0,5L; 0,5C$
5 Предел допускаемой относительной погрешности измерения реактивной мощности (Q), %, рассчитываемой по алгоритмам: $Q_1=\sqrt{(S^2-P^2)}$ - геометрический метод, $Q_2=UI\sin\varphi$ - метод сдвига, $Q_3=UI\cos(\varphi+90^\circ)$ – метод перекрестного включения	$\pm [0,03+0,01 (Q_n/Q) -1]$ $\pm [0,05+0,01 (Q_n/Q) -1]$	для каждого поддиапазона измерения тока $\sin\varphi = 1$ $\sin\varphi 0,5L; 0,5C$
6 Активная электрическая мощность n-ой гармоники, n от 1 до 40 ($P_{(n)}$), Вт	от $0,003I_nU_n$ до $0,1I_nU_n$	$\pm 1\%$
7 Диапазон измерения коэффициента мощности (K_p)	От 0,1 до 1	$K_p = P / S$ $\pm 0,005$
8 Диапазон измерения частоты переменного тока (F), Гц	От 40 до 70	$\pm 0,01$ Гц

Следующим шагом для развития эталонной базы СИ ПКЭ, вероятно, должна быть корректировка ГОСТ 13109 и соответствующих Методик с целью гармонизации с международными стандартами качества ЭЭ. В перспективе можно предположить проведение международных сличений СИ ПКЭ, т.к. неизбежен рост экспорта-импорта ЭЭ.

ВЫВОДЫ

Таким образом, выпускаемая линейка СИ позволяет выполнять передачу электро-энергетических величин от государственных эталонов к рабочим эталонам и, далее, к рабочим СИ в соответствии с современными требованиями. При этом обеспечивается выполнение указанных выше задач:

- по снижению коммерческих потерь,
- по аттестации АИИСКУЭ и выходу на ОРЭМ,
- сертификации ЭЭ и контроля её качества,
- ведению расчетов, обоснованию штрафных санкций и представлению доказательств в арбитражных судах;
- по поверке эталонных СИ мощности и ПКЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загорский Я.Т. Рекомендации по определению метрологической составляющей коммерческих потерь электроэнергии в условиях эксплуатации. Информационные материалы третьей международной научно-технической конференции «Нормирование, анализ и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – 2004», М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
2. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» (подписан Президентом Российской Федерации 27 апреля 1993г. №4871-1).
3. СТО АТС 02.03.17-2003. Коммерческий учет на оптовом рынке электроэнергии. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. Порядок допуска к приёмочным испытаниям.
4. Анисимов С.П., Воротницкий В.Э., Апрыткин В.Н. Служебная инструкция по выявлению и методика определения неучтенной потребленной электроэнергии. Информационные материалы (см. п. 1), М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
5. Постановление Правительства РФ N 291 от 6 мая 2005 г. «Положение о лицензировании деятельности по продаже электрической энергии гражданам».
6. ПРИКАЗ РАО «ЕЭС России» от 25-10-2005 № 703 «О лицензировании и сертификации электрической энергии».
7. Chapman David. Introduction to Power Quality, Copper Development Association, www.eurocopper.org
8. Паули В.К. Технический контроллинг в аспектах надежности и технико-экономической эффективности систем электроснабжения. Энерго-info, 2007, № 2.
9. ГОСТ 8.216-88. ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методика поверки.