

## **Комплексное метрологическое обеспечение испытаний и поверки измерительных трансформаторов в составе АИИС КУЭ**

Сергеев С.Р.

### **Введение.**

Для выполнения метрологических работ на предприятиях требуются мобильные поверочные установки, переносные приборы, соответствующие методики и подготовленный персонал. Поверять необходимо счётчики электрической энергии, измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН), а также АИИС КУЭ в целом, в соответствии со статьей 13 Федерального Закона "Об обеспечении единства измерений" [1].

### **Решения актуальных задач метрологии в электроэнергетике.**

В 2005-2008 годы начали эксплуатироваться новые типы эталонных приборов производства «НПП Марс-Энего» и современное поверочное оборудование. Предприятиями электроэнергетики и Центрами стандартизации и метрологии (ЦСМ) накоплен опыт поверочных работ на базе передвижной лаборатории высоковольтной метрологической «МЭ-Аудит» (ЛВМ). Применение ЛВМ обеспечивает комплексное метрологическое обслуживание АИИС КУЭ, контроль качества электроэнергии и проведение измерений по программам энергетического обследования. Были выпущены и аттестованы новые методики поверки и измерений. ЛВМ внесена в Госреестр СИ под №37652-08. В состав ЛВМ на базе спецавтомобиля включены переносные комплекты оборудования для выполнения поверок на местах эксплуатации следующих СИ:

- ТТ до 30 кА класса точности от 0,2S;
- ТН до 330 кВ класса точности от 0,2;
- счётчиков электроэнергии класса точности от 0,2S;
- прочих электроизмерительных приборов.

### **Поверка измерительных трансформаторов напряжения**

Для периодической поверки однофазных ТН на месте эксплуатации при помощи преобразователей напряжения высоковольтных серии ПВЕ, входящих в состав ЛВМ, выпущена рекомендация МИ 3050-2007[2]. Эта методика применяется для однофазных ТН класса точности 0,2 и класса напряжений от 6 до 110 кВ (рисунок 1). Устройство ПВЕ имеет патент № 67285, а тип ПВЕ внесен в Госреестр СИ РФ под № 32575-06.

На подстанциях в распределительных сетях эксплуатируется большое количество измерительных трёхфазных ТН классов напряжений 6 и 10 кВ. По ГОСТ 8.216 [3] трехфазные трансформаторы требуется поверять при помощи образцовых трансформаторов напряжения. Однако, применяемые образцовые трансформаторы напряжения типа НЛЛ-15 громоздкие (более 60 кг). В настоящее время задача поверок на месте эксплуатации таких ТН (как заземляемых, так и незаземляемых, включая трехфазные антирезонансные) решена «НПП Марс-Энерго» при помощи преобразователей серии ПВЕ. Для поверки трёхфазных ТН до 10 кВ выпускается мобильная поверочная трехфазная установка типа «УПТВ-3-10», технически обеспечивающая безопасное проведение работ на местах эксплуатации ТН. Тип «УПТВ-3-10» внесен в Госреестр СИ под № 40573-09. Разработана соответствующая методика поверки ТН на местах эксплуатации МИ 3239-2009 [4]. Все блоки из комплекта «УПТВ-



Рис. 1. Поверка трансформаторов

3-10» могут переноситься одним человеком в закрытых КРУ. Один прибор «Энергомонитор 3.3Т1» выполняет функции шести приборов, предусмотренных ГОСТ 8.216 [3]. Установка может входить в состав выпускаемой серийно лаборатории «МЭ-Аудит».

Для поверки однофазных ТН до 330 кВ выпускается установка поверочная высоковольтная однофазная «УПВО-1-35 (110; 220; 330)», которая также состоит из комплекта переносного оборудования и входит в состав лаборатории «МЭ-Аудит». Для этого класса напряжений разработана соответствующая методика поверки ТН на местах эксплуатации МИ 3314-2011 [5].

### **Поверка измерительных трансформаторов тока**

В состав ЛВМ входит известный комплект для поверки ТТ до 5 кА, в составе:

1. ИТ5000- регулируемый источник тока до 6 кА;
2. ТТИП - эталонный трансформатор тока класса точности 0,05;
3. Магазин нагрузок;
4. прибор «Энергомонитор 3.3Т1».

С помощью этого комплекта поверка производится по ГОСТ 8.217-2003 [6]. Прибор сравнения «Энергомонитор 3.3Т1» имеет встроенную память для сохранения условий и результатов поверок, а также необходимое программное обеспечение.

Для решения задачи поверки генераторных шинных трансформаторов тока (на номинальные токи 10-30 кА) была разработана экспериментально-расчетная методика поверки измерительных трансформаторов тока МИ 3123-2008 [8]. Для практической реализации методики в «НПП Марс-Энерго» был разработан аппаратно-программный комплекс. В состав комплекса входят:

- преобразователь параметров вольтамперных характеристик измерительных трансформаторов тока «ПП ВАХ» (Госреестр СИ № 39140-08);
- прибор «Энергомонитор 3.3Т1»;
- Эталонный ТТ типа «ГТИП» класса точности 0,05;
- регулируемый источник тока «ИТ5000»;
- мегомметр; омметр; магазин нагрузок;
- компьютер с Программным обеспечением «Дельта-Т» для проведения расчетов и формирования протокола поверки.

### **Поверка электросчетчиков и прочих СИ.**

Для поверки электросчетчиков класса точности 0,5S и менее точных (с номинальным током 1 и 5А, напряжением до 380 В) в состав ЛВМ включается комплекс, состоящий из эталонного прибора «Энергомонитор 3.3Т1» и источника переменного тока и напряжения трехфазного программируемого «Энергоформа 3.3». Комплекс малогабаритный и мобильный. Управляется он программой «Энергоформа». Для поверки электросчетчиков активной и реактивной энергии на месте эксплуатации разработана МИ 3322-2011 [9], и используется программа «Энергомониторинг СИ». Причём, комплекс может применяться на местах без компьютера, т.к. параметры сигнала можно задавать вручную, а результаты поверки записываются в память прибора «Энергомонитор 3.3Т1» и выводятся на его дисплей. Источник обеспечивает формирование трехфазной системы токов (до 7.7 А) и напряжений (до 380 В), в том числе искаженной формы. Для поверки электросчетчиков класса точности 0,2S вместо эталонного прибора «Энергомонитор 3.3Т1» можно применять более точный прибор «Энергомонитор 3.1КМ» класса точности 0,05 (0,02) в переносном исполнении.

Многие Метрологические службы и ЦСМ в РФ и СНГ оснащены многофункциональными эталонными приборами «Энергомонитор 3.1» или «Энергомонитор 3.1К», которые выпускаются серийно с 2004 года. Эталонный прибор «Энергомонитор 3.1К» имеет расширенные диапазоны измерения, что позволяет поверять ваттметры до 600 В и электросчетчики прямого включения до 120 А, а также анализаторы показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Прибор входит в состав Установки поверочной полуавтоматической универсальной «УППУ-МЭ 3.1К», а также выпускается в настольном и переносном исполнении.

Производство указанных выше средств поверки метрологически обеспечено эталонами класса точности 0,01. «НПП Марс-Энерго» участвует в реализации Государственных программ модернизации эталонов России: Государственного эталона электрической мощности (ВНИИМ, С.-Петербург) и Государственного эталона единицы Вольта высокого напряжения (ВНИИМС, Москва).

### **Вторичные цепи ТТ и ТН**

Для выполнения измерений нагрузки измерительных ТТ, ТН и падения напряжения в вторичных цепях имеются аттестованные МВИ [10, 11]. Методики применяются как при приёмке АИИСКУЭ и составлении паспортов-протоколов, так и в ходе эксплуатации, для выявления коммерческих потерь при учёте электроэнергии, а также при проведении энергоаудитов в рамках инструментального обследования приборов учёта.

В соответствии с МВИ, при измерении падения напряжения в линии соединения ТН и электросчётчика применяются 2 прибора «Энергомонитор 3.3Т1» или «Энерготестер ПКЭ». При этом не требуется отключать счётчик и отключать ТН от высокого напряжения. Более удобен для этих измерений современный прибор «Энерготестер ПКЭ», который внесён в Госреестр СИ под № 39900-08 и является анализатором качества электроэнергии. Он легче, имеет встроенную батарею питания и таймер начала замеров.

Прибор - анализатор качества электроэнергии «Энергомонитор 3.3Т1» серийно выпускается с 2003 года, имеет и дополнительные функции:

- прибор сравнения для поверки ТТ и ТН;
- эталонный счётчик электроэнергии;
- регистратор переходных процессов;
- амплитудно-пиковый вольтметр для высоковольтных испытаний;
- измеритель коэффициента реактивной мощности ( $\text{tg } \varphi$ ).

В эксплуатации - более 2000 приборов. Предыдущие версии приборов могут модернизироваться на новый тип. Прибор входит в комплект ЛВМ.

С 2007 г. выпущено более 45 ЛВМ «МЭ-Аудит» (рисунок 5) на базе «Газели» и других спецавтомобилей. ЛВМ комплектуются по требованиям Заказчика, и успешно эксплуатируются предприятиями энергосистемы от Калининграда до Чукотки, а также в Казахстане. Все указанные методики и описания приборов доступны на сайте [www.mars-energo.ru](http://www.mars-energo.ru)

### **Подготовка персонала**

Для обеспечения безопасной, правильной и эффективной эксплуатации указанных средств поверки «НПП Марс-Энерго» организует обучение и подготовку специалистов по направлениям предприятий:

- Проверка и калибровка электросчетчиков, измерительных трансформаторов;
- Эксплуатация средств измерений показателей качества электрической энергии;
- Использование приборов для энергетических обследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный Закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений".
2. МИ 3050-2007. Рекомендация. ГСИ. Трансформаторы напряжения измерительные 6...110 кВ. Методика поверки ТН на месте эксплуатации при помощи преобразователя напряжения ПВЕ.
3. ГОСТ 8.216-2011. ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методика поверки.
4. МИ 3239-2009. ГСИ. Рекомендация. Измерительные трансформаторы напряжения  $6/\sqrt{3}$ ; 6;  $10/\sqrt{3}$ ; 10 кВ. Методика поверки на месте эксплуатации при помощи трехфазной высоковольтной поверочной установки «УПТВ-3-10».
5. МИ 3314-2011. ГСИ. Рекомендация. Трансформаторы напряжения измерительные  $220/\sqrt{3}$ ,  $330/\sqrt{3}$  кВ. Методика поверки на месте эксплуатации при помощи преобразователя напряжения серии «ПВЕ».
6. ГОСТ 8.217-2003. ГСИ. Трансформаторы тока. Методика поверки.
7. Е.З. Шапиро, Доклад НТК Росстандарта «О разработке проекта экспериментально-расчетной методики поверки измерительных трансформаторов тока на местах эксплуатации», 2007.
8. МИ 3123-2008. ГСИ. Рекомендация. Трансформаторы тока. Экспериментально-расчетная методика поверки измерительных трансформаторов тока на местах их эксплуатации. СПб: ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", 2008.
9. МИ 3322-2011. ГСИ. Рекомендация. Счетчики электрические активной и реактивной энергии. Методика поверки на местах эксплуатации при помощи комплекта переносных средств поверки производства «НПП МАРС-ЭНЕРГО».
10. Методика выполнения измерений параметров нагрузки и вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения прибором Энергомонитор 3.3Т1 в условиях эксплуатации. Свидетельство № 2203/131А-00340 от 17-04-2007.
11. Методика выполнения измерений параметров нагрузки и вторичных цепей трансформаторов тока и напряжения прибором «Энерготестер ПКЭ» в условиях эксплуатации. Свидетельство № 2203/222А-02439 от 10-08-2009.