

**Методика поверки измерительных трансформаторов напряжения при помощи
трехфазной высоковольтной поверочной установки «УПТВ-3-10»
производства НПЦ Марс-Энерго**

В распределительных электрических сетях среднего напряжения (6-10 кВ) широко применяются измерительные трансформаторы напряжения (ТН) для систем учёта электроэнергии, телеметрии, сигнализации и защиты. ТН выпускаются по ГОСТ 1983-2001 [1] или ТУ.

При приёмке и в эксплуатации требуется проводить периодическую поверку ТН в установленные сроки по методике поверки ГОСТ 8.216-88 [2]. Поверка в лабораторных условиях требует изъятия ТН из обращения на срок от 2 до 4 недель, что требует наличия на каждой подстанции подменного фонда, а кроме того - организации демонтажа, погрузки, транспортировки и т.д. Поэтому поверка ТН на месте установки признана более эффективной. Для этих целей уже более 5 лет успешно применяется мобильная высоковольтная метрологическая лаборатория «МЭ-Аудит» (ЛВМ).

Наибольшую сложность представляет собой поверка трёхфазного ТН. Особенно требовательны к наличию трёхфазной системы антирезонансные ТН, например, типа НАМИ-10-95, которые последние 10 лет широко внедряются благодаря высокой степени защиты в аварийных ситуациях в сети. Согласно ГОСТ 8.216-88 (чертеж 5) для поверки трёхфазного ТН на месте требуются средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	Комплект по ГОСТ 8.216-88	Комплект УПТВ-3-10
1	регулируемый источник трёхфазной системы напряжений	ПУ-УПТВ
2	образцовый трансформатор, включаемый на междуфазное напряжение	ПВЕ-10-2
3	нагрузочные устройства (3 шт.)	МР
4	фазоуказатель	Энергомонитор 3.3Т1
5	измеритель несимметрии	Энергомонитор 3.3Т1
6	измеритель нелинейных искажений	Энергомонитор 3.3Т1
7	частотомер	Энергомонитор 3.3Т1
8	вольтметр 150 В	Энергомонитор 3.3Т1
9	прибор сравнения	Энергомонитор 3.3Т1

Однако, с 1988 г., когда был выпущен ГОСТ [2], разработаны и выпускаются приборы сравнения, имеющие дополнительные измерительные функции. Так, например, один прибор «Энергомонитор 3.3Т1» выполняет функции шести приборов из приведенного выше перечня (с 4 по 9) табл.1.

Работы по поверке ТН в ЗРУ предъявляют дополнительные требования к поверочному оборудованию: масса и габариты приборов и устройств должны позволять без проблем переносить их внутри подстанции, в том числе поднимать их по лестницам. Выпущавшиеся ранее образцовые трансформаторы с литой изоляцией массой более 30 кг конструктивно не приспособлены для ручной переноски, что затрудняет их применение. В этих условиях более подходят масштабные эталонные преобразователи, например, типа ПВЕ.

ГОСТ 8.216-88 допускает «применять вновь разработанные поверочные установки с нормированным значением допускаемой погрешности». Поскольку набор нового мобильного поверочного оборудования известен и достаточно устоялся, появилась потребность разработать поверочную установку, обеспечивающую всем необходимым процесс подготовки к поверке и поверку. Такая установка разработана, внесена в реестр СИ за № 40573-09 и выпускается ООО «Научно-производственное предприятие Марс-Энерго». Это трехфазная высоковольтная поверочная установка типа «УПТВ-3-10» (далее – УПТВ). Установка позволяет поверять измерительные трансформаторы напряжения однофазные и трехфазные, заземляемые и незаземляемые, имеющие номинальное первичное напряжение $6/\sqrt{3}$; 6; $10/\sqrt{3}$; 10 кВ, классов точности 0,2 и 0,5. УПТВ внесена в госреестр СИ под № 40573-09.

В состав УПТВ (рисунок 1) входят все необходимые кабели и источник трёхфазной



Внешний вид «УПТВ-3-10».

системы напряжений с пультом управления (ПУ). ПУ обеспечивает коммутацию, защиту и индикацию при формировании напряжений одно- и трехфазной цепи переменного тока. В ПУ размещены: силовые разъёмы для подключения питания и соединения с другими блоками установки, схемы управления установкой, схемы защиты, индикаторные приборы, розетки для подключения измерительных приборов, звуковой и световой сигнализации. Для формирования и регулирования высокого трехфазного напряжения в УПТВ имеются блок ЛАТР и три разделительных повышающих трансформатора типа ОЛ-1/10. Высокое напряжение (до 12 кВ) подается от ОЛ-1/10 на ПВЕ и поверяемый ТН с помощью специального изолированного кремнийорганической изоляцией провода, что немаловажно в стесненных условиях ЗРУ для обеспечения безопасного проведения работ.

Поверяемый ТН подключают отдельными проводниками к прибору сравнения и отдельными проводниками к нагрузке. В качестве нагрузки в УПТВ применены магазины нагрузок различных исполнений на напряжения 100 или 57,7 В.

Метод измерений при проведении поверки основан на непосредственном сравнении напряжения на выходе поверяемого трансформатора с напряжением на выходе преобразователя ПВЕ при помощи прибора сравнения. Измерения проводят при подаче на поверяемый ТН нормированных напряжений (80, 100, 120%). При проведении поверки вне помещения средства измерений и преобразователь ПВЕ не должны подвергаться воздействию атмосферных осадков и пыли. Особенности работы с УПТВ, не предусмотренные ГОСТ [2], описаны в МИ 3239-2009 [3], которая аттестована ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2009 г. и внесена в реестр. Само устройство УПТВ запатентовано. УПТВ поставляется как отдельно, так и в составе ЛВМ.

Интерес представляет схема поверки трёхфазного ТН, предназначенного для сетей с эффективно заземленной нейтралью и вторичным междуфазным напряжением 100 В (рисунок 2). Нагрузка вторичных цепей ТН подключена «треугольником», и каждая пара обмоток поверяется отдельно. На ТН и ПВЕ-10-2 подается первичное напряжение. Сравниваются вторичные междуфазные напряжения ТН и ПВЕ, что полностью соответствует ГОСТ [2].

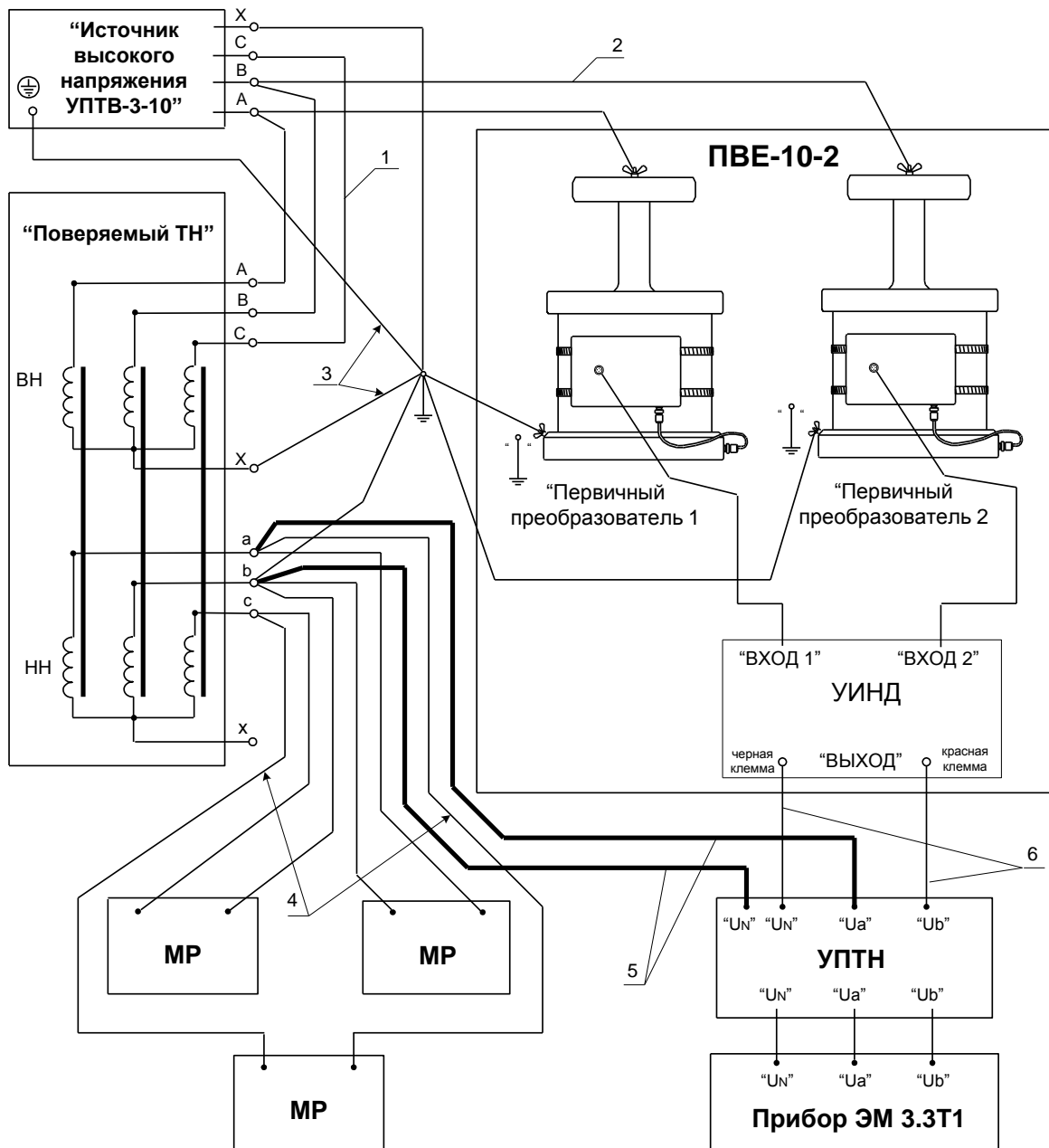


Рис. 2. Схема поверки трехфазного ТН, предназначенного для сетей с эффективно заземленной нейтралью.

1 – кабель высоковольтный изолированный, 10 м; 2 – кабель высоковольтный изолированный, 2 м;

3 – заземляющие проводники; 4,5 – кабель измерительный; 6 – кабели из комплекта прибора сравнения;

Прибор ЭМ 3.3Т1 - прибора сравнения многофункциональный Энергомонитор 3.3Т1; **УПТН**- устройство из комплекта прибора; **МР** – магазин нагрузок 100 В; **«Источник высокого напряжения установка УПТВ-3-10»** в составе: Пульт, блок «ЛАТР», комплект нагрузочных ТН, кабели питания.

Известны случаи использования при поверке трёхфазного ТН однофазного источника напряжения. Однако это возможно только для некоторых типов ТН снятых с производства, например, НТМИ. Современные антирезонансные ТН типов НАМИ и НАМИТ не работоспособны, когда на них подается высокое напряжение только одной фазы. Более того, в

случае нарушения чередования фаз первичной сети, погрешности основных обмоток превышают допустимые значения, что ведёт к недостоверному учёту и забраковке ТН при поверке. Так, например, при поверке НАМИ-10-95 класса точности 0,5 в случае неправильного чередования фаз угловые погрешности $\Delta\delta$ лежали в пределах 17...34 мин. (допускается ± 20 мин.), а при правильном подключении $\Delta\delta$ лежали в пределах -5...12 мин.

В 2003 году была принята рекомендация МИ 2845-2003 [4], которая, как показала практика, имеет ряд недостатков:

1. МИ не предназначена для поверки трехфазных ТН, погрешности которых нормируются по междуфазному напряжению (100 В), например, типов НАМИ, НАМИТ и т.п.
2. МИ не предназначена для поверки ТН класса точности 0,2.
3. МИ не полностью соответствует ГОСТ 8.216-88 в части методики, т.к. не измеряются погрешности при первичном напряжении 80 и 120 % от номинального.
4. Масса рекомендованного в МИ эталонного ТН - 65 кг. Требуется наличие множества вспомогательных приборов.
5. Схемой поверки не предусмотрена защита персонала блокировкой и сигнализацией.
6. Как правило, на подстанции (ПС) нет свободных ячеек с подключенным напряжением.
7. Операции подача-снятие напряжения на ПС сопряжены с большим объёмом организационных мероприятий, а по МИ эти операции делаются более 3 раз на один ТН.
8. При поверке ТН на ПС, выведенной из эксплуатации в ремонт или реконструкцию, высокое напряжение отсутствует.

Комплект установки УПТВ и методика МИ 3239 лишены указанных недостатков. Кроме того, прибор сравнения «Энергомонитор 3.3Т1» позволяет регистрировать во внутренней памяти информацию о ТН, условия и результаты поверки (до 200 таблиц поверок ТН). Объём измерений при поверке достаточно большой. Так, для одного трёхфазного ТН требуется получить 36 измеренных значений погрешностей, которые нужно сравнить с допускаемыми погрешностями. Поэтому, в комплект прибора входит программное обеспечение для компьютера «Поверка трансформаторов», которое позволяет после считывания данных из прибора распечатывать протоколы поверки ТН и вести базу данных по поверкам.

Таким образом, УПТВ и МИ 3239 позволяют выполнять весь комплекс работ (от определения параметров питающей сети до распечатки протокола), достаточный для проведения поверки ТН любого типа.

Сергеев Сергей Ростиславович, заместитель директора по качеству

ООО «Научно – производственное предприятие Марс-Энерго» 190031, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, д. 113А

Тел./факс: (812) 327-21-11 E-mail: mail@mars-energo.ru www.mars-energo.ru

Библиография.

- 1 ГОСТ 1983-2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия
- 2 ГОСТ 8.216-88 ГСИ, Трансформаторы напряжения. Методика поверки.
- 3 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»
- 4 МИ 2845-2003 ГСИ. Рекомендация. Измерительные трансформаторы напряжения $6/\sqrt{3}$...35 кВ. Методика поверки на месте эксплуатации.