



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



**ГСИ. ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ТУД-500
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

РТ-МП-1393-201/3-2025

г. Москва

2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – методика) применяется для поверки трансформаторов напряжения ТУД-500, установленных на Братской ГЭС, с заводскими номерами 42218109; 42218110; 42218111; 42218112; 42223554; 42218114; 42210500; 42210497; 42210501; 42210499; 42210498; 42210502 (далее - трансформаторы). При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 07.08.2023 № 1554 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и средств измерений электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ», подтверждающей прослеживаемость к ГЭТ 175-2023.

1.2 Определение метрологических характеристик трансформаторов осуществляется методом сличения при помощи средств сравнения.

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблицах 1 и 2 настоящей методики поверки.

Таблица 1 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений

Класс точности	Первичное напряжение, % от номинального значения	Пределы допускаемой погрешности			Диапазон мощности нагрузки, % от номинального значения
		напряжения	угловой		
		%	мин	срад	
0,2	80	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$	от 25 до 100
	100	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$	от 25 до 100
	120	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$	от 25 до 100

Таблица 2 - Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты

Класс точности	Первичное напряжение, % от номинального значения	Пределы допускаемой погрешности		Диапазон мощности нагрузки, % от номинального значения
		напряжения	угловой	
		%	мин	
3Р	2	$\pm 6,0$	± 240	от 25 до 100
	5	$\pm 3,0$	± 120	от 25 до 100
	100	$\pm 3,0$	± 120	от 25 до 100
	120	$\pm 3,0$	± 120	от 25 до 100

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 Выполняемые при поверке операции указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень операций, выполняемых при поверке

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первой поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Контроль условий поверки	да	да	3
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

В случае отрицательного результата поверки хотя бы по одному пункту поверку прекращают, а средство измерений считается непригодным к применению. Поверка не производится до устранения выявленных замечаний.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды: от +5 °C до +35 °C;
- атмосферное давление – от 84 до 106 кПа;
- относительная влажность воздуха – от 30 % до 80 %;
- отклонение частоты источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений от номинального значения – не более ±0,5 Гц;
- колебания напряжения источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений – не более ±5 %;
- коэффициент гармоник кривой переменного напряжения и источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений – не более ±5 %.

3.2 Перед проведением поверки трансформаторы выдерживают на месте поверки не менее двух часов.

3.3 Средства поверки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в эксплуатационной документации на них.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на поверяемые трансформаторы и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, являющиеся специалистами организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, непосредственно осуществляющие поверку средств данного вида измерений, прошедшие инструктаж по технике безопасности, имеющие удостоверение на право работы в электроустановках напряжением до 1000 В и группу по электробезопасности не ниже III.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При поверке трансформаторов должны использоваться основные и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 4. Эталоны единиц величин должны быть аттестованы, средства измерений, используемые при поверке должны быть утвержденного типа и иметь действующие свидетельства о поверке.

Таблица 4 - Перечень основных и вспомогательных средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 3 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне от плюс 5 °C до плюс 35 °C с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ±0,7 °C; Средства измерений влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ±2,5 %; Средства измерений давления в диапазоне от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой основной относительной погрешности измерений ±1,5 %; Средства измерений напряжения, частоты и формы кривой напряжения источника питания	Измеритель-регистратор комбинированный Librotech SX 100-P, рег.№ 80508-20; Регистратор показателей качества электрической энергии Парма РК3.01, рег.№25731-05
п. 8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений		
п. 9 Определение метрологических характеристик средства измерений	Эталон единицы коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты, соответствующий требованиям к рабочим эталонам 2 разряда по приказу Росстандарта от 07.08.2023 № 1554 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 0,1/√3 до 750/√3 и средств измерений электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ» (диапазон первичного напряжения от 5,7 кВ до 347 кВ);	Трансформатор напряжения эталонный мобильный NUES 750 тоб, эталон 1 разряда 3.1.ZZM.0450.2019

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>Прибор сравнения с диапазоном измерений погрешности напряжения от -20% до $+20\%$ и угловой погрешности от -600 до $+600$ мин; пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения относительной разности действующих значений двух напряжений $\pm(0,01 \cdot \Delta_{\text{of}} + 2 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta\delta + 5 \cdot 10^{-4})$, где де Δ_{of} – измеренное значение относительной разности действующих значений двух напряжений, $\%$; $\Delta\delta$ – измеренное значение разности фаз двух напряжений в угловых минутах.</p> <p>Нагрузочное устройство с номинальным значением напряжения переменного тока $100/\sqrt{3}$ В, значений полной мощности нагрузки $10, 25 \text{ В}\cdot\text{А}$ с $\cos\phi=0,8$, с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 4\%$;</p> <p>Источник высокого напряжения мощностью не менее $50 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, с номинальным значением частоты 50 Гц с возможностью регулирования частоты в пределах от 49 до 51 Гц, с отклонением частоты от любых установленных значений в указанном диапазоне не более $\pm 0,1 \text{ Гц}$ и допускаемым размахом колебаний частоты, не превышающим $0,1 \text{ Гц}$ в течение $0,5 \text{ ч}$, обеспечивающий возможность регулирования напряжения в пределах от 20% до 120% значения номинального первичного напряжения поверяемого ТН, с допускаемыми колебаниями напряжения от установленных значений, не превышающими $+ 3\%$ в течение 5 мин, и коэффициентом гармоник не более 5%.</p>	<p>Прибор сравнения КНТ-05, рег.№ 37854-08;</p> <p>Магазин нагрузок МР 3025, рег. № 22808-07;</p> <p>ИВН-500</p>

Примечание

Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и пропущенные поверку, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 4.

Допускается при проведении поверки в качестве источника напряжения использовать реальное напряжение сети.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки соблюдают требования ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.3.019, требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на средства поверки и поверяемые трансформаторы, а также выполняют комплекс мероприятий по обеспечению безопасности, установленных приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

6.2 Перед проведением операций поверки средства измерений, подлежащие заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно быть произведено ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

6.3 Все отключения и включения высокого напряжения должны проводится соответствующим персоналом высоковольтного зала или электроэнергетического объекта.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого трансформатора требованиям:

- выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправными и иметь маркировку, соответствующую ГОСТ Р МЭК 61869-5-2012 «Трансформаторы измерительные. Часть 5. Дополнительные требования к емкостным трансформатором напряжения»;
- заземляющий защита должен иметь соответствующее обозначение;
- отдельные части трансформатора должны быть прочно закреплены;
- наружные поверхности трансформатора не должны иметь дефектов изоляции, загрязнений;
- должно быть предусмотрено место для пломбирования;
- должны быть табличка с маркировкой по ГОСТ Р МЭК 61869-5-2019 «Трансформаторы измерительные. Часть 3. Дополнительные требования к емкостным трансформатором напряжения».

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. Перед проведением поверки выполняются следующие подготовительные работы:

- изучается паспорт и руководство по эксплуатации на поверяемый трансформатор и на применяемые средства поверки;
- подготавливаются к работе средства поверки в соответствии с их руководствами по эксплуатации;
- поверяемый трансформатор и средства поверки выдерживаются в условиях окружающей среды, указанных в разделе 3, не менее 3 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в разделе 3;
- выполняются организационные и технические мероприятия по обеспечению безопасности, указанные в разделе 6;
- измеряются и заносятся в протокол поверки условия поверки, а также данные о вспомогательном оборудовании, поверяемом трансформаторе и эталоне.

8.2 Проверку правильности обозначений выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора проводят методом постоянного тока в соответствии с ГОСТ 3484.1.

Примечание

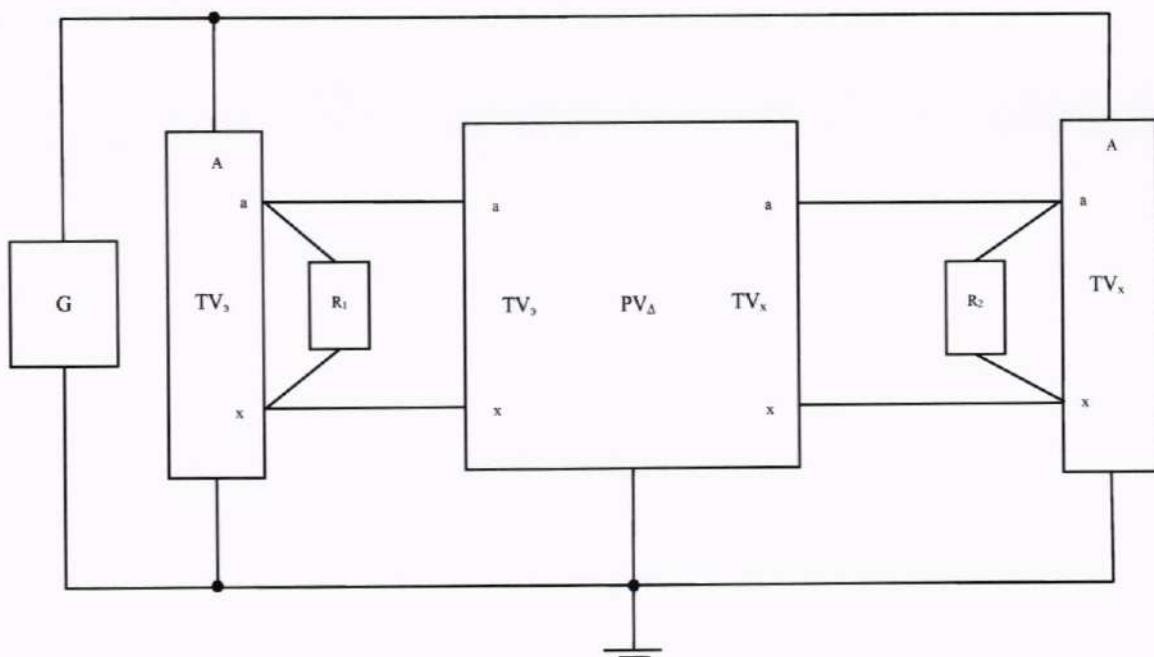
Если в приборе сравнения есть устройство сигнализации неправильного включения, то проверку правильности обозначений выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора проводят одновременно с проверкой правильности подключения эталонного компонента и поверяемого трансформатора к данному прибору при собранной схеме поверки непосредственно перед операцией определения погрешностей.

Трансформаторы с отрицательными результатами по данному пункту к дальнейшей

проверке не допускают.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Погрешности напряжения и угловые погрешности трансформаторов определяются по схеме в соответствии с рисунком 1. Эталонный трансформатор подключают к прибору сравнения проводниками сопротивлением не более 0,06 Ом.



G – источник высокого напряжения; TV_3 – эталонный трансформатор; R_1 – нагрузочное устройство эталонного трансформатора; TV_x – поверяемый трансформатор; R_2 – нагрузочное устройство поверяемого трансформатора; PV_Δ – прибор сравнения

Рисунок 1 – Схема определения погрешностей напряжения и угловых погрешностей трансформаторов

9.2 Проводят проверку правильности подключения прибора сравнения в соответствии с эксплуатационной документацией. Если схема уравновешивается, то это свидетельствует о правильности подключения и, соответственно, о правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора. Если срабатывает сигнализации неправильного включения, то нужно поменять местами провода на выводах вторичной обмотки поверяемого трансформатора.

При обнаружении неправильного обозначения выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора дальнейшую поверку не проводят.

9.3 Определение метрологических характеристик обмоток трансформаторов классов точности 0,5 (погрешность напряжения и угловая погрешность) проводится при значениях испытательных режимов, указанных в таблице 5, при номинальной частоте.

Таблица 5 – Перечень испытательных режимов для обмоток трансформаторов класса точности 0,2

Номер режима	Напряжение переменного тока	Нагрузка
1	$0,8 \cdot U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$
2	$U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$
3	$1,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$

9.4 Определение метрологических характеристик обмоток трансформаторов классов точности 3Р (погрешность напряжения и угловая погрешность) проводится при значениях испытательных режимов, указанных в таблице 6, при номинальной частоте.

Таблица 6 – Перечень испытательных режимов для обмоток трансформаторов класса точности 3Р

Номер режима	Напряжение переменного тока	Нагрузка
1	$0,02 \cdot U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$
2	$0,05 \cdot U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$
3	$U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$
4	$1,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$0,25 \cdot S_{\text{ном}}$ и $S_{\text{ном}}$

9.5 Эталонный трансформатор нагружается на нагрузочное устройство R_1 , на котором устанавливается паспортное значение мощности нагрузки.

9.6 На нагрузочном устройстве поверяемого трансформатора R_2 устанавливается значение мощности, равное $0,25 \cdot S_{\text{ном}}$.

9.7 Включается источник высокого напряжения и устанавливаются на его выходе поочередно значения напряжений в соответствии с таблицами 5 или 6. Контролируются значения напряжений, частоты, формы кривой.

9.8 Проводятся измерения погрешностей поверяемого трансформатора в соответствии с эксплуатационной документацией на прибор сравнения.

9.9 На нагрузочном устройстве поверяемого трансформатора R_2 устанавливается значение мощности, равное $S_{\text{ном}}$ и повторяются операции по п.п.9.7-9.8 настоящей методики поверки.

10. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Средство измерений подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные по результатам поверки погрешности не превышают указанных в таблицах 1 и 2.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки трансформаторов передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510.

11.2 По заявлению владельца трансформатора или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510 и (или) внесением в паспорт трансформатора записи о проведенной поверке. Оформление результатов поверки в паспорте средств измерений, по результатам поверки которых подтверждено их соответствие метрологическим требованиям, включает запись о проведенной поверке в виде «проверка выполнена». Указанная запись заверяется подписью поверителя с расшифровкой подписи (указываются фамилия и инициалы поверителя), наносится знак поверки и указывается дата поверки.

11.3 По заявлению владельца трансформатора или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510, и (или) внесением в паспорт трансформатора соответствующей записи.

11.4 Протокол поверки трансформатора оформляется в произвольной форме.

Заместитель начальника центра 201
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»



Ю.А. Шатохина

Начальник комплекса 201_4
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»



А.Ю. Мелехин

Ведущий инженер отдела 201_4
ФБУ «НИЦ ПМ-Ростест»



С.А. Соловьев