



ПРИКАЗ

№ 61 от 20.06.2022

мун. Кишинэу

**Об утверждении
NML 08-11:2022 «Трансформаторы
напряжения измерительные.
Технические и метрологические
требования. Методика поверки»**

На основании пункта f) части (3) статьи 5, части (3) статьи 6 и части (3) статьи 13 Закона о метрологии № 19/2016 г., и части (3) статьи 56 Закона о нормативных актах № 100/2017, для обеспечения единства, законности и точности измерений в областях общественного интереса на территории Республики Молдова,

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить норму законодательной метрологии NML 08-11:2022 «Трансформаторы напряжения измерительные. Технические и метрологические требования. Методика поверки», согласно приложению к настоящему приказу.
2. Опубликовать настоящий приказ в Официальном мониторе Республики Молдова и на веб-сайте министерства.
3. ПУ «Национальный институт метрологии» разместить настоящий приказ на веб-сайте и опубликовать в специализированном журнале „Metrologie”.
4. Настоящий приказ вступает в силу в течение 2 месяцев со дня опубликования в Официальном мониторе Республики Молдова.

Министр

Серджиу ГАЙБУ

НОРМА ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ МЕТРОЛОГИИ
NML 08-11:2022 «Трансформаторы напряжения измерительные. Технические и метрологические требования. Методика поверки»

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Настоящая норма по законодательной метрологии (далее – норма) устанавливает технические и метрологические требования к трансформаторам напряжения измерительным (далее – трансформаторы) предназначенных для измерений в областях общественного интереса. Норма применяется при проведении метрологических испытаний с целью утверждения типа, первичной, периодической поверок и поверке после ремонта, в соответствии с Постановлением Правительства № 1042/2016 г. об утверждении Официального перечня средств измерений, подлежащих законодательному метрологическому контролю.

II. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Закона о метрологии № 19/2016 г.

Постановления Правительства № 1042/2016 об утверждении Официального перечня средств измерения и измерений, подлежащих законодательному метрологическому контролю.

SM SR EN 61869-1:2014 Трансформаторы измерительные. Часть 1: Общие требования

SM SR EN 61869-3:2014 Трансформаторы измерительные. Часть 3: Дополнительные требования к индуктивным трансформаторам напряжения

SM ISO/IEC Ghid 99:2017 «Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)»

III. ТЕРМИНОЛОГИЯ И АББРЕВИАТУРА

2. Для верного толкования настоящей нормы законодательной метрологии используются термины и определения согласно Закона о метрологии № 19/2016г., SM ISO/IEC Ghid 99:2017, SM SR EN 61869-1:2014, SM SR EN 61869-3:2014,

IV. ТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3. Трансформаторы должны соответствовать требованиям SM SR EN 61869-1:2014, SM SR EN 61869-3:2014 и настоящей нормы.

Пределы погрешности напряжения и угловой погрешности ТН указаны в таблице 1.

Таблица 1

Класс точности	Пределы погрешности напряжения (коэффициента масштабного преобразования), ϵ_n $\pm \%$	Пределы угловой погрешности $\Delta\phi$	
		\pm минуты (')	\pm srad
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	<i>Не нормируется</i>	

П р и м е ч а н и е - При поверке трансформаторов с двумя отдельными вторичными обмотками, должны поверяться оба выходных диапазона нагрузок (по одному для каждой вторичной обмотки). Каждая обмотка должна отвечать соответствующим требованиям при значениях нагрузки на выходе от 0 до 100 % номинальной нагрузки.

Если выходные диапазоны нагрузок не указаны, то эти значения должны быть от 25 до 100 % номинальной нагрузки для каждой обмотки

V. ФОРМЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

4. Объём и последовательность проведения операций при первичной, периодической и после ремонтной поверки должны соответствовать таблицы 3. Программа метрологических испытаний разрабатывается, принимая во внимание требования применимых стандартов и настоящей нормы.

Таблица 2

Наименование операции	Операция/№ пункта XI главы «Проведение поверки»	Обязательность проведения операции			
		утверждение типа	первичная поверка	периодическая поверка	поверка после ремонта
Внешний осмотр	12	да	да	да	да
Проверка правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток	14	да	да	да	да
Определение погрешностей	14	да	да	да	да

5. Операции поверки проводятся аккредитованными и уполномоченными лабораториями в данной области, в соответствии с Законом о метрологии № 19/2016 г.

6. В случае если трансформаторы не соответствуют хотя бы одному требованию, указанному в таблице 2, поверка прерывается, и считается, что трансформатор не соответствует настоящей норме и не может быть использован в области общественного интереса.

VI. ЭТАЛОНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

7. Поверку проводят одной из следующих поверочных установок, с использованием рабочих эталонов указанных в таблицах 3-6:

Таблица 3 (Установка 1)

Пункт главы XI) «Выполнение поверки»	Наименование рабочего эталона или вспомогательного измерительного устройства	Основные метрологические и технические характеристики	Обозначение документа, регламентирующего технические условия
13-14	высоковольтный мост (далее - ВМ)	с диапазоном значений сравниваемых токов от $10.0E-6$ до $50.0E-3$ А, с рабочими частотами 50 и/или 60 Гц, измеряющий коэффициенты масштабного преобразования K_u от 0,1 до 10000, углы фазового сдвига напряжения φ_u в диапазоне от 0 до 0,1 рад. а также включающий в себя (или обеспечивающий с помощью дополнительных приборов) функции измерения вторичного напряжения с неопределённостью ± 3 %, его частоты с неопределённостью $\pm 0,05$ Гц и коэффициента не синусоидальности кривой вторичного напряжения	
14	низковольтный (опорный) электрический конденсатор на напряжение	до $10U_{2ном}$, представляющий собой экранированный, высоколинейный и высокостабильный трехэлектродный электрический конденсатор, выполненный на основе пленочной технологии и керамики, с номинальным значением ёмкости C_o (пФ), выбираемой в диапазоне от 1000 до 5000 пФ в зависимости от чувствительности высоковольтного моста. Значение $tg\delta$ в рабочем диапазоне напряжений не более 10^{-4}	
14	высоковольтный (измерительный) электрический конденсатор на напряжение	до $1,2U_{1ном}$, представляющий собой экранированный, высоколинейный и высокостабильный трехэлектродный электрический конденсатор, выполненный из коаксиальных электродов, помещенных в корпус с элегазовым диэлектриком, с номинальным значением емкости измерительной C_u (пФ), выбираемой в диапазоне от 40 до 150 пФ в зависимости от чувствительности высоковольтного моста. Значение $tg\delta$ в рабочем диапазоне напряжений не более 10^{-4}	

Неопределенность установки 1 должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблицах Б.1 и Б.2 (приложение Б).

Таблица 4 (Установка 2)

Пункт главы XI) «Выполнение поверки»	Наименование рабочего эталона или вспомогательного измерительного устройства	Основные метрологические и технические характеристики	Обозначение документа, регламентирующего технические условия
14	прибор сравнения (ПС)	с диапазоном значений сравниваемых напряжений от $0,2U_{2ном}$ до $1,2U_{2ном}$. с рабочей частотой 50 и/или 60 Гц и с измерением углов фазового сдвига напряжения (φ_u) в диапазоне от 0 до 0,1 рад, а	

		также включающий в себя (или обеспечивающий с помощью дополнительных приборов) функции измерения вторичного напряжения с неопределённостью $\pm 3\%$, его частоты с неопределённостью $\pm 0,05$ Гц и коэффициента не синусоидальности кривой вторичного напряжения	
14	эталонная высоковольтная мера значений $K_{u(\text{эт})}$ и $\varphi_{u(\text{эт})}$ (эталонный ТН или эталонный делитель напряжения)	с диапазоном первичного напряжения от $0,2U_{1\text{ном}}$ до $1,2U_{1\text{ном}}$, при этом номинальные значения первичного напряжения и коэффициента масштабного преобразования высоковольтной меры должны соответствовать номинальным значениям первичного напряжения и коэффициента масштабного преобразования поверяемого трансформатора	

Неопределенность установки 2 должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблицах Б.1 и Б.2 (приложение Б).

Таблица 5 (Установка 3)

Пункт главы XI «Выполнение поверки»	Наименование рабочего эталона или вспомогательного измерительного устройства	Основные метрологические и технические характеристики	Обозначение документа, регламентирующего технические условия
13-14	вольтфазометр (ВФ) (двухканальный синхронизированный измеритель значений K_u и φ_u)	с диапазоном значений измеряемых вторичных напряжений по каналу 1, подключаемому к эталонной высоковольтной мере K_u и φ_u , от $0,2U_{1\text{ном}}$ до $1,2 U_{1\text{ном}}$ её номинального значения вторичного напряжения и по каналу 2, подключаемому к поверяемому ТН, от $0,2U_{2\text{ном}}$ до $1,2U_{2\text{ном}}$ его номинального значения вторичного напряжения, с рабочей частотой 50 и/или 60 Гц и с измерением углов фазового сдвига напряжения (φ_u) в диапазоне от 0 до 0,1 рад, а также включающий в себя (или обеспечивающий с помощью дополнительных приборов) функции измерения вторичного напряжения с неопределённостью $\pm 3\%$, его частоты с неопределённостью $\pm 0,05$ Гц и коэффициента не синусоидальности кривой вторичного напряжения	
14	эталонная высоковольтная мера значений $K_{u(\text{эт})}$ и $\varphi_{u(\text{эт})}$	с диапазоном первичного напряжения от $0,2U_{1\text{ном}}$ до $1,2 U_{1\text{ном}}$ при этом номинальное значение коэффициента масштабного преобразования высоковольтной меры может не соответствовать номинальному значению коэффициента масштабного преобразования поверяемого трансформатора	

Пределы допускаемых основных погрешностей установки 2 должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблицах Б.1 и Б.2 (приложение Б).

Дополнительные СИ указанные ниже могут быть использованы при поверке ТН:

Таблица 6

Пункт главы XI) «Выполнение поверки»	Наименование рабочего эталона или вспомогательного измерительного устройства	Основные метрологические и технические характеристики	Обозначение документа, регламентирующего технические условия
14	милливольтметр	классом точности 2,5, диапазоном измерения ± 500 мВ	
14	нагрузочные устройства (магазины проводимости или магазины сопротивления), обеспечивающие нагрузку поверяемого трансформатора	в пределах от 25 % до 100 % его номинальной мощности, с пределом допускаемой основной погрешности активной и реактивной составляющих мощности не более ± 4 %	

VII. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА

8. К проведению поверки допускаются лица с подтвержденной компетенцией в данной области измерений.

VIII. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

9. При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- 1) Нормы безопасности для электрических установок и требования безопасности, указанные в технической документации на средства поверки и поверяемые трансформаторы;
- 2) Перед проведением операций поверки средства измерений, подлежащие заземлению, должны быть надежно заземлены.

IX. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

10. Во время проведения поверки должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура окружающего воздуха, $(5 \div 35)$ °С;
Допускаемые колебания температуры окружающего воздуха в период проведения поверки, не более $+ 2$ °С;
- 2) относительная влажность воздуха, $30 \div 80$ %;
- 3) атмосферное давление, $84 \div 106$ кПа;
- 4) отклонение частоты источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений от номинального значения, не более $\pm 0,5$ Гц;
- 5) при поверке емкостных трансформаторов отклонение частоты источника высокого напряжения от номинального значения, не более $\pm 0,1$ Гц;
- 6) колебания напряжения источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений, не более ± 5 %;

7) коэффициент гармоник кривой переменного напряжения и источника высокого напряжения и сети питания низковольтных средств измерений, не более 5 %;

8) коэффициент обратной последовательности напряжений источника трехфазной системы напряжений (при проверке трехфазных ТН), не более 2 %.

Проверку трансформаторов классов точности 0,2 и менее точных на местах эксплуатации допускается проводить при температуре окружающего воздуха, не превышающей климатических требований к условиям проверки, и при отсутствии осадков.

X. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

11. Перед проведением проверки трансформаторы должны быть выдержаны в условиях окружающей среды, не менее 3 ч.

Рабочие эталоны и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

XI. ВЫПОЛНЕНИЕ ПОВЕРКИ

12. Внешний осмотр

1) При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие проверяемого трансформатора требованиям:

а) выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправными и иметь маркировку в соответствии с технической документацией. Прописные буквы *A, B, C* и *N* обозначают вводы первичной цепи, строчные *a, b, c* и *n* обозначают соответствующие выводы вторичной цепи;

б) маркировка на шильдике должна включать минимум следующие данные:

- наименование производителя;
- тип трансформатора (исполнение);
- серийный номер;
- рабочая частота;
- нормативный документ (стандарт) которому соответствует трансформатор;
- номинальное первичное напряжение и номинальное вторичное напряжение;
- диапазон нагрузки (номинальная выходная мощность) и соответствующий ему класс точности;

- номинальный коэффициент напряжения и соответствующая номинальная постоянная времени вторичного контура (дополнительно);

с) заземляющий зажим (если он предусмотрен) должен иметь соответствующее обозначение;

д) отдельные части ТН должны быть прочно закреплены;

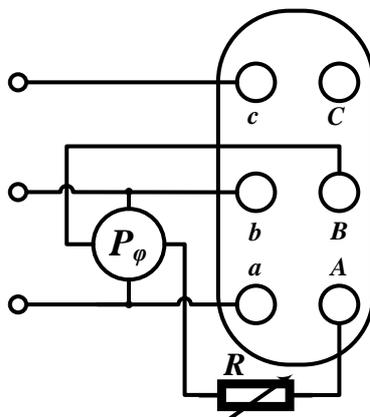
е) должно быть предусмотрено место для клеймения и пломбирования;

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если были выполнены требования п.12.

13. Проверка правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток

Группу соединения обмоток трансформатора проверяют одним из следующих способов: прямым при помощи фазометра, при помощи моста, при помощи двух вольтметров, постоянным током.

1) При выполнении измерений прямым способом (фазометром) последовательную обмотку однофазного фазометра присоединяют через резистор к зажимам одной из обмоток, а параллельную обмотку - к одноимённым зажимам другой обмотки испытуемого трансформатора в соответствии с фигурой. 1.



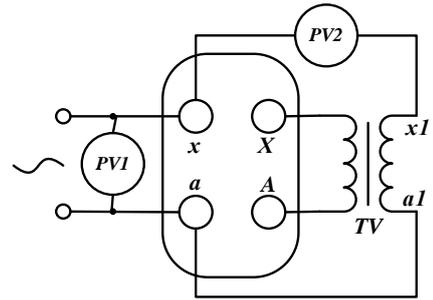
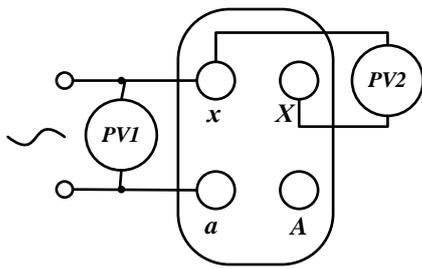
R - регулируемый резистор; $P\varphi$ - фазометр;
 A, B, C, a, b, c - зажимы испытуемого трансформатора
 Фигура 1

К одной из обмоток испытуемого трансформатора подводят трехфазное напряжение, достаточное для нормальной работы фазометра. Рекомендуется применять четырехквадрантный фазометр. По измеренному угловому смещению ЭДС в соответствии с таблицей определяют группу соединений. Следует проводить не менее двух измерений (для двух пар соответствующих линейных зажимов). Полную схему (с фазометром) перед измерениями проверяют при заранее известной группе соединения, соответствующей проверяемой. При определении группы соединений рекомендуется применять специальный прибор - группометр, представляющий собой электронный или логометрический фазометр, проградуированный непосредственно в числах, характеризующих группу соединения в часовом обозначении.

2) Группу соединений при помощи моста проверяют одновременно с измерением коэффициента трансформации при помощи того же трехфазного или однофазного измерительного моста.

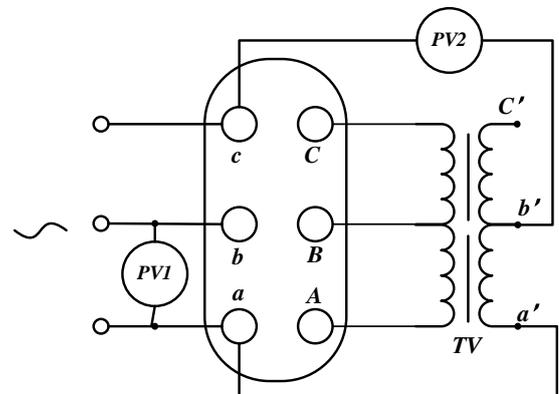
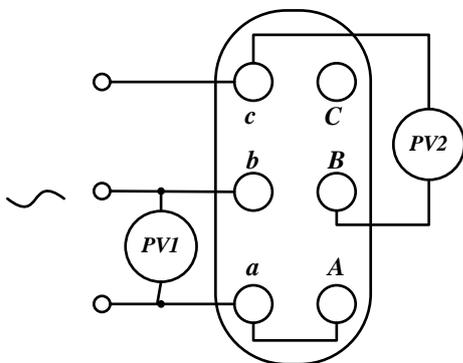
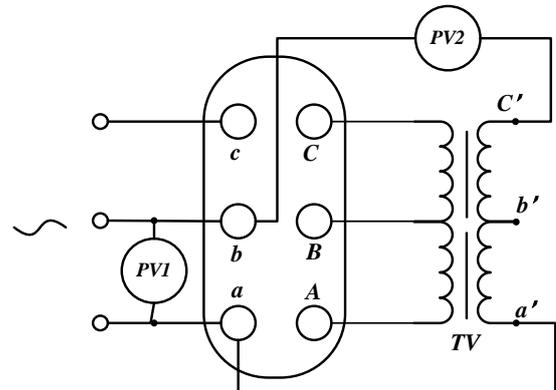
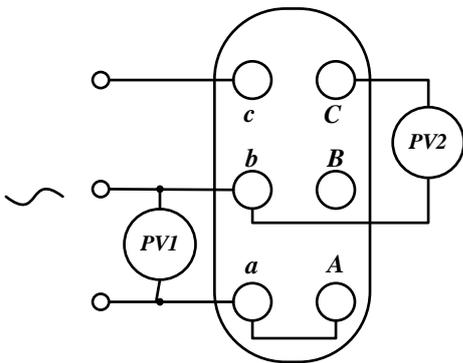
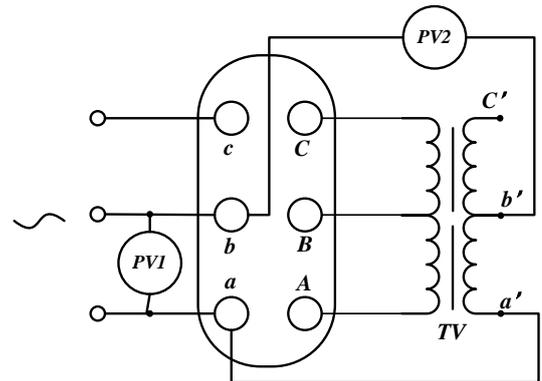
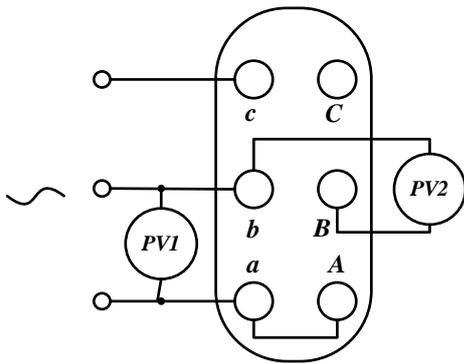
3) Для проверки группы соединений трансформаторов при помощи двух вольтметров соединяют зажимы A и a (см. фигура 2) испытуемого трансформатора. К одной из обмоток подводят напряжение и измеряют напряжение между зажимами $x - X$ - при испытании однофазных трансформаторов в соответствии со схемой 2а, и зажимами $v - B, v - C, c - B$ - при испытании трехфазных трансформаторов в соответствии со схемой 2б. Измеренные напряжения $U_{b-B}, U_{c-B}, U_{c-v}$ в или U_{x-X} сравнивают с соответствующими расчетными напряжениями, рассчитанными по формулам в соответствии с таблицей 10 (в формулы подставляется измеренное значение линейного коэффициента трансформации $K_L = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}}$, где: $U_{ВН}$ - напряжение на обмотке высшего напряжения, $U_{НН}$ - напряжение на обмотке низшего напряжения).

Для однофазных трансформаторов



а

Для трехфазных трансформаторов



б

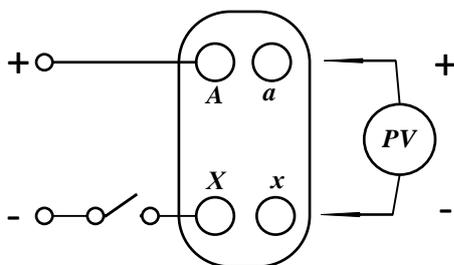
PV1, PV2 - вольтметры; A, B, C, a, б, c, a', b', c' - зажимы; TV - трансформаторы напряжения

Фигура 2

При определении группы соединений трансформаторов с $K_L > 20$ применение измерительных трансформаторов напряжения обязательно, при этом в формулы таблицы 7 вместо K_L подставляют значения $K'_L = \frac{K_L}{K_{TV}}$, где K_{TV} коэффициент трансформации трансформатора напряжения.

Группу соединений следует считать правильной, если отклонения измеренных в соответствии с фигурой 2 напряжений от рассчитанных по формулам таблицы 7 не превышают $\pm 3\%$.

4) При помощи постоянного тока определяют группу соединений однофазных трансформаторов, трехфазных трансформаторов со схемой соединения обмоток Y_0/Y_0 и со схемой соединения обмоток D/D , когда соединение в «треугольник» выполняется вне бака трансформатора. Группу соединений определяют по схеме фигура 3 путем поочередной проверки полярности зажимов $A - X$ и $a - x$ вольтметром магнитоэлектрической системы PV , имеющим соответствующие пределы измерения (к зажимам $A - X$ подводится напряжение постоянного тока от 2 до 12 В). Полярность зажимов $A - X$ устанавливают при включении тока, затем вольтметр отсоединяют, не отсоединяя питающие провода, и присоединяют его к зажимам, $a - x$. Полярность зажимов $a - x$ устанавливают в момент включения и отключения тока. Если полярность зажимов $a - x$ при включении тока окажется одинаковой с полярностью зажимов $A - X$, а при отключении – разной, то трансформатор относят к группе соединений 0, в противном случае – к группе соединений 6.



Фигура 3

Таблица 7

Группа соединения	Угловое смещение ЭДС	Соединения обмоток	Векторная диаграмма линейных ЭДС	U_{b-B} (U_{x-X})*	U_{b-c}	U_{c-B}
0	0°	YU, DD		$U_L(K_L - 1)$	$U_L \cdot \sqrt{1 - K_L + K_L^2}$	
6	180°	YU, DD		$U_L(1 + K_L)$	$U_L \cdot \sqrt{1 - K_L + K_L^2}$	

*Для однофазных трансформаторов

14. Определение погрешностей

1) Погрешность трансформаторов определяют:

- при значениях первичного напряжения, равных 80, 100 и 120 % номинального значения;

- при значениях полной мощности, отдаваемой поверяемым трансформатором в цепь нагрузки вторичных обмоток, равных $0.25S_{\text{ном}}\left(\frac{U_1}{U_{1\text{ном}}}\right)^2$ и $S_{\text{ном}}\left(\frac{U_1}{U_{1\text{ном}}}\right)^2$ (при номинальном коэффициенте мощности), для каждого значения напряжения.

2) Погрешности электромагнитных типов трансформаторов определяют при номинальном значении частоты для данного поверяемого типа ТН.

3) Погрешности емкостных и электромагнитных типов трансформаторов, предназначенных для работы в цепях напряжения переменного тока частотой 50 Гц, определяют при значениях частот 49,5 и 50,5 Гц. Погрешности емкостных и электромагнитных типов трансформаторов, предназначенных для работы в цепях напряжения переменного тока частотой 60 Гц, определяют при значениях частот 59,5 и 60,5 Гц.

4) Погрешности трехфазных ТН определяют при прямом порядке чередования фаз. при значениях напряжения, указанных в п.14, 1) и при номинальной частоте. Погрешности трехфазных ТН определяют отдельно для каждой из основных вторичных обмоток при значениях полной мощности, отдаваемой поверяемым ТН в цепь нагрузки вторичных обмоток, указанных в п. 14, 1) (при номинальном коэффициенте мощности).

Для трехфазных ТН наряду с неопределённостью основных обмоток определяют напряжение на выводах разомкнутого треугольника, образованного дополнительными вторичными обмотками, при номинальном значении мощности, отдаваемой ТН в цепь нагрузки дополнительных вторичных обмоток, и номинальном первичном напряжении.

5) Погрешности многопредельных ТН определяют для всех значений коэффициентов трансформации.

6) Погрешности однофазных ТН определяют отдельно для основной и дополнительной обмоток. При этом нагрузку со значениями мощностей, которые указаны в п. 14, 1), подключают к той обмотке (основной или дополнительной), которую используют при измерениях. Свободная во время измерений обмотка должна быть разомкнута. Угловую погрешность дополнительной обмотки класса точности 3 не определяют.

7) Погрешности электромагнитных типов трансформаторов, имеющих несколько классов точности в зависимости от номинальной мощности, допускается определять при нагрузке, соответствующей наиболее высокому классу точности. Погрешности емкостных типов трансформаторов определяют при нагрузках, соответствующих всем классам точности.

8) Погрешности ТН определяют либо при увеличении, либо при уменьшении напряжения. Погрешности ТН классов точности 0,2 и более точных определяют дважды: при увеличении и при уменьшении напряжения. Разность значений погрешностей при этом не должна превышать 0,1 предела допускаемых погрешностей поверяемого трансформатора.

9) Проверку электромагнитных типов трансформаторов, предназначенных для работы на частоте 60 Гц, допускается проводить при частоте 50 Гц. если такое указание имеется в НД на поверяемый трансформатор.

10) Определение погрешностей поверяемого ТН проводят с помощью одной из установок и вспомогательного оборудования, представленных в разделе 6.

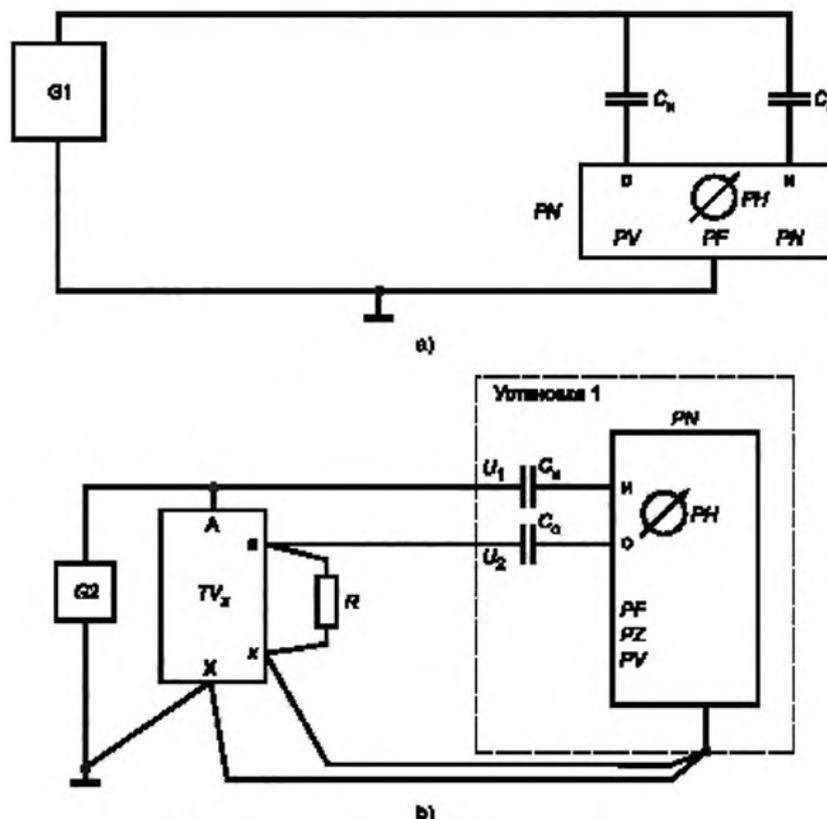
а) Определение погрешностей поверяемого ТН с помощью установки 1.

Погрешность определяют по результатам двух этапов измерений.

Измерения на первом этапе проводят в следующей последовательности:

- собирают схему согласно рисунку 4а;
- подготавливают средства проверки к работе в соответствии с НД;

- включают источник напряжения $G1$, повышают напряжение на его выходе до значения 1000 В, контролируя напряжение по вольтметру $PV1$;
- на первом этапе проводят уравнивание прибора BM согласно НД, в результате чего измеряют масштабный коэффициент отношения токов $M_{K1} = M_{o/n}$ (где $M_{o/n}$ - масштабный коэффициент отношения токов I_o/I_n , протекающих через опорный и измерительный электрические конденсаторы), а также определяют значение угла фазового сдвига $\varphi_1 = \varphi_{1o/n}$;
- снижают напряжение на выходе $G1$ до минимального значения и выключают его.



$G1$ - источник напряжения. 1000 В, 20 ВА; C_o - эталонный опорный конденсатор с рабочим напряжением не менее 1000 В; C_n - эталонный измерительный конденсатор с рабочим напряжением не менее $1.2U_1$; PH - нуль-индикатор. PN - высоковольтный мост; $G2$ - источник высокого напряжения. $TV1$ - поверяемый трансформатор; R - нагрузочное устройство поверяемого трансформатора PV - функция измерения входного напряжения: PF - функция измерения частоты входного напряжения. PZ - функция измерения нелинейных искажений

Фигура 4

Измерения на втором этапе проводят в следующей последовательности:

- собирают схему согласно фигуре 4б;
- устанавливают на нагрузочном устройстве R значение мощности нагрузки, равное $0,25S_{nom}$;
- включают источник высокого напряжения $G2$. устанавливают на его выходе значения напряжений U , в соответствии с п.1);
- напряжение (U , контролируют вольтметром PV ;
- контроль частоты осуществляют частотомером PF ;
- контроль формы кривой осуществляют измерителем нелинейных искажений PZ ;
- при каждом из значений установленных напряжений проводят уравнивание прибора BM , в результате чего определяют новые значения отношений токов $M_{K2} = M_{n/o} \cdot K_{u(Tr)}$, (где $M_{n/o}$ - масштабный коэффициент отношения токов I_n/I_o , протекающих через опорный и

измерительный электрические конденсаторы), а также определяют значение угла фазового сдвига $\varphi_2 = \varphi_{1и/о} + \varphi_{u(Tr)}$;

- снижают напряжение на выходе источника высокого напряжения до минимального значения и отключают его;

- определяют погрешность коэффициента масштабного преобразования напряжения (погрешность напряжения) поверяемого ТН ($\delta_{Ku(Tr)}$), в процентах, и погрешность угла фазового сдвига напряжения (угловая погрешность) трансформатора ($\Delta\varphi_{u(Tr)}$), радианах (сантираданах) или минутах, для каждого из установленных значений напряжений и нагрузок по формулам:

$$\delta_{Ku(Tr)} = \left(1 - \frac{M_{K1} \cdot M_{K2}}{K_{u\text{ ном}(Tr)}}\right) \cdot 100, \quad (1)$$

$$\Delta\varphi_{u(Tr)} = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (2)$$

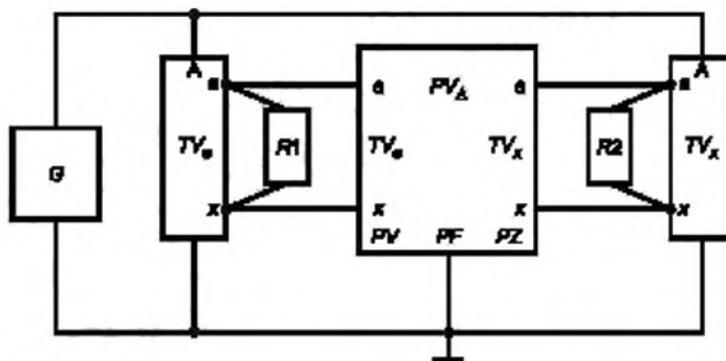
При проверке трансформаторов класса точности 0,2 и более точных значения $\delta_{Ku(Tr)}$ и $\Delta\varphi_{u(Tr)}$ определяют дважды по формулам (1) и (2): при увеличении и при уменьшении напряжения вычисляют средние арифметические значения погрешностей:

- устанавливают на нагрузочном устройстве R значение мощности нагрузки, равное $S_{\text{ном}}$, и повторяют все операции второго этапа измерений.

b) Определение погрешностей поверяемого ТН с использованием установки 2.

Проверку проводят в следующей последовательности:

- подготавливают средства проверки к работе в соответствии с требованиями НД;
- собирают схему согласно рисунку 5;
- эталонный трансформатор (делитель) напряжения подключают к прибору сравнения проводниками с сопротивлением не более 0,015 Ом при проверке трансформаторов классов точности 0,05; 0,1 и 0,06 Ом - при проверке трансформаторов классов точности 0,2 и менее точных;
- проводят проверку правильности подключения прибора сравнения в соответствии с нормативными документами. Если схема уравнивается, то это свидетельствует о правильности подключения и соответственно, о правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора. Если срабатывает сигнализация неправильного включения, то нужно проверить полярность включения другим способом. В случае подтверждения неправильного обозначения выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора дальнейшую проверку не проводят.



G - источник высокого напряжения; $TVэ$ - эталонный трансформатор; $R1$ - нагрузочное устройство эталонного трансформатора; $TVх$ - поверяемый трансформатор; $R2$ - нагрузочное устройство поверяемого трансформатора; $PVΔ$ - прибор сравнения. PV - функция измерения входного напряжения; PF - функция измерения частоты входного напряжения; PZ - функция измерения нелинейных искажений

Фигура 5

- нагружают эталонный трансформатор (делитель) напряжения на нагрузочное устройство RI , на котором устанавливают необходимое паспортное значение мощности нагрузки.
- устанавливают на нагрузочном устройстве $R2$ поверяемого ТН значение мощности, равное $0,25S_{\text{ном}}$;
- включают источник высокого напряжения G , устанавливают на его выходе значения напряжений U_1 в соответствии с п. 14, 1);
- напряжение U_1 , контролируют вольтметром PV ;
- контроль частоты осуществляют частотомером PF ;
- контроль формы кривой осуществляют измерителем нелинейных искажений PZ ;
- проводят измерения в соответствии с технической документацией прибора сравнения;
- устанавливают на нагрузочном устройстве поверяемого трансформатора значение мощности нагрузки, равное $S_{\text{ном}}$, и выполняют все указанные выше операции.
- при учете значений погрешностей установки 2 вычисляют погрешности поверяемого трансформатора $\delta_{K_u(Tp)}$, в процентах, и $\Delta\varphi_{u(Tp)}$, в радианах (сантираданах) или минутах, для каждого, из установленных значений напряжений и нагрузок, по формулам:

$$\delta_{K_u(Tp)} = \delta_{K_u(\text{изм})} + \delta_{K_u(\text{УП2})}, \quad (3)$$

$$\Delta\varphi_{u(Tp)} = \Delta\varphi_{u(\text{изм})} + \Delta\varphi_{u(\text{УП2})}. \quad (4)$$

где: $\delta_{K_u(\text{изм})}$ — отсчет по шкале погрешности коэффициента масштабного преобразования напряжения (погрешности напряжения) прибора сравнения, в процентах, полученный только при увеличении или только при уменьшении напряжения, или среднее арифметическое значение отсчетов, полученных при увеличении и уменьшении напряжения;

$\Delta\varphi_{u(\text{изм})}$ — шкале погрешности угла фазового сдвига напряжения (угловой погрешности) прибора сравнения, в радианах (сантираданах) или минутах, полученный только при увеличении или только при уменьшении напряжения, или среднее арифметическое значение отсчетов, полученных при увеличении и уменьшении напряжения;

$\delta_{K_u(\text{УП2})}$ — значение погрешности коэффициента масштабного преобразования напряжения (погрешности напряжения), в процентах, установки 2, указанное в свидетельстве о ее поверке;

$\Delta\varphi_{u(\text{УП2})}$ — значения погрешности угла фазового сдвига (угловой погрешности), в радианах (сантираданах) или минутах, установки 2 указанные в свидетельстве о ее поверке:

- без учета погрешностей установки 2 принимают, что погрешности поверяемого трансформатора равны следующим значениям:

$$\delta_{K_u(Tp)} = \delta_{K_u(\text{изм})}, \quad (5)$$

$$\Delta\varphi_{u(Tp)} = \Delta\varphi_{u(\text{изм})}. \quad (6)$$

с) *Определение погрешностей поверяемого ТН с использованием установки 3*

Поверку проводят в следующей последовательности:

- собирают схему согласно рисунку 6;
- эталонный трансформатор (делитель) напряжения подключают к прибору сравнения проводниками с сопротивлением не более $0,015$ Ом при поверке трансформаторов классов точности $0,05$; $0,1$ и $0,06$ Ом — при поверке трансформаторов классов точности $0,2$ и менее точных;

- нагружают эталонный делитель напряжения на нагрузочное устройство $R1$. на котором устанавливают необходимое паспортное значение мощности нагрузки;
- устанавливают на нагрузочном устройстве $R2$ поверяемого ТН значение мощности, равное $0,25S_{ном}$;
- подготавливают средства поверки к работе в соответствии с НД;
- включают источник высокого напряжения G , устанавливают на его выходе значения напряжения U_1 , в соответствии с 2);
- напряжение U_1 , контролируют вольтметром PV ;
- контроль частоты осуществляют частотомером PF ;
- контроль формы кривой осуществляют измерителем нелинейных искажений PZ ;
- проводят измерения в соответствии с НД на вольтфазометр;
- устанавливают на нагрузочном устройстве R поверяемого ТН значение мощности нагрузки, равное $S_{ном}$, и выполняют все указанные выше операции;
- при учете значений погрешностей установки 2 вычисляют погрешности поверяемого ТН $\delta_{Ku(Tp)}$, в процентах, и $\Delta\varphi_{u(Tp)}$, в радианах (сантираданах) или минутах, для каждого из установленных значений напряжений и нагрузок, по формулам:

$$\delta_{Ku(Tp)} = \delta_{Ku(изм)} + \delta_{Ku(УПЗ)}, \quad (7)$$

$$\Delta\varphi_{u(Tp)} = \Delta\varphi_{u(изм)} + \Delta\varphi_{u(УПЗ)}, \quad (8)$$

где: $\delta_{Ku(изм)}$ – измеренное значение погрешности коэффициента масштабного преобразования напряжения (погрешности напряжения) поверяемого ТН, в процентах:

$\Delta\varphi_{u(Tp)}$ – измеренное значение погрешности угла фазового сдвига напряжения (угловой погрешности) поверяемого ТН, в радианах (сантираданах) или минутах;

$\delta_{Ku(УПЗ)}$ – значение погрешности измерения масштабного преобразования напряжения (погрешности напряжения), в процентах, установки 3, указанное в свидетельстве о ее поверке;

$\Delta\varphi_{u(УПЗ)}$ – значения погрешности измерения угла фазового сдвига напряжения (угловой погрешности). в радианах (сантираданах) или минутах, установки 3, указанные в свидетельстве о ее поверке.

В свою очередь, значение $\delta_{Ku(изм)}$ рассчитывается по формуле:

$$\delta_{Ku(изм)} = \left(\frac{K_{U_{ном(Тр)}} \cdot U_{22} - K_{U_{ном(ЭТ)}} \cdot U_{12}}{K_{U_{ном(ЭТ)}} \cdot U_{12}} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

где: U_{12} – значение вторичного напряжения, измеренное каналом 1 ВФ. в вольтах;

U_{22} – значение вторичного напряжения, измеренное каналом 2 ВФ. в вольтах;

$K_{U_{ном(Тр)}}$ – номинальный коэффициент трансформации поверяемого ТН;

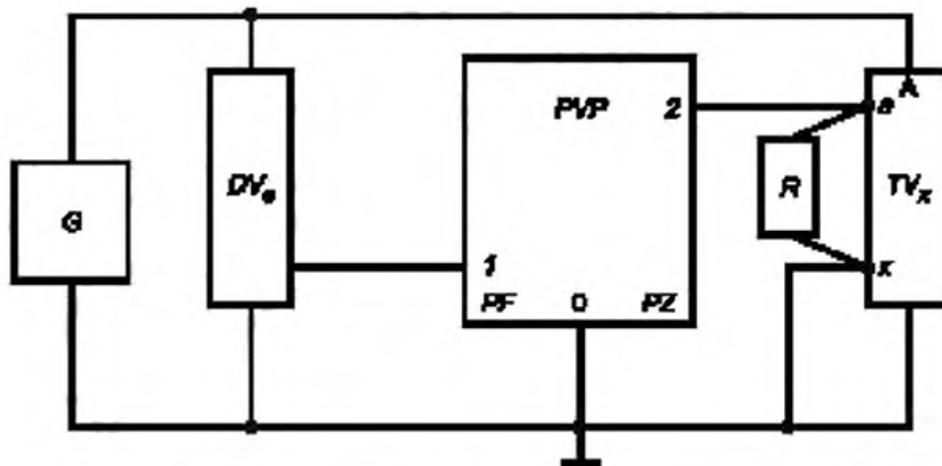
$K_{U_{ном(ЭТ)}}$ – номинальный коэффициент преобразования эталонного трансформатора (или делителя) напряжения;

- без учета погрешностей установки 3 принимают, что погрешности поверяемого трансформатора равны следующим значениям:

$$\delta_{Ku(Tp)} = \delta_{Ku(изм)}, \quad (10)$$

$$\Delta\varphi_{u(Tp)} = \Delta\varphi_{u(изм)}. \quad (11)$$

Примечание — Допускается не использовать эталонный трансформатор или эталонный делитель напряжения в случае, если диапазон первичного напряжения поверяемого трансформатора не превышает диапазона входного канала вольтфазометра, т.е. используется прямое включение.



G - источник высокого напряжения; DV_0 - эталонный делитель; R - нагрузочное устройство поверяемого трансформатора; TV_x - поверяемый трансформатор; PVP - вольтфазометр; PF - функция измерения частоты входного напряжения; PZ - функция измерения нелинейных искажений

Фигура 6

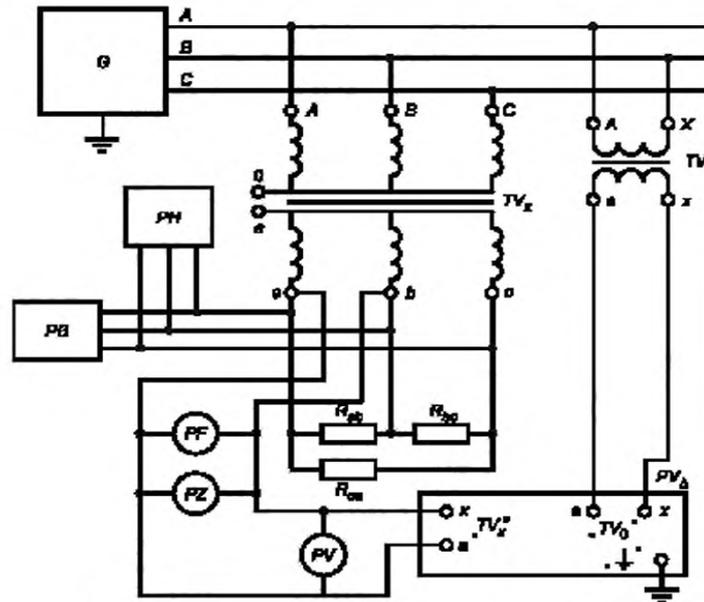
d) *Определение погрешностей поверяемого трехфазного трансформатора с использованием установки 2*

Поверку проводят в следующей последовательности:

- собирают схему согласно рисунку 7;
- устанавливают на нагрузочных устройствах R_{ab} , R_{bc} и R_{ca} значения мощности нагрузок $0,25S_{ном_{ab}}$, $0,25S_{ном_{bc}}$ и $0,25S_{ном_{ca}}$ соответственно, где $S_{ном_{ab}}$, $S_{ном_{bc}}$, $S_{ном_{ca}}$ – номинальные значения мощностей нагрузок основных вторичных обмоток на выводах a и b , b и c , c и a ;
- подготавливают средства поверки к работе в соответствии с НД;
- включают источник трехфазной системы напряжений. При наличии в приборе сравнения сигнализации неправильного включения проверяют правильность обозначения выводов и групп соединений обмоток поверяемого трансформатора, измеряют коэффициент обратной последовательности напряжений источника измерителем не симметрии PB ;
- проверяют порядок чередования фаз фазоуказателем PH и отключают его;
- повышают напряжение на выходе источника до значения $0,8U_{1ном}$;
- напряжение U_1 , контролируют вольтметром PV ;
- контроль частоты осуществляют частотомером PF ;
- контроль формы кривой осуществляют измерителем нелинейных искажений PZ ;
- проводят измерения в соответствии с НД на прибор сравнения;
- устанавливают на источнике симметричной системы трехфазных напряжений значения напряжений $U_{1ном}$ и $1,2U_1$ и проводят измерения;
- устанавливают на нагрузочных устройствах Z_{ab} , Z_{bc} , Z_{ca} значения мощностей нагрузок $S_{ном_{ab}}$, $S_{ном_{bc}}$, $S_{ном_{ca}}$ соответственно и повторяют все предыдущие операции;
- переключают прибор сравнения с выводов a и b на выводы b и c трансформатора, а эталонный трансформатор – с линейного напряжения U_{ab} на линейное напряжение U_{bc} и повторяют измерения;
- переключают прибор сравнения с выводов b и c на выводы c и a трансформатора, а эталонный трансформатор – с линейного напряжения U_{bc} на линейное напряжение U_{ca} и повторяют измерения

- принимают, что погрешности поверяемого трансформатора равны значениям в соответствии с формулами (3) и (4).

Примечание — Допускается определение погрешностей поверяемого трехфазного ТН с использованием установок 1 и 3 при соблюдении вышеизложенных правил и правил, приведенных в п. 14, а) и с) соответственно.

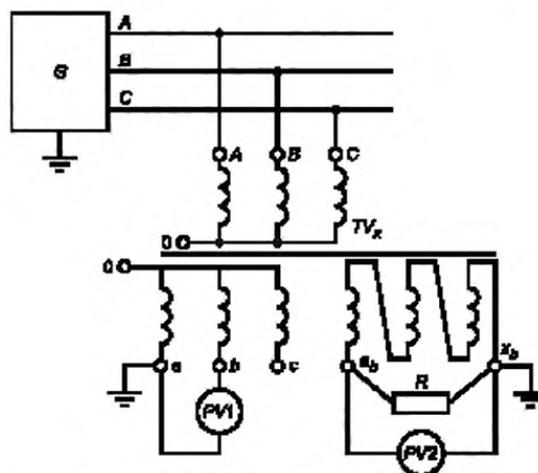


G - источник трёхфазной системы напряжений; *TV_x* - поверяемый трансформатор; *TV₀* - эталонный трансформатор; *PH* - фазоуказатель; *PB* - измеритель не симметрии; *PZ* - измеритель нелинейных искажений, *PF* - частотомер. *PV* - вольтметр с пределом измерения 160 В {подключается в случае отсутствия встроенного вольтметра в приборе сравнения); ~ нагрузочные устройства поверяемого трансформатора; *PV_A* - прибор сравнения

Фигура 7

е) Определение напряжения на дополнительной обмотке трехфазных трансформаторов:

- собирают схему согласно рисунку 8;
- устанавливают необходимое значение мощности нагрузки;
- устанавливают номинальное значение первичного напряжения поверяемого трансформатора, контролируя его по вольтметру *PV1*;
- по вольтметру *PV2* определяют напряжение на выводах разомкнутого треугольника, образованного дополнительными вторичными обмотками, значение которого не должно превышать 3 В.



TV_x - поверяемый трансформатор *G* - источник трёхфазной системы напряжений; *PV1* - вольтметр с пределом измерения 150 В; *PV2* - вольтметр с пределом измерения 5-7 В; *R* - нагрузочное устройство дополнительной обмотки

Фигура 8

11) Погрешности трансформаторов не должны превышать допустимых погрешностей, указанных в настоящей норме и в стандартах SM SR EN 61869-1:2014, SM SR EN 61869-3:2014

ХII. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОГО МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

15. Результаты поверки вносят в протокол поверки, форма которого представлена в Приложении А.

16. В случае признания средства измерений годным к использованию, выдаётся свидетельство о поверке в соответствии с Постановлением Правительства № 1042/2016 г., Приложение 2.

17. В случае признания средства измерения негодным к использованию, выдаётся свидетельство о непригодности в соответствии с Постановлением Правительства № 1042/2016 г., Приложение 2.

**Приложение А
(обязательное)**

Форма протокола метрологической поверки

(наименование организации, проводившей поверку)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____

от « _____ » _____ 20 ____ г.

Наименование организации (заказчик) _____
(наименование организации, юридический адрес, телефон)

Трансформатор напряжения	_____	Номинальное вторичное напряжение	_____
Заводской №	_____	Номинальная мощность нагрузки	_____
Класс точности	_____	Номинальная частота	_____
Номинальное первичное напряжение	_____		
Предприятие-изготовитель	_____		
Место установки	_____		

Эталонные средства поверки

Наименование	Тип	Заводской №	Класс точности	Дата калибровки

Условия поверки:

температура окружающей среды, °С:	_____	напряжение питания сети, В:	_____
влажность воздуха, %:	_____	частота питания сети, Гц:	_____
атмосферное давление, кПа или мм рт. ст.:	_____	коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %:	_____

1. Внешний осмотр соответствует: да нет

2. Проверка правильности обозначения выводов и групп соединений обмоток соответствует: да нет

3. Определение погрешностей

Таблица 1 – При использовании установки 1 (УП1)

Фаза	$U_1/U_{ном}$ %	S, ВА	Отсчётные данные высоковольтного моста (ВМ)				Неопределённость установки 1		Погрешность ТН с учётом (без учёта) установки 1	
			При первом уравнивании (этап 1)		При втором уравнивании (этап 2)					
			M_{K1}	φ_1	M_{K2}	φ_2	$\delta'_{Ku(УП)}$	$\Delta\varphi'_{u(УП)}$	$\delta'_{Ku(Тр)}$	$\Delta\varphi'_{u(Тр)}$
				срад (мин)		срад (мин)		срад (мин)		срад (мин)

Приложение А
(обязательное)
(продолжение)

Таблица 2 – При использовании установки 2 (УП2)

Фаза	$U_1/U_{\text{НОМ}}$ %	S, ВА	Отсчётные данные прибора сравнения (ПС)		Неопределённость установки 2		Погрешность ТН с учётом (без учёта) установки 2	
			$\delta'_{K_u(\text{ПС})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{ПС})}$	$\delta'_{K_u(\text{УП})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{УП})}$	$\delta'_{K_u(\text{Тр})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{Тр})}$
			%	срад (мин)	%	срад (мин)	%	срад (мин)

Таблица 3 – При использовании установки 3 (УП3)

Фаза	$U_1/U_{\text{НОМ}}$ %	S, ВА	Отсчётные данные прибора сравнения (ПС)				Неопределённость установки 3		Погрешность ТН с учётом (без учёта) установки 3	
			Канал 1		Канал 2		$\delta'_{K_u(\text{УП})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{УП})}$	$\delta'_{K_u(\text{Тр})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{Тр})}$
			U_{12}	$\varphi_{1/2}$	U_{22}	$\varphi_{2/1}$				
			В	срад (мин)	В	срад (мин)	%	срад (мин)	%	срад (мин)

Таблица 4 – Форма протокола для трёх- и четырёхобмоточных ТН

Фаза	$U_1/U_{\text{НОМ}}$ %	S, ВА	Отсчётные данные прибора сравнения (ПС)		Неопределённость установки 2		Погрешность ТН с учётом (без учёта) установки 2	
			$\delta'_{K_u(\text{ПС})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{ПС})}$	$\delta'_{K_u(\text{УП})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{УП})}$	$\delta'_{K_u(\text{Тр})}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{Тр})}$
			%	срад (мин)	%	срад (мин)	%	срад (мин)

Заключение:

соответствует:

да нет

Поверитель:

(имя, фамилия)

(подпись)

**Приложение Б
(обязательное)**

Неопределенность эталонных поверочных установок 1, 2, 3

Таблица В.1 — Неопределенность установок с учетом значений их погрешности в зависимости от пределов допускаемой основной погрешности поверяемого ТН

Неопределенность измерения поверяемого трансформатора			Неопределенность установки с учетом систематических значений погрешностей			Неопределенность погрешности при передаче единиц размера установке		
напряжения, $\delta_{Ku(Tr)}$	угла фазового сдвига, $\Delta\varphi_{u(Tr)}$		напряжения, $\delta_{Ku(УП)}$	угла фазового сдвига, $\Delta\varphi_{u(УП)}$		напряжения, $\delta_{Ku(Эт)}$	угла фазового сдвига, $\Delta\varphi_{u(Эт)}$	
	%	срад		мин	%		срад	мин
±0,005	±0,009	±0,3	±0,0025	±0,0045	±0,15	±0,0008	±0,0015	±0,03
±0,01	±0,015	±0,5	±0,005	±0,0075	±0,25	±0,0016	±0,0025	±0,1
±0,02	±0,03	±1,0	±0,01	±0,015	±0,5	±0,003	±0,005	±0,15
±0,05	±0,09	±3,0	±0,025	±0,045	±1,5	±0,008	±0,015	±0,3
±0,1	±0,15	±5,0	±0,05	±0,09	±3,0	±0,015	±0,03	±1,0
±0,2	±0,3	±10,0	±0,1	±0,15	±5,0	±0,03	±0,05	±1,5

Таблица В.2 — Неопределенность установок без учета систематических значений ее погрешности в зависимости от класса точности поверяемого ТН

Класс точности поверяемого трансформатора	Неопределенность установки без учета систематических значений		
	напряжения, $\delta_{Ku(УП)}$	угла фазового сдвига, $\Delta\varphi_{u(УП)}$	
		%	срад
0,05	±0,015	±0,03	±1,0
0,1	±0,025	±0,045	±1,5
0,2	±0,05	±0,09	±3,0
0,5	±0,15	±0,15	±5,0
1,0	±0,25	±0,30	±10,0
3,0	±0,50	±0,60	±20,0