

СОГЛАСОВАНО

**Технический директор
ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»**



П. С. Казаков

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Трансформаторы тока LMZH-252

Методика поверки

МП-НИЦЭ-020-24

г. Москва

2024 г.

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ | 3 |
| 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 3 |
| 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ..... | 3 |
| 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ | 3 |
| 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ..... | 4 |
| 6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ | 5 |
| 7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ..... | 5 |
| 8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ | 6 |
| 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ..... | 9 |
| 10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ | 10 |

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на трансформаторы тока LMZH-252 (далее – трансформаторы), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «ТУРБОАГРЕГАТ ИНЖИНИРИНГ» (ООО «ТУРБОАГРЕГАТ ИНЖИНИРИНГ») на производственной площадке XI'AN XD HIGH VOLTAGE APPARATUS CO., LTD., Китай, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость трансформатора к ГЭТ 152-2023 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июля 2023 года № 1491.

1.3 Поверка трансформатора должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.4 Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки, – метод сличения с помощью компаратора.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, предъявляемые к трансформаторам в соответствии с классами точности, приведенными в Приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции поверки | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | |
|---|--|--|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр средства измерений | 7 | Да | Да |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | 8 | Да | Да |
| Проверка сопротивления изоляции | 8.2 | Да | Да |
| Размагничивание | 8.3 | Да | Да |
| Проверка полярности (проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов) | 8.4 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 9 | Да | Да |
| Определение токовой и угловой погрешностей | 9.1 | Да | Да |

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

– температура окружающей среды плюс (25 ± 10) °С;

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, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

4.3 Количество специалистов, осуществляющих поверку, в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки – не менее 1.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|--|---|
| Основные средства поверки | | |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда по Приказу Росстандарта от 21.07.2023 г. № 1491, в диапазоне преобразований силы переменного тока от $0,01 \cdot I_{ном}$ до $1,2 \cdot I_{ном}$ | Трансформатор тока измерительный переносной «ТТИП», исполнение ТТИП-5000/5, рег. № 39854-08 |
| р. 9 Определение метрологических характеристик | Прибор сравнения вторичных токов с номинальными значениями 1 и 5 А, с допускаемой погрешностью по току в пределах от $\pm 0,02\%$ до $\pm 0,3\%$ и по фазовому углу от $\pm 1,0'$ до $\pm 6,0'$. | Прибор для измерения электроэнергетических величин и показателей качества электрической энергии Энергомонитор-3.3Т, рег. № 31953-06 |
| р. 9 Определение метрологических характеристик | Диапазон воспроизведения нагрузки от 2,5 до 30 В·А, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения $\pm 5\%$ | Магазин нагрузок МР 3027, рег. № 34915-07 |
| Вспомогательные средства поверки | | |
| п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от $+10\text{ }^\circ\text{C}$ до $+35\text{ }^\circ\text{C}$, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ | Термогигрометр электронный «CENTER», модели 313, рег. № 22129-09 |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Диапазон измерений сопротивления изоляции до 50 МОм, пределы погрешности $\pm(0,03 \cdot R_{изм} + 20 \text{ е.м.р.})$ | Установка для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803, рег. № 50682-12 |
| р. 9 Определение метрологических характеристик | Диапазон воспроизведения силы переменного тока свыше 20 до 3600 А, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения $\pm 10\%$ | Установка измерительная для нагрузки первичным током РЕТОМ TM -30КА, рег. № 34958-07 |

| | | |
|--|--|--|
| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Источник тока, обеспечивающий диапазон регулирования от 1 % до 120 % номинального тока поверяемого трансформатора тока и установку этого тока с погрешностью, не выходящей за пределы $\pm 10\%$. | Источник тока регулируемый ИТ5000 |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Диапазон измерений силы переменного тока от 0,01 до 1 А. Диапазон измерений напряжения переменного тока от 0 до 1000 В | Мультиметры 3458А, рег. № 25900-03 |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Измерение напряжения переменного тока до 4,5 кВ | Киловольтметр спектральный цифровой КВЦ-120, рег. № 41104-09 |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Сопротивление 250 Ом, пределы погрешности $\pm 10\%$, мощность не менее 250 Вт. | Резистор |
| р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Диапазон регулирования напряжения переменного тока от 0 до 250 В. | Автотрансформатор ЛАТР TDGC2-10 |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, а также другое вспомогательное оборудование, удовлетворяющее техническим требованиям, указанным в таблице. | | |

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей». Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые трансформаторы и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Трансформатор допускается к дальнейшей поверке, если:

– контактные зажимы или выводы первичной и вторичной обмоток должны быть исправлены и снабжены маркировкой;

- отдельные части трансформатора должны быть прочно закреплены;
- корпус трансформатора не должен иметь дефектов;
- на маркировочной табличке трансформатора должны быть четко указаны его паспортные данные;
- наличие эксплуатационной документации в соответствии с комплектностью.

Примечание – При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются, и трансформатор допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, трансформатор к дальнейшей поверке не допускается.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию на поверяемый трансформатор и на применяемые средства поверки;
- перед проведением поверки трансформатор выдержать на месте поверки не менее двух часов и подготовить его к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией;
- подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий поверки на соответствие требованиям, указанным в разделе 3, с помощью оборудования, указанного в таблице 2.

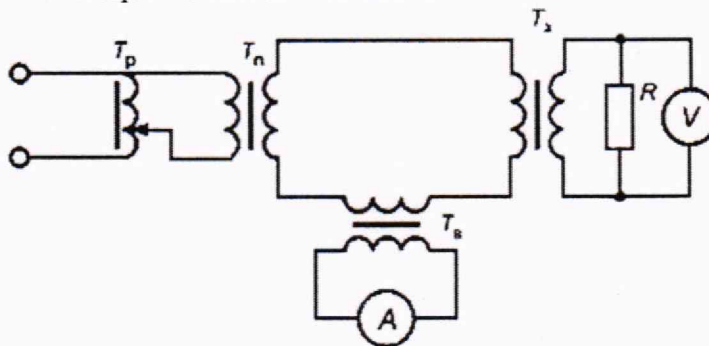
8.2 Проверка сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции обмоток трансформатора проверяют для каждой обмотки между соединенными вместе контактными выводами обмоток и корпусом при помощи установки для проверки параметров электрической безопасности.

Результат проверки считать положительным, если сопротивление изоляции вторичных обмоток трансформаторов не менее 50 МОм.

8.3 Размагничивание

8.3.1 Схема размагничивания приведена на рисунке 1. Размагничивание проводят на переменном токе при частоте 50 Гц. Трансформаторы с номинальной частотой свыше 50 Гц допускается размагничивать при номинальной частоте.



Тр – регулирующее устройство (автотрансформатор); Тп – понижающий силовой трансформатор; Тх – поверяемый трансформатор; Тв – вспомогательный трансформатор; R – резистор
Рисунок 1 – Пример схемы размагничивания трансформаторов тока

У трансформаторов с несколькими вторичными обмотками, каждая из которых размещена на отдельном магнитопроводе, размагничивают каждый магнитопровод. Допускается размагничивание различных магнитопроводов выполнять одновременно.

8.3.2 Трансформаторы размагничивают одним из указанных ниже способов.

Первый способ. Вторичную обмотку замыкают на резистор мощностью не менее 250 Вт и сопротивлением, Ом, рассчитываемым (с отклонением в пределах $\pm 10\%$) по формуле (1):

$$R = \frac{250}{I_{\text{НОМ}}^2}, \quad (1)$$

где, $I_{\text{НОМ}}$ – номинальный вторичный ток поверяемого трансформатора, А.

Если поверяемый трансформатор имеет несколько вторичных обмоток, каждая из которых расположена на своем магнитопроводе, то обмотки, расположенные на остальных магнитопроводах, замыкают накоротко.

Через первичную обмотку пропускают номинальный ток, затем плавно (в течение одной-двух минут) уменьшают его до значения, не превышающего 2 % от номинального.

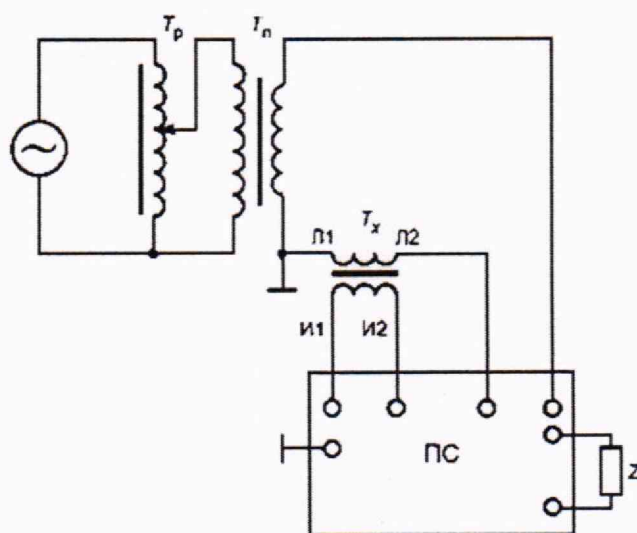
Второй способ. Через первичную обмотку трансформатора тока при разомкнутой вторичной обмотке пропускают ток, равный 10 % от номинального значения первичного тока, затем плавно снижают его до значения, не превышающего 0,2 % от номинального.

Третий способ. Через вторичную обмотку трансформатора тока при разомкнутой первичной обмотке пропускают ток, равный 10 % от номинального значения вторичного тока, затем плавно снижают его до значения, не превышающего 0,2 % от номинального.

Трансформатор допускается к дальнейшей поверке, если при токе в первичной обмотке, составляющем 10 % от номинального значения, амплитудное напряжение на вторичной обмотке превышает 75 % от напряжения, 4,5 кВ, то размагничивание начинают при меньшем значении тока, при котором напряжение, индуцируемое (8.3.2, второй способ) или прикладываемое к вторичной обмотке (8.3.2, третий способ), не превышает указанного.

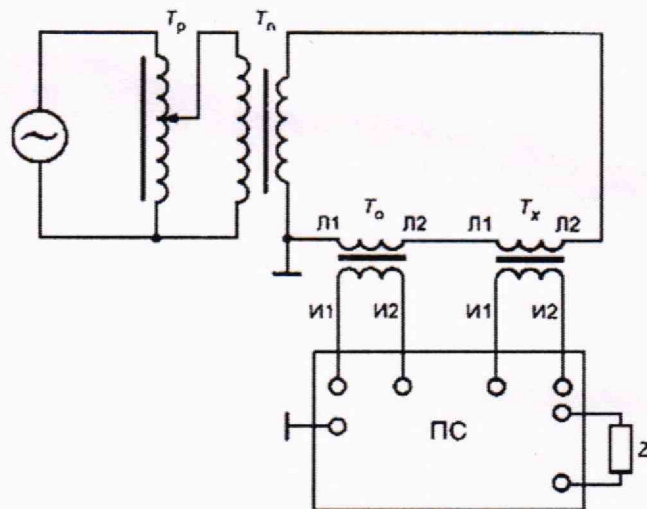
8.4 Проверка полярности (Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов)

Схемы проверки приведены на рисунках 2-4. Правильность обозначения контактных зажимов и выводов определяют по схеме проверки, выбранной для определения погрешностей по п. 9.1 Методики поверки.



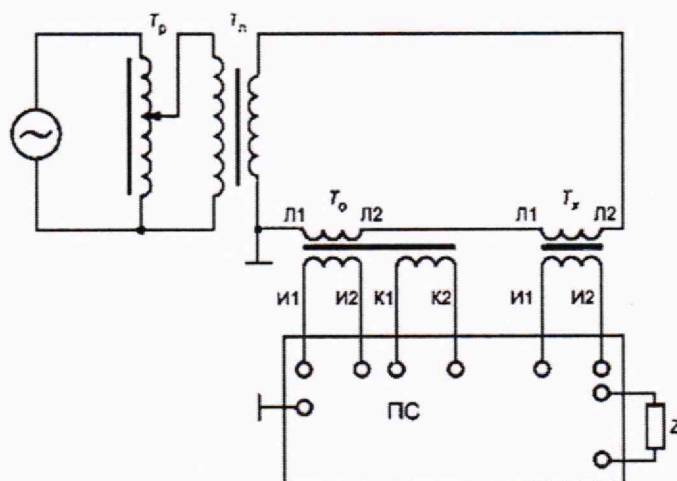
~ – сеть (генератор); T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_x – поверяемый трансформатор тока; L_1, L_2 – контактные зажимы первичной обмотки; I_1, I_2 – контактные зажимы вторичной обмотки; Z – нагрузка; ПС – прибор сравнения

Рисунок 2 – Схема поверки с использованием компаратора первичного и вторичного токов



~ – сеть (генератор); T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_o – рабочий эталон; T_x – поверяемый трансформатор тока; Л1, Л2 – контактные зажимы первичной обмотки; И1, И2 – контактные зажимы вторичной обмотки; Z – нагрузка; ПС – прибор сравнения

Рисунок 3 – Схема поверки с использованием рабочего эталона и прибора сравнения (компаратора вторичных токов)



~ – сеть (генератор); T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_o – рабочий эталон; T_x – поверяемый трансформатор тока; Л1, Л2 – контактные зажимы первичной обмотки; И1, И2 – контактные зажимы вторичной обмотки; К1, К2 – контактные зажимы дополнительной вторичной обмотки; Z – нагрузка; ПС – прибор сравнения

Рисунок 4 – Схема поверки с использованием рабочего эталона, выполненного по схеме двухступенчатого трансформатора тока

Испытуемый трансформатор и рабочий эталон включают в соответствии с маркировкой контактных зажимов по выбранной схеме поверки (см. рисунки 2-4). Затем плавно увеличивают первичный ток до значения, составляющего 5 %-10 % от номинального.

В случае правильной маркировки выводов на приборе сравнения токов можно определить соответствующие значения погрешностей испытуемого трансформатора тока. При неправильном обозначении контактных зажимов и выводов или неисправности поверяемого трансформатора тока срабатывает защита в приборе сравнения токов. В этом случае трансформатор дальнейшим испытаниям не подлежит и к применению не допускается.

Примечание – Допускается проводить проверку правильности обозначения выводов другими методами (например, метод с использованием гальванометра и источника постоянного напряжения).

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение токовой и угловой погрешностей.

9.1.1 Токовые и угловые погрешности трансформаторов тока определяют дифференциальным (нулевым) методом в соответствии с рисунками 2-4 при значениях первичного тока и нагрузки, указанных в 9.1.2. Соединение приборов для измерительной схемы по рисункам 2-4 осуществляют в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации применяемого прибора сравнения токов. Номинальное значение нагрузки устанавливают до начала измерений. Последовательность выполнения измерений - от минимального значения тока с последующим его увеличением до максимального.

Значения относительной токовой погрешности поверяемого трансформатора тока в процентах и абсолютной угловой погрешности $\Delta\varphi$ в минутах принимают равными значениям токовой и угловой погрешностей, отсчитываемым по шкалам прибора сравнения токов.

9.1.2 Погрешности определяют:

а) для трансформаторов классов 0,2S выпускаемых по ГОСТ 7746-2015, - при значениях первичного тока, составляющих 1; 5; 20; 100 и 120 % от номинального значения, и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока 100 % или 120 % от номинального значения и нагрузке, равной нижнему пределу диапазона нагрузок, установленному для соответствующих классов точности;

б) для трансформаторов классов 0,2 выпускаемых по ГОСТ 7746-2015, - при значениях первичного тока, составляющих 5; 20; 100 и 120 % от номинального значения, и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока 100 % или 120 % от номинального значения и нагрузке, равной нижнему пределу диапазона нагрузок, установленному для соответствующих классов точности;

в) для трансформаторов классов точности 10PR, выпускаемых по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015, - при номинальном токе и номинальной нагрузке.

Примечания:

1) Допускается заменять номинальную нагрузку на нагрузку, превышающую номинальную, но не более чем на 25 %, а нагрузку, соответствующую нижнему пределу диапазона нагрузок, - на любую нагрузку, не превышающую этого предела, вплоть до нулевого значения. Если при изменении нагрузки погрешности трансформаторов тока превысят предельно допускаемые значения, проводят повторное определение погрешностей при нагрузках, равных номинальной и нижнему пределу диапазона нагрузок.

2) Расчет токовой погрешности δ_f , %, при различии вторичных токов эталонного и поверяемого трансформаторов, производится по формуле (2):

$$\delta_f = \frac{K_{\text{ИПТ}} \cdot -K_{\text{ИЭТ}} \cdot I_{\text{ИЗМ2}}}{K_{\text{ИЭТ}} \cdot I_{\text{ИЗМ1}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где, $K_{\text{ИПТ}}$ – коэффициент масштабного преобразования поверяемого трансформатора;

$K_{\text{ИЭТ}}$ – коэффициент масштабного преобразования эталонного трансформатора;

$I_{\text{ИЗМ1}}$ – измеренное значение силы вторичного переменного тока, поступившего от поверяемого трансформатора на прибор сравнения, А;

$I_{\text{ИЗМ2}}$ – измеренное значение силы вторичного переменного тока, поступившего от эталонного трансформатора на прибор сравнения, А.

Трансформатор подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения токовой и угловой погрешностей не превышают пределов, указанных в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета

| Класс точности | Первичный ток, % номинального значения | Предел допускаемой погрешности | | Диапазон вторичной нагрузки, % номинального значения |
|----------------|--|--------------------------------|------------|--|
| | | токовой, % | угловой, ' | |
| 0,2 | 5 | ±0,75 | ±30 | 25-100 |
| | 20 | ±0,35 | ±15 | |
| | 100-120 | ±0,2 | ±10 | |
| 0,2S | 1 | ±0,75 | ±30 | |
| | 5 | ±0,35 | ±15 | |
| | 20 | ±0,2 | ±10 | |
| | 100 | ±0,2 | ±10 | |
| | 120 | ±0,2 | ±10 | |

Таблица 4 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты

| Класс точности | Предел допускаемой погрешности | | |
|----------------|--------------------------------|--------------|---|
| | при номинальном первичном токе | | при токе номинальной предельной кратности |
| | токовой, % | угловой, ' | полной, % |
| 10P и 10PR | ±3,0 | не нормируют | 10,0 |

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки трансформатора подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца трансформатора или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда трансформатор подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) нанесением на трансформатор знака поверки, и (или) внесением в паспорт трансформатора записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

10.3 По заявлению владельца трансформатора или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда трансформатор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством.

10.4 Протоколы поверки трансформаторов оформляются по произвольной форме.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные метрологические характеристики трансформаторов

Таблица А.1 – Основные метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение |
|---|-------------------|
| Номинальное напряжение $U_{\text{НОМ}}$, кВ | 245 |
| Номинальная частота, Гц | 50 |
| Номинальный первичный ток $I_{1\text{НОМ}}$, А | от 2000 до 3000 |
| Номинальный вторичный ток $I_{2\text{НОМ}}$, А | 1 |
| Количество вторичных обмоток для измерений | до 2 |
| Количество вторичных обмоток для защиты | от 2 до 3 |
| Класс точности вторичных обмоток: - для измерений по ГОСТ 7746-2015 - для защиты по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 | 0,2; 0,2S 10PR |
| Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности ($\cos \varphi$) активно-индуктивной нагрузки 0,8, В·А | от 10 до 30 |
| Номинальная предельная кратность вторичных обмоток для защиты | 30 |
| Номинальный коэффициент безопасности приборов вторичных обмоток для измерений | 5 |