ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70507.2— 2024

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Часть 2

Технические условия на трансформаторы тока

(IEC 61869-2:2012, NEQ)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Эльмаш (УЭТМ)» (ООО «Эльмаш (УЭТМ)»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июня 2024 г. № 890-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта МЭК 61869-2:2012 «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования к трансформаторам тока» (IEC 61869-2:2012 «Instrument transformers — Part 2: Additional requirements for current transformers», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Классификация 5
5 Основные параметры 6
6 Технические требования 8
7 Требования безопасности 13
8 Правила приемки 13
9 Методы контроля 16
10 Транспортирование и хранение 21
11 Указания по эксплуатации 21
12 Гарантии изготовителя 21
Приложение А (справочное) Допускаемая область погрешностей для трансформаторов тока различных классов точности 22
Приложение Б (справочное) Методика измерения погрешностей трансформаторов тока с расширенным диапазоном рабочих токов 24
Приложение В (обязательное) Методы испытаний трансформаторов тока для защиты 26
Библиография 32

Введение

Серия стандартов под общим наименованием «Трансформаторы измерительные» состоит из следующих частей:

- часть 1. Общие технические условия[1)];
- часть 2. Технические условия на трансформаторы тока;
- часть 3. Технические условия на трансформаторы напряжения;
- часть 4. Технические условия на комбинированные трансформаторы;
- часть 5. Технические условия на емкостные трансформаторы напряжения;
- часть 6. Дополнительные общие технические условия на электронные измерительные трансформаторы;
- часть 7. Технические условия на электронные трансформаторы напряжения;
- часть 8. Технические условия на электронные трансформаторы тока;
- часть 9. Технические условия на автономные устройства сопряжения с шиной процесса;
- часть 10. Технические условия на комбинированные электронные измерительные трансформаторы;
- часть 11. Технические условия на маломощные измерительные трансформаторы (датчики);
- часть 12. Технические условия на средства измерения показателей качества электроэнергии.

[1)] Дополнительные технические условия к трансформаторам конкретных видов устанавливаются в соответствующих частях.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Часть 2

Технические условия на трансформаторы тока

Instrument transformers. Part 2. Requirements for current transformers

Дата введения — 2024—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на трансформаторы тока на напряжение от 3 до 750 кВ, предназначенные для применения в электрических цепях переменного тока частотой 50 или 60 Гц, с целью передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, релейной защиты и автоматики, сигнализации и управления, разработанным после 1 августа 2024 г.

Настоящий стандарт не распространяется на лабораторные, суммирующие, блокирующие и насыщающиеся трансформаторы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.217 Государственная система обеспечения единства измерений. Трансформаторы тока. Методика поверки

ГОСТ 6827 (МЭК 59 (1938)) Электрооборудование и приемники электрической энергии. Ряд номинальных токов

ГОСТ 8024 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний

ГОСТ 9920 (МЭК 694—80, МЭК 815—86) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции

ГОСТ 15150 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ Р 52565 Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия

ГОСТ Р 70507.1—2024 Трансформаторы измерительные. Часть 1. Общие технические условия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 70507.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **трансформатор тока для защиты класса точности Р:** Трансформатор тока для защиты, для которого нормируемая полная погрешность соблюдается для значений токов до величины предельной кратности при отсутствии апериодической составляющей в токе короткого замыкания и остаточного намагничивания (остаточного потокосцепления) сердечника трансформатора тока (при значениях всех прочих параметров, соответствующих номинальным данным).

Примечание — Трансформатор тока данного класса точности может не обеспечивать правильную работу защит в переходных режимах при коротком замыкании при наличии апериодической составляющей и остаточного намагничивания сердечника трансформатора тока.

3.1.2 **трансформатор тока для защиты класса точности PR:** Трансформатор тока для защиты, для которого требование ограничения остаточного потокосцепления задано, а предел полной погрешности определяется действующим значением периодической составляющей тока короткого замыкания при значениях всех прочих параметров, соответствующих номинальным данным.

3.1.3 **трансформатор тока для защиты класса точности TPY:** Трансформатор тока для защиты, для которого задано требование ограничения остаточного потокосцепления, а предел допускаемой погрешности при протекании тока короткого замыкания в переходном режиме определяется пиковым значением мгновенной погрешности.

Примечание — Трансформатор тока данного класса точности полностью трансформирует апериодическую составляющую во вторичную цепь.

3.1.4 **трансформатор тока для защиты класса точности TPE:** Трансформатор тока для защиты, для которого предел допускаемой погрешности при протекании тока короткого замыкания в переходном режиме определяется пиковым значением мгновенной погрешности.

Примечание — Класс точности TPE задается для электронных трансформаторов тока.

3.1.5 **трансформатор тока для защиты класса точности TPZ:** Трансформатор тока для защиты, для которого задано требование ограничения остаточного потокосцепления, а предел допускаемой погрешности при протекании тока короткого замыкания в переходном режиме определяется амплитудой периодической составляющей тока погрешности в переходном режиме.

Примечание — Трансформатор тока данного класса точности ограничивает трансформацию апериодической составляющей во вторичную цепь.

3.1.6 **предельная кратность:** Значение кратности первичного тока, при котором полная погрешность не превышает полной погрешности, заданной классом точности.

3.1.7 **номинальная предельная кратность $К_{ном}$:** Значение предельной кратности при номинальной вторичной нагрузке, указанное изготовителем.

3.1.8 **максимальная предельная кратность $К_{max}$:** Наибольшее значение предельной кратности при номинальной вторичной нагрузке.

Примечание — Максимальная предельная кратность определяется как произведение номинальной предельной кратности и максимального коэффициента переходного режима $K_{п.р\ max}$ по формуле

$$К_{max} = К_{ном} \cdot K_{п.р\ max}. \quad (1)$$

3.1.9 **номинальный коэффициент безопасности $K_{б.ном}$:** Значение кратности первичного тока, при котором полная погрешность трансформатора, предназначенного для измерения при номинальной вторичной нагрузке, превышает 10 %.

3.1.10 **постоянная времени вторичного контура T_s:** Постоянная времени контура, образуемого вторичной обмоткой трансформатора тока и присоединенной к ней внешней электрической цепью, определяемая отношением суммарной индуктивности намагничивания и рассеяния вторичной обмотки и индуктивности нагрузки к суммарному активному сопротивлению нагрузки и вторичной обмотки.

Примечание — Индуктивность вторичной обмотки состоит из индуктивности, определяемой параметрами магнитопровода (индуктивность намагничивания), и индуктивности рассеяния обмотки. При измерениях, выполняемых на выводах вторичной обмотки при разомкнутой первичной обмотке, измеряемой величиной является их сумма. Однако при конструкторских расчетах трансформатора их вычисляют раздельно, по разным методикам.

В большинстве случаев индуктивностью рассеяния можно пренебречь, но возможность такого пренебрежения следует проверять в каждом конкретном случае.

3.1.11 **вольтамперная характеристика;** ВАХ: Зависимость между действующими значениями тока намагничивания и напряжения.

3.1.12 **потокосцепление насыщения Ψ_{sat}:** Максимальное значение магнитного потока, соответствующее насыщению материала магнитопровода, умноженное на число витков обмотки.

3.1.13 **остаточное потокосцепление Ψ_r:** Значение потокосцепления, определяемое магнитным потоком, остающимся в магнитопроводе после отключения тока с амплитудным значением, обеспечивающим потокосцепление насыщения Ψ_{sat}.

3.1.14 **коэффициент остаточной намагниченности K_r:** Отношение остаточного потокосцепления Ψ_r к потокосцеплению насыщения Ψ_{sat}, выраженному в процентах.

3.1.15 **нормированный цикл:** Одно или несколько протеканий токов короткого замыкания через трансформатор тока с нормируемыми длительностями протекания и пауз.

3.1.16 **номинальная постоянная времени затухания апериодической составляющей первичного тока $T_{a\ ном}$:** Постоянная времени затухания апериодической составляющей первичного тока, при которой в течение времени $t'_{нас}$ и $t''_{нас}$ [1)] в нормированном цикле соблюдаются требования к точности трансформатора тока в переходном режиме короткого замыкания.

3.1.17 **ток погрешности i_ε:** Разность между мгновенными значениями вторичного тока, умноженного на номинальный коэффициент трансформации, и первичного тока.

3.1.18 **погрешность трансформатора в переходном режиме ε_{max}:** Максимальное мгновенное значение тока погрешности в течение времени $t'_{нас}$ и $t''_{нас}$* в нормированном цикле, выраженное в процентах от амплитудного значения периодической составляющей тока, протекающего в первичной цепи.

3.1.19 **погрешность периодической составляющей тока в переходном режиме $\varepsilon_{ac\ max}$:** Амплитуда периодической составляющей тока погрешности переходного режима, выраженная в процентах от амплитудного значения периодической составляющей тока, протекающего в первичной цепи.

3.1.20 **переходный коэффициент $K_{п.р}(t)$:** Зависимость, характеризующая изменение во времени отношения мгновенного значения потокосцепления при наличии апериодической составляющей к амплитудному значению потокосцепления, соответствующего току погрешности при токе, не содержащем апериодической составляющей.

Примечание — Переходный коэффициент численно равен отношению мгновенного значения тока погрешности при наличии апериодической составляющей к амплитудному значению тока погрешности при токе, не содержащем апериодической составляющей.

3.1.21 **номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р\ ном}$:** Коэффициент, равный отношению потокосцепления, соответствующего напряжению намагничивания, к потокосцеплению, соответствующему току погрешности при токе номинальной предельной кратности, не содержащем апериодической составляющей.

Примечание — Коэффициент характеризует предел допустимого увеличения потокосцепления (до начала насыщения) в результате наличия апериодической составляющей в токе короткого замыкания.

3.1.22 **максимальный коэффициент переходного режима $K_{п.р\ max}$:** Коэффициент, равный отношению потокосцепления насыщения, к потокосцеплению, соответствующему току погрешности при токе номинальной предельной кратности, не содержащем апериодической составляющей.

3.1.23 **напряжение намагничивания $U_{нам}$:** Действующее значение напряжения на выводах вторичной обмотки при протекании по ней тока намагничивания.

3.1.24 **расчетное значение напряжения намагничивания $U_{нам.расч}$:** Напряжение, рассчитанное при номинальном значении тока намагничивания.

3.1.25 **ток намагничивания:** Действующее значение тока, протекающего во вторичной обмотке трансформатора тока при синусоидальном напряжении номинальной частоты, приложенном ко вторичным выводам, причем первичная и остальные обмотки разомкнуты.

3.1.26 **номинальный вторичный ток намагничивания $I_{2нам}$:** Действующее значение тока намагничивания, равное действующему значению тока погрешности при токе предельной кратности, при прочих номинальных параметрах.

[1)] Только при работе трансформатора тока в циклах АПВ.

Примечание — Для трансформаторов, предназначенных для работы в переходных режимах короткого замыкания, — действующее значение тока намагничивания, амплитудное значение которого равно максимальному мгновенному значению тока погрешности переходного режима при прочих номинальных параметрах.

3.1.27 **перегрузочная способность:** Ограниченная по времени (превышающая номинальную) токовая нагрузка, которая допустима по условиям нагрева.

3.1.28 **ток номинальной предельной кратности:** Действующее значение периодической составляющей тока короткого замыкания соответствующей номинальной предельной кратности.

3.2 В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

T_s — постоянная времени вторичного контура;

$T_{s\,ном}$ — номинальная постоянная времени вторичного контура;

T_a — постоянная времени затухания апериодической составляющей первичного тока;

$T_{a\,ном}$ — номинальная постоянная времени затухания апериодической составляющей первичного тока;

L_m — индуктивность намагничивания;

L_2 — индуктивность рассеяния;

$L_н$ — индуктивность нагрузки;

R_s — сопротивление вторичного контура постоянному току;

R_2 — сопротивление вторичной обмотки постоянному току;

$Z_{2ном}$ — сопротивление вторичной нагрузки постоянному току;

φ_2 — фазовый угол вторичной нагрузки;

$S_{2ном}$ — номинальная вторичная нагрузка;

Z_{2SUM} — полное сопротивление вторичного контура;

ω — угловая частота;

Ψ_{sat} — потокосцепление насыщения;

Ψ_r — остаточное потокосцепление;

$U_{нам}$ — напряжение намагничивания;

$U_{нам.расч}$ — расчетное значение напряжения намагничивания;

ε — полная погрешность;

ε_{max} — погрешность переходного режима;

$\varepsilon_{ac\,max}$ — погрешность периодической составляющей тока в переходном режиме;

i_2 — мгновенное значение вторичного тока;

i_1 — мгновенное значение первичного тока;

i_ε — мгновенное значение тока погрешности;

$i_{\varepsilon\,max}$ — максимальное значение мгновенного тока погрешности;

$i_{\varepsilon ac\,max}$ — амплитуда периодической составляющей тока погрешности;

$i_д$ — ток электродинамической стойкости;

$I_{1ном}$ — номинальный первичный ток трансформатора тока;

$I_{2ном}$ — номинальный вторичный ток трансформатора тока;

$I_{1н.р}$ — наибольший рабочий первичный ток;

$I_{к.з.эфф}$ — действующее значение первичного тока короткого замыкания;

$I_т$ — ток термической стойкости;

$I_{2нам}$ — расчетный ток намагничивания;

I_1 — действующее значение периодической составляющей первичного тока;

$I_{1исп}$ — действующее значение периодической составляющей испытательного первичного тока;

$n_{ном}$ — номинальный коэффициент трансформации;

$K_{ном}$ — номинальная предельная кратность;

$K_{б.ном}$ — номинальный коэффициент безопасности;

$K_{п.р.ном}$ — номинальный коэффициент переходного режима;

$K_д$ — кратность тока электродинамической стойкости;

$K_т$ — кратность тока термической стойкости;

K_r — коэффициент остаточной намагниченности;

$t_к$ — время протекания тока короткого замыкания, при определении динамической и термической стойкости;

$t_{к.з}$ — длительность протекания тока короткого замыкания без автоматического повторного включения (АПВ);

$t_{к.з1}$ — время протекания тока в первом коротком замыкании в цикле с АПВ;

$t_{к.з2}$ — время протекания тока во втором коротком замыкании в цикле с АПВ;

$t_{бт}$ — бестоковая пауза между двумя короткими замыканиями при АПВ;

$t'_{нас}$ — время до насыщения трансформаторов тока при первом коротком замыкании;

$t''_{нас}$ — время до насыщения трансформаторов тока при втором коротком замыкании;

A — коэффициент, учитывающий соотношение между максимально допустимыми параметрами трансформатора тока и реальными параметрами в месте его установки;

a — расстояние между осями проводников соседних фаз в месте установки трансформатора в эксплуатации;

b — расстояние в свету от трансформатора до места ближайшего изгиба проводника, служащего в эксплуатации первичной обмоткой трансформатора;

АПВ — автоматическое повторное включение;

КЗ — короткое замыкание;

ТТ — трансформатор тока;

ТТИ — трансформатор тока испытуемый;

ТТО — трансформатор тока образцовый;

ТТПИ — трансформатор тока промежуточный, находящийся в цепи испытуемого трансформатора тока;

ТТПО — трансформатор тока промежуточный, находящийся в цепи образцового трансформатора тока.

4 Классификация

4.1 Классификация ТТ — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 4.1, с учетом дополнительных условий, приведенных в 4.1.1 и 4.1.2.

4.1.1 По назначению вторичных обмоток — в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Обозначение трансформаторов по назначению вторичных обмоток

Назначение вторичной обмотки трансформатора	Условное обозначение
Для измерений	Класс точности
Для защиты[1)]	Класс точности
[1)] Здесь и далее под словом «защита» подразумеваются все виды устройств релейной защиты и сетевой автоматики по правилам [1].	

4.1.2 По особенностям конструктивного исполнения — в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 — Обозначение трансформаторов по особенностям конструктивного исполнения

Конструктивное исполнение трансформаторов	Условное обозначение
Шинный	Ш
Разъемный	Р
Опорный	О
Проходной (втулочный)	П

4.2 Условное обозначение трансформатора



Пример условного обозначения опорного ТТ серии ТРГ, обозначение изготовителя — ХХХ, с газовой изоляцией типа ТРГ-110, категории исполнения по длине пути утечки внешней изоляции II*, имеющего обмотку для измерения класса точности 0,2, три обмотки для защиты классов точности 5Р, на наибольший рабочий ток 1800 А (номинальный ток 1200 А, с длительно допустимой перегрузкой 50 %), предназначенного для эксплуатации в районах с умеренным климатом, категории размещения 1

ТРГ-ХХХ-110 II-0,2/5Р/5Р/5Р-1800 У1*

5 Основные параметры

Значения основных параметров по ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 5 со следующими дополнительными параметрами, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 — Основные параметры

Наименование параметра	Значение
1 Номинальный первичный ток трансформатора, А[1), 2)]	Устанавливают в нормативных документах на ТТ конкретных типов
2 Номинальный вторичный ток, А[2)]	1, 5
3 Наибольший рабочий первичный ток, А	Устанавливают в нормативных документах на ТТ конкретных типов по 6.8

Окончание таблицы 3

Наименование параметра	Значение
4 Номинальная вторичная нагрузка с коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 1$, В · А[2)]	0,5; 1; 2; 2,5
5 Номинальная вторичная нагрузка с индуктивно-активным коэффициентом мощности $\cos \varphi_2 = 0{,}8$, В · А[2)] Примечание — Соответствующие значения номинальной вторичной нагрузки, Ом, определяют по формуле $Z_{2ном} = \frac{S_{2ном}}{I^2_{2ном}}$	3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100
6 Класс точности ТТ или вторичной обмотки[3)]: - для измерений - для защиты	 0,1; 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1; 3; 5; 10 5P, 10P, 5PR, 10PR, TPY, TPZ, TPE
7 Номинальная предельная кратность вторичных обмоток для защиты $K_{ном}$[2)]	От 5 до 30
8 Номинальный коэффициент безопасности вторичных обмоток для измерений $K_{б.ном}$[2)]	От 5 до 30. Не устанавливают для вторичных обмоток, сочетающих назначение для измерения и защиты
9 Номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$[2), 3)] для ТТ классов точности TPY, TPE, TPZ	От 1 до 10
10 Нормированный цикл: Для работы ТТ без циклов АПВ: $t_{к.з}$, мс $t'_{нас}$, мс	 До 1000 От 5 до 30
Для работы ТТ в циклах АПВ: $t_{к.з1} - t_{бт} - t_{к.з2}$, $t'_{нас}$, $t''_{нас}$, $t_{к.з1}$, $t_{к.з2}$, мс $t_{бт}$, мс $t'_{нас}$, $t''_{нас}$, мс где $t'_{нас}$, $t''_{нас}$ — больше или равно минимально необходимого времени достоверного измерения значения тока, при котором обеспечивается правильная работа функций РЗ, реализованных в устройстве РЗА, в переходных режимах, сопровождающихся насыщением ТТ в первом и во втором КЗ соответственно	 До 1000 Не менее 300[4)] От 5 до 30
11 Номинальная постоянная времени затухания апериодической составляющей первичного тока $T_{a\ ном}$[2)], мс	От 10 до 120
12 Номинальная постоянная времени вторичного контура при номинальной нагрузке T_{snom} для обмоток классов точности 5PR, 10PR, TPY, TPZ	Устанавливают в нормативных документах на ТТ конкретных типов

[1)] Рекомендуется выбирать в соответствии с ГОСТ 6827.

[2)] По требованию заказчика в нормативных документах на ТТ конкретных типов допускается устанавливать другие значения.

[3)] Допускается для одного ТТ или одной обмотки присвоение классов точности для измерения и для защиты.

[4)] Минимальная бестоковая пауза по ГОСТ Р 52565.

6 Технические требования

6.1 Общие требования — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 6.1.

6.2 Требования по стойкости к внешним воздействиям окружающей среды — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 6.2.

6.3 Требования по сейсмостойкости — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 6.3.

6.4 Требования к изоляции — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 6.4, с учетом требований, приведенных в 6.4.1—6.4.4.

6.4.1 Изоляция вторичных обмоток ТТ с напряжением намагничивания, равным 1,8 кВ и выше, должна выдерживать напряжение промышленной частоты 5 кВ в течение 1 мин.

6.4.2 Междувитковая изоляция вторичных обмоток ТТ должна выдерживать без пробоя или повреждения в течение 1 мин индуктируемое в них напряжение при протекании по первичной обмотке тока, при этом амплитуда напряжения между выводами разомкнутой вторичной обмотки не должна превышать предельных значений:

1) 4,5 кВ — для ТТ напряжением намагничивания ниже 1,8 кВ;

2) 10 кВ — для ТТ напряжением намагничивания, равным 1,8 кВ и выше.

Значение тока в первичной обмотке принимают равным номинальному, если не достигнуто предельное значение амплитуды напряжения между выводами разомкнутой вторичной обмотки, или меньше номинального и соответствующим предельному значению амплитуды напряжения между выводами разомкнутой вторичной обмотки.

6.4.3 При стандартных атмосферных условиях по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 6.2.3, значение сопротивления изоляции обмоток ТТ должно быть не менее:

а) 1000 МОм — для первичных обмоток ТТ на номинальные напряжения 3—35 кВ;

б) 3000 МОм — для первичных обмоток ТТ на номинальные напряжения 110—220 кВ;

в) 5000 МОм — для первичных обмоток ТТ на номинальные напряжения 330 кВ и выше;

г) 50 МОм — для вторичных обмоток ТТ.

6.4.4 Допускается не проводить проверку уровня частичных разрядов при приемо-сдаточных испытаниях газонаполненных ТТ без элементов твердой изоляции, находящихся под рабочим напряжением.

6.5 Сопротивление первичных и вторичных обмоток постоянному току — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.5.

6.6 Требования в части радиопомех — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.6.

6.7 Требования к метрологическим характеристикам

6.7.1 Метрологические характеристики — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.7 со следующим дополнительным условием — размеры первичного токоведущего контура — значения размеров *a* и *b* в соответствии с указанными в нормативных документах на ТТ конкретных типов.

Примечание — Для ТТ, применяемых в комплектных распределительных устройствах и комплектных распределительных устройствах с элегазовой изоляцией, размеры *a* и *b* должны быть указаны в руководстве по эксплуатации.

6.7.2 Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений в рабочих условиях применения по 6.7.1 при установившемся режиме должны соответствовать значениям, указанным в таблице 4.

Таблица 4 — Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности			Диапазон вторичной нагрузки, % номинального значения[1)]
		токовой f_i, %	угловой δ		
			мин	срад	
0,1	0,1[2)]	±1,6	±60	±1,8	25—100
	5	±0,4	±15	±0,45	
	20	±0,2	±8	±0,24	
	100—120	±0,1	±5	±0,15	
	200[2)]	±0,1	±5	±0,15	

Окончание таблицы 4

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности			Диапазон вторичной нагрузки, % номинального значения[1)]
		токовой f_i, %	угловой δ		
			мин	срад	
0,2	0,1[2)] 5 20 100—120 200[2)]	±3,0 ±0,75 ±0,35 ±0,2 ±0,2	±120 ±30 ±15 ±10 ±10	±3,6 ±0,9 ±0,45 ±0,3 ±0,3	25—100
0,2S	0,1[2)] 1 5 20 100 120 200[2)]	±1,5 ±0,75 ±0,35 ±0,2 ±0,2 ±0,2 ±0,2	±60 ±30 ±15 ±10 ±10 ±10 ±10	±1,8 ±0,9 ±0,45 ±0,3 ±0,3 ±0,3 ±0,3	25—100
0,5	0,1[2)] 5 20 100—120 200[2)]	±6 ±1,5 ±0,75 ±0,5 ±0,5	±360 ±90 ±45 ±30 ±30	±10,8 ±2,7 ±1,35 ±0,9 ±0,9	
0,5S	0,1[2)] 1 5 20 100 120 200[2)]	±3 ±1,5 ±0,75 ±0,5 ±0,5 ±0,5 ±0,5	±180 ±90 ±45 ±30 ±30 ±30 ±30	±5,4 ±2,7 ±1,35 ±0,9 ±0,9 ±0,9 ±0,9	
1	0,1[2)] 5 20 100—120 200[2)]	±12,0 ±3,0 ±1,5 ±1,0 ±1,0	±720 ±180 ±90 ±60 ±60	±21,6 ±5,4 ±2,7 ±1,8 ±1,8	
3	50—120	±3,0	Не нормируют		50—100
5		±5,0			
10		±10			

[1)] Для ТТ с номинальными вторичными нагрузками 2; 2,5; 3; 5 и 10 В · А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 1 В · А. Для ТТ с номинальной вторичной нагрузкой 1 В · А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 0,5 В · А.

[2)] Значения для расширенных диапазонов токов.

Примечание — Допускаемые области погрешностей для различных классов точности приведены в приложении А.

Допускается для ТТ устанавливать диапазон вторичной нагрузки, отличающийся от указанного в таблице 4, их значения должны быть указаны в эксплуатационной документации.

6.7.3 Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты в рабочих условиях применения по 6.7.1 при установившемся и переходном режимах при номинальной вторичной нагрузке должны соответствовать указанным в таблице 5.

Таблица 5 — Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты

Класс точности	Коэффициент остаточной намагниченности K_r %, не более	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности				
			при номинальном первичном токе			при токе номинальной предельной кратности (полной) ε, %	при переходном режиме, %
			токовой f_i, %	угловой δ			
				мин	срад		
5P	Не нормируют	10[1)] 100	±1	±60	±1,8	5	Не нормируют
5PR	10	10[1)] 100	±1	±60	±1,8	5	Не нормируют
10P	Не нормируют	10[1)] 100	±3	Не нормируют	Не нормируют	10	Не нормируют
10PR	10	10[1)] 100	±3	Не нормируют	Не нормируют	10	Не нормируют
TPY, TPE	10	10[1)] 100	±1	±60	±1,8	10	$\varepsilon_{max} \le 10$
TPZ	10	10[1)] 100	±1	180 ± 18	5,3 ± 0,6	10	$\varepsilon_{ac\ max} \le 10$

[1)] Значения для расширенных диапазонов токов.

Примечание — Допускаемые области погрешностей для различных классов точности приведены в приложении А.

6.7.4 Для ТТ с ответвлениями класс точности, номинальная нагрузка и номинальный коэффициент безопасности или номинальная предельная кратность, а для ТТ, предназначенных для работы в переходных режимах, также коэффициент переходного режима должны быть указаны для каждого ответвления в эксплуатационной документации на конкретный тип ТТ.

Для ТТ, у которых изменение коэффициента трансформации достигается последовательно-параллельным соединением секций первичной обмотки, дополнительно указывают все значения номинальных первичных токов с указанием первичного тока, для которого был предназначен ТТ на предприятии-изготовителе. По требованию заказчика могут быть предоставлены зависимости класса точности, коэффициента безопасности/номинальной предельной кратности от мощности нагрузки обмоток.

Для ТТ с классом точности 5PR, 10PR, TPY, TPZ, в эксплуатационной документации должны быть указаны L_m, L_2, Ts и K_r.

В технической документации на ТТ 6 кВ и выше, предназначенных для установки в цепях генерирующего оборудования электростанций и иных ТТ 35 кВ и выше должны быть представлены зависимости класса точности, коэффициента безопасности/номинальной предельной кратности от мощности вторичной нагрузки.

Если ТТ или вторичной обмотке одновременно присвоены классы точности для измерения и для защиты, то в обозначении указывают оба класса точности. В этом случае сначала указывают класс точности для измерения, а в скобках класс точности для защиты, например 0,5 (5P).

Для ТТ с расширенным диапазоном номинальных первичных токов к обозначению класса точности добавляется символ «*», например, 0,5*.

6.7.5 Значение напряжения намагничивания

6.7.5.1 Напряжение намагничивания, определяемое при значении тока намагничивания по формуле (2), должно быть меньше расчетного напряжения намагничивания по формуле (3) для измерительных ТТ и больше расчетного напряжения для ТТ для защиты:

$$I_{2нам} = \frac{I_{2ном} \cdot K}{100} \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

$$U_{нам.расч} = I_{2ном} \cdot K \cdot Z_{2sum}, \quad (3)$$

где K = $K_{б.ном}$, обмоток для измерения;

K = $K_{ном}$, обмоток для защиты классов точности Р;

K = $K_{ном} \cdot K_{п.р.ном}$ обмоток для защиты, классов точности 5PR, 10PR, TPY, TPE (при использовании в качестве первичного датчика индуктивный ТТ), TPZ;

ε — для обмоток для защиты принимается в соответствии с таблицей 5, обмоток для измерения, принимается равной 10 %;

Z_{2sum} — полное сопротивление вторичного контура, определяемое по формуле

$$Z_{2sum} = \sqrt{(R_2 + Z_{2ном}\cos\phi_2)^2 + (\omega L_2 + Z_{2ном}\sin\phi_2)^2}. \quad (4)$$

Допускается при расчетах не учитывать значение ωL_2, в случае если ωL_2 не превышает 10 % от $Z_{2ном} \sin \varphi_2$.

6.7.5.2 В технической документации на ТТ 35 кВ и выше, а также на ТТ 6 кВ и выше, предназначенные для установки в цепях генерирующего оборудования электростанций, должны быть представлены ВАХ в табличном или графическом виде с указанием не менее двух контрольных точек. По требованию заказчика может быть предоставлена ВАХ для других ТТ.

6.7.5.3 Фактические значения напряжения и тока намагничивания вторичных обмоток должны быть указаны в паспорте на ТТ.

6.7.5.4 Схема испытаний должна быть указана в нормативных документах на ТТ конкретных типов.

6.7.6 Значение коэффициента остаточной намагниченности указывают в паспорте для ТТ для защиты.

6.8 Требование к нагреву — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.8 со следующими дополнительными условиями:

а) наибольший рабочий первичный ток должен быть равен номинальному первичному току или больше номинального первичного тока на 20 %;

б) ТТ с наибольшим рабочим первичным током, равным номинальному первичному току, должны выдерживать повышение первичного тока на 20 % суммарной продолжительностью не более 2 ч в неделю;

в) для ТТ с обмотками, имеющими различные номинальные первичные токи, наибольший рабочий первичный ток ТТ устанавливают по наименьшему значению номинального первичного значения тока обмотки с учетом длительного перегрева;

г) для ТТ на напряжение 110 кВ и выше в эксплуатационной документации следует указывать величину его перегрузочной способности длительностью 10 с, 1 мин, 20 мин в зависимости от температуры наружного воздуха в диапазоне от минус 5 °С до плюс 40 °С с шагом 5 °С. Повторная перегрузка допускается только после возвращения ТТ к номинальным параметрам температуры (требуемое время для возвращения к номинальным параметрам температуры может быть определено по постоянной времени нагрева, приведенной изготовителем). Предел допускаемой погрешности для данного режима не нормируется.

6.9 Требования к стойкости при токах короткого замыкания

6.9.1 ТТ должны быть устойчивыми к электродинамическому и термическому воздействиям токов КЗ, параметры которых не превышают установленных значений:

а) тока электродинамической стойкости $i_д$ или его кратности $К_д$ по отношению к амплитуде номинального первичного тока;

б) тока термической стойкости $I_т$ или его кратности $К_т$ по отношению к номинальному первичному току;

в) времени протекания тока КЗ $t_к$, равного 3 с.

6.9.2 Значения тока электродинамической стойкости $i_д$ и тока термической стойкости $I_т$ должны соответствовать следующему условию:

$$i_д = \left(1 + e^{-\frac{1}{2f_{ном} \cdot T_a}}\right) \cdot \sqrt{2} \cdot I_т. \quad (5)$$

Примечание — Для ТТ, для которых постоянная времени первичного тока T_a не задана, она принимается равной 0,045 с.

6.9.3 В технической документации на ТТ конкретных типов и эксплуатационной документации должны быть указаны: значение тока термической стойкости или его кратность к номинальному току, время протекания тока, а также значение тока электродинамической стойкости или его кратность к амплитуде номинального первичного тока.

6.9.4 К шинным, встроенным и разъемным ТТ требование по электродинамической стойкости не предъявляют.

6.10 Обозначение выводов обмоток

Выводы первичных и вторичных обмоток и вторичные обмотки ТТ следует обозначать в соответствии с таблицей 6.

Линейные выводы первичной обмотки, а также соответствующие им стороны шинных, встроенных и разъемных ТТ, не имеющих собственной первичной обмотки, обозначают $Л_1$ и $Л_2$.

Обозначения наносят таким образом, чтобы в один и тот же момент времени выводы $Л_1$, $Н_1$, ..., $Н_n$ и $И_1$, ..., $И_n$ имели одинаковую полярность, т. е. чтобы при направлении тока в первичной обмотке от $Л_1$, $Н_1$, ..., $Н_n$ к $К_1$, $К_2$, ...$К_n$, $Л_2$ вторичный ток проходил по внешней цепи (приборам) от $И_1$ к $И_2$, …, $И_n$.

Маркировка выводов выполняется от более высокого класса точности к более низкому. Выводам обмотки высшего класса точности присваивается цифровой индекс меньшего значения.

Обозначения выполняют прописными буквами русского алфавита в сочетании с цифрами. Цифры располагают в одну строку с буквами (например, Л1) или в индексе (например, $Л_1$).

Допускается использовать обозначения латинскими буквами, например для вторичных обмоток S_1—S_2, для первичных обмоток P_1—P_2.

Таблица 6 — Обозначения выводов и обмоток ТТ

<table>
<tr><td>Обмотка ТТ</td><td colspan="2">Обозначение выводов и обмоток</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Первичная</td><td>С одной секцией</td><td>С несколькими секциями</td></tr>
<tr><td rowspan="3">$Л_1$——$Л_2$</td><td>$Л_1$——$К_1$</td></tr>
<tr><td>$Н_2$——$К_2$</td></tr>
<tr><td>$Н_n$——$Л_2$</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Вторичная</td><td colspan="2">ТТ с одной вторичной обмоткой</td></tr>
<tr><td>без ответвлений</td><td>с ответвлениями</td></tr>
<tr><td>
$И_1$ $И_2$</td><td>
$И_1$ $И_2$ $И_n$</td></tr>
<tr><td colspan="2">ТТ с несколькими вторичными обмотками</td></tr>
<tr><td>без ответвлений</td><td>с ответвлениями</td></tr>
<tr><td>
$1И_1$ $1И_2$ $2И_1$ $2И_2$</td><td>
$3И_1$ $3И_2$ $3И_n$</td></tr>
</table>

6.11 Требования к конструкции — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.11.

6.12 Требования к надежности — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.12.

6.13 Комплектность — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.13.

6.14 Маркировка — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.14. При этом на табличке технических данных дополнительно должны быть указаны следующие параметры:

а) номер вторичной обмотки (только для ТТ с двумя или более вторичными обмотками);

б) номинальный коэффициент трансформации обмоток (в виде отношения номинальных первичных и вторичных токов).

Примечания

1 Для ТТ, у которых коэффициент трансформации изменяется путем изменения числа витков первичных обмоток, номинальные первичные токи указывают через тире «—», например 300—600—1200/5 А.

2 Для ТТ, у которых коэффициент трансформации изменяется путем изменения числа витков вторичных обмоток, номинальные первичные токи указывают через косую черту, например 300/600/1200/5 А;

в) класс точности для вторичных обмоток согласно 6.7;

г) номинальный коэффициент безопасности $K_{б.ном}$ (для вторичных обмоток, предназначенных для измерения);

д) значение номинальной предельной кратности $K_{ном}$ (для вторичных обмоток, предназначенных для защиты);

е) номинальная вторичная нагрузка $S_{2ном}$ или $Z_{2ном}$, В·А или Ом;

ж) номинальный коэффициент переходного режима $K_{п.р.ном}$ (для классов точности TPY, TPE, TPZ).

Для ТТ с ответвлениями на вторичных обмотках метрологические параметры указывают для каждого ответвления.

При недостатке места на табличке допускается данные наносить в сочетании и последовательности согласно нижеприведенному примеру.

Пример — Маркировка ТТ:

5P/30 10 (номинальный класс точности 5P, номинальная вторичная нагрузка 30 В · А, номинальная предельная кратность 10);

0,5/20 10 (номинальный класс точности 0,5, номинальная вторичная нагрузка 20 В · А, номинальный коэффициент безопасности 10);

0,5(10PR)/20 20 (номинальный класс точности для измерения 0,5 и для защиты 10PR номинальная вторичная нагрузка 20 В · А, номинальная предельная кратность 20).

6.15 Упаковка — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 6.15.

7 Требования безопасности

Требования безопасности — в соответствии с ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 7.

8 Правила приемки

Правила приемки — в соответствии с ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 8. При этом для ТТ устанавливают испытания по таблице 7.

Таблица 7 — Испытания для ТТ

Наименование испытания и проверки	Необходимость проведения испытаний				Технические требования	Метод контроля
	в целях утверждения типа	квалификационных	приемо-сдаточных	периодических		
1 Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа	+	+	+	+	6.1; 6.10[1)]	По 9.1[1)]
2 Испытание электрической прочности изоляции первичной обмотки одноминутным напряжением промышленной частоты	–	+	+	+	6.4.1[1)]	По 9.2.1[1)]
3 Испытание электрической прочности изоляции первичной обмотки одноминутным напряжением промышленной частоты газонаполненных ТТ при давлении газа, равном атмосферному	–	+	–	–	6.4.9[1)]	По 9.2.10[1)]
4 Испытание электрической прочности изоляции напряжениями грозовых импульсов	–	+	–	–	6.4.1[1)]	По 9.2.1[1)]

Продолжение таблицы 7

Наименование испытания и проверки	Необходимость проведения испытаний				Технические требования	Метод контроля
	в целях утверждения типа	квалификационных	приемосдаточных	периодических		
5 Испытание электрической прочности изоляции первичной обмотки ТТ номинальным напряжением 330 кВ и выше напряжением коммутационного импульса	–	+	–	–	6.4.1[1)]	По 9.2.1[1)]
6 Испытание внутренней изоляции первичной обмотки маслонаполненных ТТ на стойкость к тепловому пробою	–	О	–	–	6.4.2[1)]	По 9.2.2[1)]
7 Испытания электрической прочности изоляции вторичных обмоток одноминутным напряжением промышленной частоты	–	+	+	+	6.4.3[1)] и 6.4	По 9.2.3[1)] и 9.2[2)]
8 Измерение сопротивления изоляции обмоток	–	+	+	+	6.4.4[1)]	По 9.2.4[1)]
9 Испытание изоляции первичной обмотки маслонаполненных ТТ номинальным напряжением 330 кВ и выше многократными срезанными импульсами	–	О	–	–	6.4.5[1)]	По 9.2.5[1)]
10 Измерение уровня частичных разрядов	–	+	+	+	6.4.6[1)]	По 9.2.6[1)]
11 Измерение тангенса угла диэлектрических потерь масляной и маслобарьерной изоляции первичной обмотки ТТ	–	+	+	+	6.4.7[1)]	По 9.2.7[1)]
12 Испытание масла масляных ТТ:						
- определение пробивного напряжения	–	+	+	+	6.4.7[1)]	По 9.2.8[1)]
- определение тангенса угла диэлектрических потерь масла	–	+	+	+	6.4.7[1)]	По 9.2.8[1)]
- определение влаго- и газосодержания (хроматографический анализ)	–	+	–	–	6.11.2.1[1)]	–
13 Проверка длины пути утечки внешней изоляции	–	+	–	–	6.4.8[1)]	По 9.2.9[1)]
14 Измерение сопротивления первичных и вторичных обмоток постоянному току	+	+	+	+	6.5[1)]	По 9.5[1)]
15 Испытание внешней изоляции в отношении уровня радиопомех	–	+	–	–	6.6[1)]	По 9.3[1)]
16 Определение количественной утечки газа газонаполненных ТТ	–	+	+	+	6.11.4.2[1)]	По 9.4[1)]
17 Испытание маслонаполненных ТТ на герметичность	–	+	+	+	6.11.3.1[1)]	По 9.6[1)]
18 Испытания на устойчивость к воздействию климатических факторов внешней среды	+	+	–	О	6.2.1[1)]	По 9.7[1)]

Окончание таблицы 7

Наименование испытания и проверки	Необходимость проведения испытаний				Технические требования	Метод контроля
	в целях утверждения типа	квалификационных	приемо-сдаточных	периодических		
19 Испытания на устойчивость к воздействию механических факторов	–	+	–	–	6.2.5[1)]	По 9.7[1)]
20 Испытание на прочность при транспортировании	–	+	–	–	6.15.2; 10.1[1)]	По 9.8[1)]
21 Испытание упаковки на сбрасывание	–	+	–	–	6.15.2; 10.1[1)]	По 9.9[1)]
22 Подтверждение средней наработки до отказа[2)]	–	–	–	+	6.12.1[1)]	По 9.13[1)]
23 Испытание на степень защиты оболочек	–	+	–	–	7.3[1)]	По 9.11[1)]
24 Испытание на внутреннее дуговое КЗ ТТ	–	О	–	–	6.11.7[1)]	По 9.10[1)]
25 Испытание газонаполненных ТТ повышенным давлением	–	+	–	+	6.11.4.5[1)]	По 9.12[1)]
26 Испытание на нагрев при продолжительном режиме работы	–	+	–	–	6.8	По 9.14
27 Испытания междувитковой изоляции	–	+	+	+	6.4	По 9.2
28 Проверка полярности	+	+	+	+	6.10	По 9.15.1
29 Определение погрешностей	+	+	+	+	6.7.2; 6.7.3	По 9.15
30 Проверка предельной кратности (определение полной погрешности) вторичных обмоток для защиты	+	+	–	+	Раздел 5; 6.7.3	По 9.16
31 Проверка коэффициента безопасности вторичных обмоток для измерений	+	+	–	+	Раздел 5	По 9.16
32 Определение напряжения намагничивания вторичных обмоток (ВАХ)	+	+	+	+	6.7.5	По 9.17
33 Испытание на стойкость к токам КЗ (испытания на электродинамическую и термическую стойкость)	–	+	–	–	6.9	По 9.18
34 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r	+	+	+	+	Раздел 5	По В.1.1
35 Определение индуктивности намагничивания $L_{нам}$ и постоянной времени T_s	+	+	+	+	6.7.6	По В.1.2
36 Определение погрешности в переходном режиме КЗ	+	+	–	+	6.7.3	По В.2

[1)] Смотри соответствующие пункты ГОСТ Р 70507.1—2024.

[2)] Подтверждение средней наработки до отказа первый раз проводят через 10 лет после начала серийного производства. Затем не реже одного раза в пять лет.

Примечание — Знак «+» означает, что испытания проводят, знак «–» — не проводят, буква «О» означает, что испытание проводят, если это указано в стандарте на ТТ конкретного типа.

9 Методы контроля

9.1 Проверка на соответствие требованиям сборочного чертежа по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.1.

9.2 Испытание изоляции — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.2 и следующими дополнительными условиями испытания междувитковой изоляции:

а) при испытаниях междувитковой изоляции испытуемая вторичная обмотка должна быть разомкнута, а остальные вторичные обмотки (при наличии) — замкнуты накоротко; через первичную обмотку ТТ пропускают ток, значение которого определяют в соответствии с требованиями 6.4.4.

Примечание — Целью настоящего испытания является не воспроизведение условий работы ТТ при разомкнутой вторичной цепи, а проверка качества междувитковой изоляции, поэтому форму волны тока и напряжения не нормируют. Допускается проведение испытания при нескольких одновременно разомкнутых вторичных обмотках, если сравнительными испытаниями на одной и той же установке доказано, что результаты испытаний не ухудшаются;

б) допускается имитировать первичную обмотку ТТ одним или несколькими витками провода, при этом за номинальный первичный ток принимают такое значение, при котором сохраняется значение номинальных ампервитков;

в) индуктируемое во вторичной обмотке напряжение допускается определять:

- непосредственным измерением напряжения на выводах испытуемой вторичной обмотки;
- измерением напряжения на выводах первичной или «контрольной» обмотки, наложенной временно поверх испытуемой обмотки, и умножением измеренного значения напряжения на отношение чисел витков вторичной или контрольной и первичной обмоток;

г) первичный ток (действующее значение) следует измерять ТТ и амперметром классов точности не ниже 1.

ТТ считают выдержавшим испытание, если в процессе испытания междувитковой изоляции вторичных обмоток не произошло резкого увеличения первичного тока или уменьшения индуктируемого напряжения.

Напряжение, индуктируемое во вторичной обмотке (амплитудное значение), следует определять с погрешностью не более 10 % приборами, имеющими высокое входное сопротивление, например электронным вольтметром или электронно-лучевым, или цифровым осциллографом с делителем напряжения. Допускается использовать для измерения напряжения вольтметр, реагирующий на амплитудное значение напряжения, но градуируемый в действующих значениях синусоидальной кривой. В этом случае напряжение, показываемое прибором, должно быть умножено на $\sqrt{2}$.

Допускается вместо измерения тока ограничиваться контролем за его изменением в случае, когда определяющей величиной при испытании является амплитудное значение напряжения, и аналогично допускается вместо измерения напряжения ограничиваться контролем за его изменением в случае, когда определяющей величиной при испытании является первичный ток.

9.3 Испытание на радиопомехи — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.3.

9.4 Определение количественной утечки газа газонаполненных ТТ — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.4.

9.5 Измерение сопротивления первичных и вторичных обмоток постоянному току

9.5.1 Измерение сопротивления первичной обмотки постоянному току следует выполнять микроомметром с номинальным первичным током не менее 100 А, допускается меньшее значение тока, если номинальный ток первичной обмотки меньше 100 А. При измерении сопротивления первичной обмотки выводы вторичных обмоток должны быть замкнуты накоротко.

9.5.2 Измерение сопротивления вторичных обмоток постоянному току — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.5.

9.6 Испытание маслонаполненных ТТ на герметичность — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 9.6.

9.7 Испытания на устойчивость к воздействию климатических факторов внешней среды и механическим внешним воздействующим факторам — по ГОСТ Р 70507.1—2024, пункт 9.7.

9.8 Испытание на прочность при транспортировании — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.8.

9.9 Испытание упаковки на сбрасывание — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.9.

9.10 Испытание на внутреннее дуговое КЗ ТТ — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.10.

9.11 Испытание на степень защиты оболочек — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.11.

9.12 Испытание газонаполненных ТТ повышенным давлением — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.12.

9.13 Подтверждение средней наработки до отказа — по ГОСТ Р 70507.1—2024, подраздел 9.13.

9.14 Испытание на нагрев

9.14.1 ТТ испытывают по ГОСТ 8024 при наибольшем рабочем первичном токе.

9.14.2 Испытание проводят при нормальной температуре испытаний по ГОСТ 15150, если в нормативных документах на ТТ конкретных типов не предусмотрены иные условия.

9.14.3 При испытании ТТ, имеющих собственную первичную обмотку, ток к выводам первичной обмотки следует подводить проводами или шинами длиной не менее 1,5 м.

ТТ, предназначенные для эксплуатации с конкретным типом провода или шины, допускается испытывать без учета температуры проводников, подводящих ток к первичной обмотке. В этом случае проводники, подводящие ток при испытании, должны соответствовать условиям их эксплуатации.

9.14.4 Шинные, втулочные, встроенные и разъемные ТТ испытывают в первичном токоведущем контуре, размеры которого должны быть установлены в нормативных документах на ТТ конкретных типов.

9.14.5 ТТ с несколькими коэффициентами трансформации, получаемыми переключением секций первичной обмотки, испытывают при всех коэффициентах трансформации.

9.14.6 Вторичные обмотки ТТ при испытании должны быть замкнуты на номинальную нагрузку или накоротко.

9.14.7 Значения превышения температур обмоток ТТ на частоту 60 Гц ΔT_{60} следует корректировать следующим образом:

а) для ТТ до 1000 А или для ТТ без собственной первичной обмотки на любые номинальные токи:

$$\Delta T_{60} = 1{,}05\Delta T_{50}, \tag{6}$$

где ΔT_{50} — превышение температуры, определенное опытным путем при частоте 50 Гц;

б) для ТТ с собственной первичной обмоткой на номинальные токи свыше 1000 А:

$$\Delta T_{60} = 1{,}1\Delta T_{50}. \tag{7}$$

9.14.8 Для определения перегрузочной способности ТТ после достижения установившегося теплового режима при номинальном первичном токе, через его первичную обмотку пропускают ток такой величины, при котором в течение установленного времени по 6.8, перечисление г) превышение температуры его элементов не превысило нормируемого значения. Допускается определение перегрузочной способности первичного тока расчетным путем.

9.15 Определение погрешностей

9.15.1 Проверка полярности и определение токовых и угловых погрешностей

9.15.1.1 Проверку полярности и определение токовых и угловых погрешностей проводят на ТТ, подвергнутых размагничиванию. Методика размагничивания должна быть приведена в стандарте на ТТ конкретного типа. Проверка полярности и определение погрешностей — по ГОСТ 8.217.

Методика измерения погрешностей ТТ с расширенным диапазоном рабочих токов приведена в приложении Б.

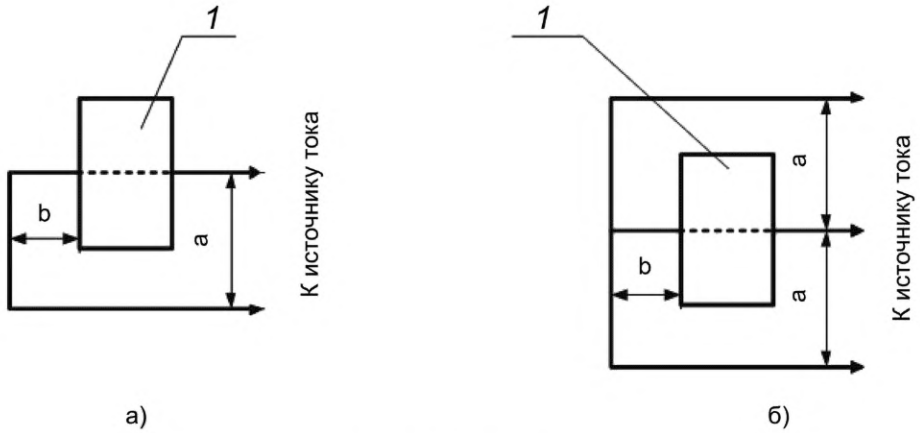
Методы определения погрешностей при значениях частот 50^{+5}_{-5} или 60^{+6}_{-6} Гц должны быть указаны в нормативных документах на ТТ конкретных типов.

9.15.1.2 Погрешность испытуемой обмотки каскадных ТТ следует определять при минимальном и максимальном значениях нагрузок, подключенных одновременно ко всем вторичным обмоткам.

9.15.1.3 При квалификационных и типовых испытаниях и в целях утверждения типа погрешности следует определять в первичном токоведущем контуре согласно рисунку 1.

Если возможности испытательной установки не позволяют обеспечить требуемые геометрические размеры *a* и *b*, то размеры *a* и *b* могут быть уменьшены до десятикратного расстояния от оси проводника с током до средней линии магнитопровода.

При приемо-сдаточных испытаниях допускается уменьшение размеров контура, если при квалификационных и типовых испытаниях или в целях утверждения типа установлено, что разница в значениях погрешностей не превышает 25 % нормируемых значений.



а) б)

1 — испытуемый *ТТ*

Рисунок 1

9.15.1.4 Погрешности шинных, втулочных, встроенных и разъемных ТТ на номинальные токи свыше 2000 А при приемо-сдаточных испытаниях допускается определять с первичной обмоткой, состоящей из нескольких витков, и при соответственно уменьшенном значении номинального тока (таким образом, чтобы значение номинальных ампервитков оставалось неизменным), если при квалификационных и типовых испытаниях или в целях утверждения типа установлено, что разница в значениях погрешностей, измеренных подобным образом и при условиях установки ТТ согласно 9.15.1.3, не превышает 25 % нормируемых значений. Месторасположение витков первичной обмотки должно быть указано в стандарте на ТТ конкретного типа.

9.15.2 При необходимости проверки стабильности метрологических характеристик в качестве критерия успешности других испытаний ее следует проводить непосредственным определением погрешностей или проверкой контрольных точек на ВАХ согласно 9.17. Значение допустимого изменения погрешностей или контрольных точек должно быть установлено в стандарте на ТТ конкретного типа.

9.15.3 При приемо-сдаточных испытаниях погрешности допускается измерять при меньшем числе значений токов и нагрузок, чем указано в 6.7, если это обосновано результатами любых из перечисленных испытаний: квалификационных, типовых, в целях утверждения типа.

9.16 Проверка предельной кратности и коэффициента безопасности

9.16.1 Проверку предельной кратности и коэффициента безопасности следует проводить по схеме, приведенной на рисунке 2.

К элементам схемы предъявляют следующие требования:

а) коэффициенты трансформации ТТПО и ТТПИ должны быть такими, чтобы выполнялось условие по формуле

$$n_О n_{ПО} = n_И n_{ПИ}, \quad (8)$$

где $n_О$ — коэффициент трансформации ТТО;

$n_{ПО}$ — коэффициент трансформации ТТПО;

$n_И$ — коэффициент трансформации ТТИ;

$n_{ПИ}$ — коэффициент трансформации ТТПИ.

Если образцовый ТТ имеет коэффициент трансформации, при котором выполняется условие $n_О = n_И n_{ПИ}$, то промежуточный ТТ в его цепи может отсутствовать;

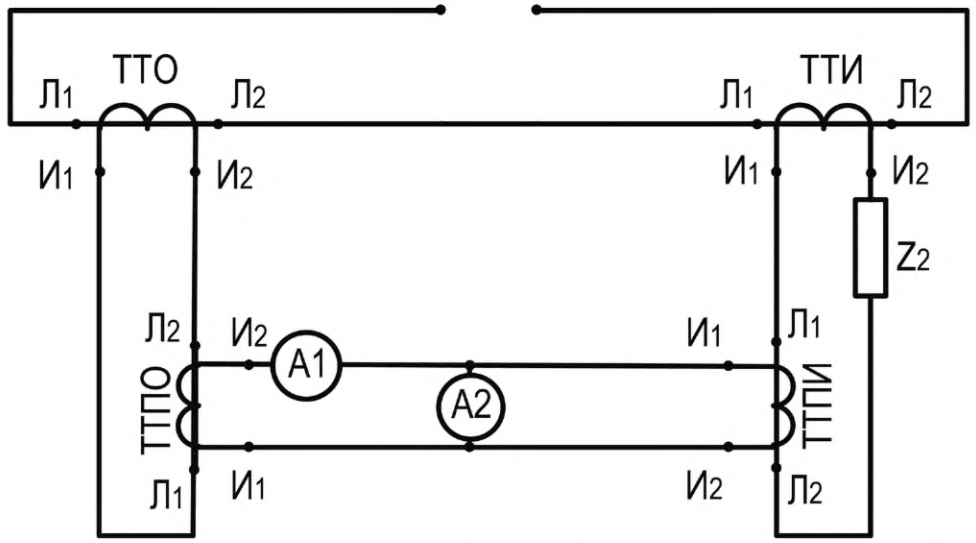
б) амперметры А1 и А2 должны измерять действующие значения тока

Амперметр А2 должен иметь малое внутреннее сопротивление.

Класс точности амперметров должен быть не ниже 1.

Класс точности промежуточных ТТ должен быть не ниже 0,5.

ТТО должен иметь класс точности не ниже 0,5 или полную погрешность не более 0,5 %;



А1 — амперметр для измерения испытательного тока; А2 — амперметр для измерения тока погрешности; Z_2 — вторичная нагрузка в цепи испытуемого ТТ

Рисунок 2

в) значение нагрузки и ее коэффициент мощности должны быть выбраны таким образом, чтобы полное сопротивление внешней вторичной цепи испытуемого ТТ (включая сопротивление проводов и промежуточного ТТ) и ее коэффициент мощности были равны заданным значениям (с точностью 5 %).

Через первичные обмотки ТТО и ТТИ пропускают ток частотой 50^{+1}_{-2} Гц практически синусоидальной формы, значение которого соответствует предельной кратности или коэффициенту безопасности. Значение первичного тока измеряют амперметром А1.

Полную погрешность ε, %, определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{I_{A2}}{I_{A1}} \cdot 100, \qquad (9)$$

где I_{A1} — ток по амперметру А1, А;

I_{A2} — ток по амперметру А2, А.

9.16.2 Если испытательная установка и/или нормируемая термическая стойкость испытуемого ТТ ограничивает длительность протекания требуемого тока, необходимую для успокоения амперметров, допускается определять ток другим способом, например осциллографированием.

Для ТТ с несколькими номинальными коэффициентами трансформации, получаемыми переключением секций первичной обмотки при неизменном значении номинальных ампервитков, полную погрешность допускается измерять при минимальном коэффициенте трансформации.

9.16.3 ТТ следует испытывать в испытательном контуре согласно рисунку 1. Если невозможно выдержать точные размеры испытательного контура при проверке предельной кратности размеры *a* и *b* не должны быть превышены, а при проверке коэффициента безопасности — должны быть не менее установленных значений.

Если испытательная установка не соответствует требуемым геометрическим размерам *a* и *b*, то они могут быть уменьшены до десятикратного расстояния от оси проводника с током до средней линии магнитопровода.

9.16.4 Предельную кратность и коэффициент безопасности допускается проверять другим способом, который должен быть установлен в стандарте на ТТ конкретного типа, если при квалификационных и типовых испытаниях или в целях утверждения типа доказано, что этот способ обеспечивает получение результатов, не менее чем при прямых испытаниях, например путем измерения напряжения намагничивания по 9.17.

9.17 Определение напряжения намагничивания

9.17.1 Перед началом определения напряжения намагничивания рекомендуется ТТ размагнитить. Методика размагничивания должна быть приведена в стандарте на ТТ конкретного типа.

9.17.2 Для определения напряжения намагничивания напряжение, приложенное ко вторичным выводам, плавно увеличивают до установления значения тока намагничивания, определяемого по формуле (2). При установившемся значении тока измеряют напряжение намагничивания $U_{нам}$ на выводах вторичной обмотки. Допускается не выполнять подъем напряжения до установившегося значения тока намагничивания, если измеренное напряжение намагничивания равно или больше расчетного.

9.17.3 Источник должен обеспечивать синусоидальную форму напряжения во всем диапазоне измеряемых токов, включая и те участки кривой намагничивания, где вследствие насыщения ТТ форма тока становится несинусоидальной. Для этого источник должен иметь достаточную мощность. Коэффициент амплитуды (отношение амплитудного значения к среднеквадратичному) напряжения источника при всех измерениях должен быть в пределах $\sqrt{2} \pm 5$ %.

9.17.4 Для измерений следует применять приборы класса точности 0,5 или более точные. Прибор измерения тока должен обеспечивать правильность измерения на нелинейном участке ВАХ вплоть до значения коэффициента амплитуды тока, равного трем. Прибор для измерения напряжения должен реагировать на средневыпрямленное значение; если прибор отградуирован в средневыпрямленных значениях, то показания прибора должны быть умножены на коэффициент 1,11, для получения действующего значения.

9.17.5 Измерение напряжения выполняется непосредственно на выводах испытуемой вторичной обмотки при разомкнутых первичной обмотке и всех остальных выводах вторичных обмоток на данном сердечнике.

9.17.6 ВАХ определятся как совокупность значений напряжений намагничивания для ряда значений токов намагничивания и приводится в табличном или графическом виде с указанием контрольных точек. Предпочтительными являются значения токов 10 %, 20 %, 80 %, 100 %, 200 % значения тока от точки перегиба (точка перегиба — изменение напряжения на 10 % приводит к увеличению тока на 50 %).

9.18 Испытание на стойкость к токам короткого замыкания

9.18.1 Испытание проводят при замкнутых накоротко вторичных обмотках и любом подходящем для опыта напряжении частотой 50^{+1}_{-5} Гц пропусканием через первичную обмотку следующих испытательных токов:

а) тока, наибольший пик которого должен быть (1,0—1,05)$i_д$, начальное действующее значение периодической составляющей которого не должно превышать (1,0—1,1)$I_т$. Время протекания тока — 3—10 полупериодов.

Увеличение наибольшего пикового значения тока и/или начального значения периодической составляющей тока допускается по согласованию с изготовителем.

При испытании шинных, втулочных, встроенных и разъемных ТТ испытания по настоящему перечислению не проводят;

б) тока $I_{1исп}$, действующее значение которого в течение времени протекания $t_н$ должно быть таким, чтобы выполнялось соотношение

$$1{,}1 I_т^2 t_к \geq I_{1исп}^2 t_и \geq I_т^2 t_к. \quad (10)$$

Если при времени протекания испытательного тока $t_и$, соответствующем времени протекания тока термической стойкости $t_к$, в результате затухания периодической составляющей тока, соотношение (9) не выполняется, допускается увеличить время протекания тока, но не более 5 с.

При наличии технических возможностей испытания по перечислениям а) и б) настоящего пункта могут быть совмещены.

Перед испытанием температура ТТ должна быть (20 ± 10) °С.

9.18.2 Испытание проводят в однофазном испытательном контуре. Размеры и конфигурация контура при испытании ТТ категорий размещения 2, 3, 4 и 5, а также расстояния от выводов первичной обмотки ТТ до ближайших точек фиксации проводников контура должны соответствовать указанным в нормативных документах на ТТ конкретных типов.

Испытание шинных, втулочных, встроенных и разъемных ТТ допускается проводить при имитации их первичной обмотки несколькими первичными витками, располагаемыми равномерно относительно вторичных обмоток.

9.18.3 ТТ считают выдержавшим испытание, если:

а) не произошло повреждений, препятствующих его дальнейшей работе;

б) после охлаждения до температуры (20 ± 10) °С ТТ выдержал испытания по пунктам 2, 7, 10 таблицы 7;

в) погрешности вторичных обмоток, измеренные после размагничивания, соответствуют установленным классам точности и не изменились по сравнению с первоначальными более чем на половину значений, установленных для этих классов точности.

В нормативных документах на ТТ конкретных типов, у которых плотность односекундного тока термической стойкости превышает значения:

а) у ТТ частотой 50 Гц:

- 160 А/мм^2 — для медных проводников;
- 105 А/мм^2 — для алюминиевых проводников;

б) у ТТ частотой 60 Гц:

- 154 А/мм^2 — для медных проводников;
- 101 А/мм^2 — для алюминиевых проводников, должны быть установлены дополнительные критерии, подтверждающие, что ТТ выдержал испытания на стойкость к токам КЗ.

10 Транспортирование и хранение

Транспортирование и хранение — по ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 10.

11 Указания по эксплуатации

Указания по эксплуатации — по ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 11.

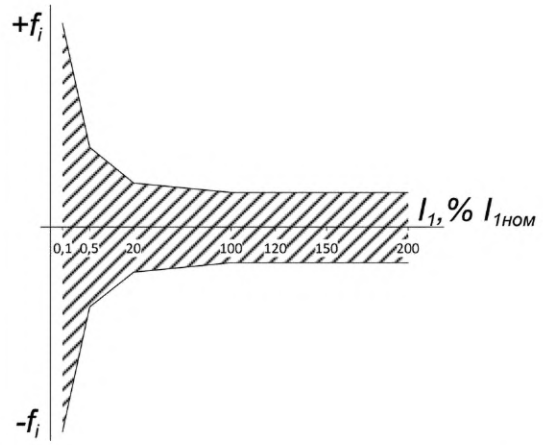
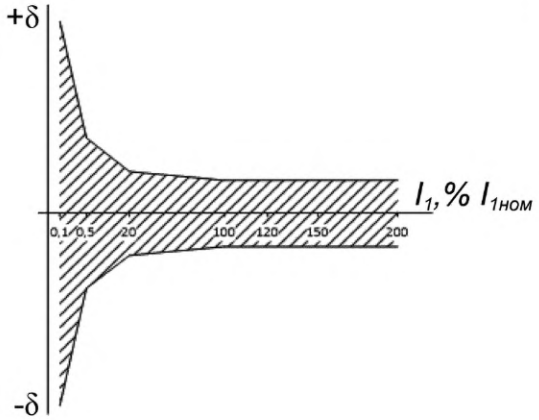
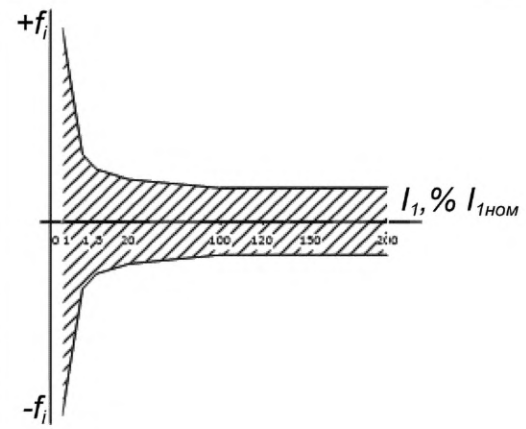
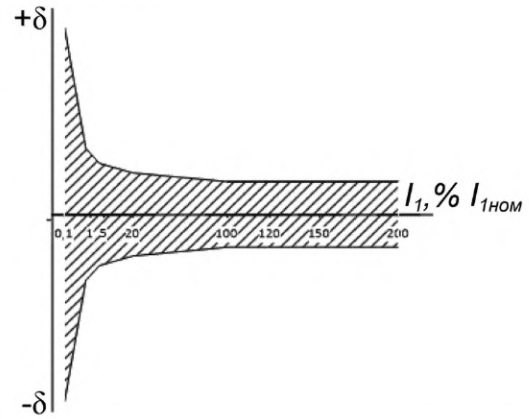
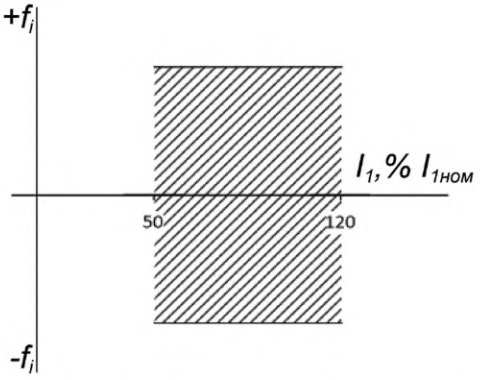
12 Гарантии изготовителя

Гарантии изготовителя — по ГОСТ Р 70507.1—2024, раздел 12.

Приложение А
(справочное)

Допускаемая область погрешностей для трансформаторов тока различных классов точности

Таблица А.1

Класс точности	Погрешность	
	токовая	угловая
0,1; 0,2; 0,5; 1		
0,2S; 0,5S		
3; 5; 10		Не нормируют

Примечание — Значения пределов допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений в промежуточных значениях первичного тока определяются методом интерполяции.

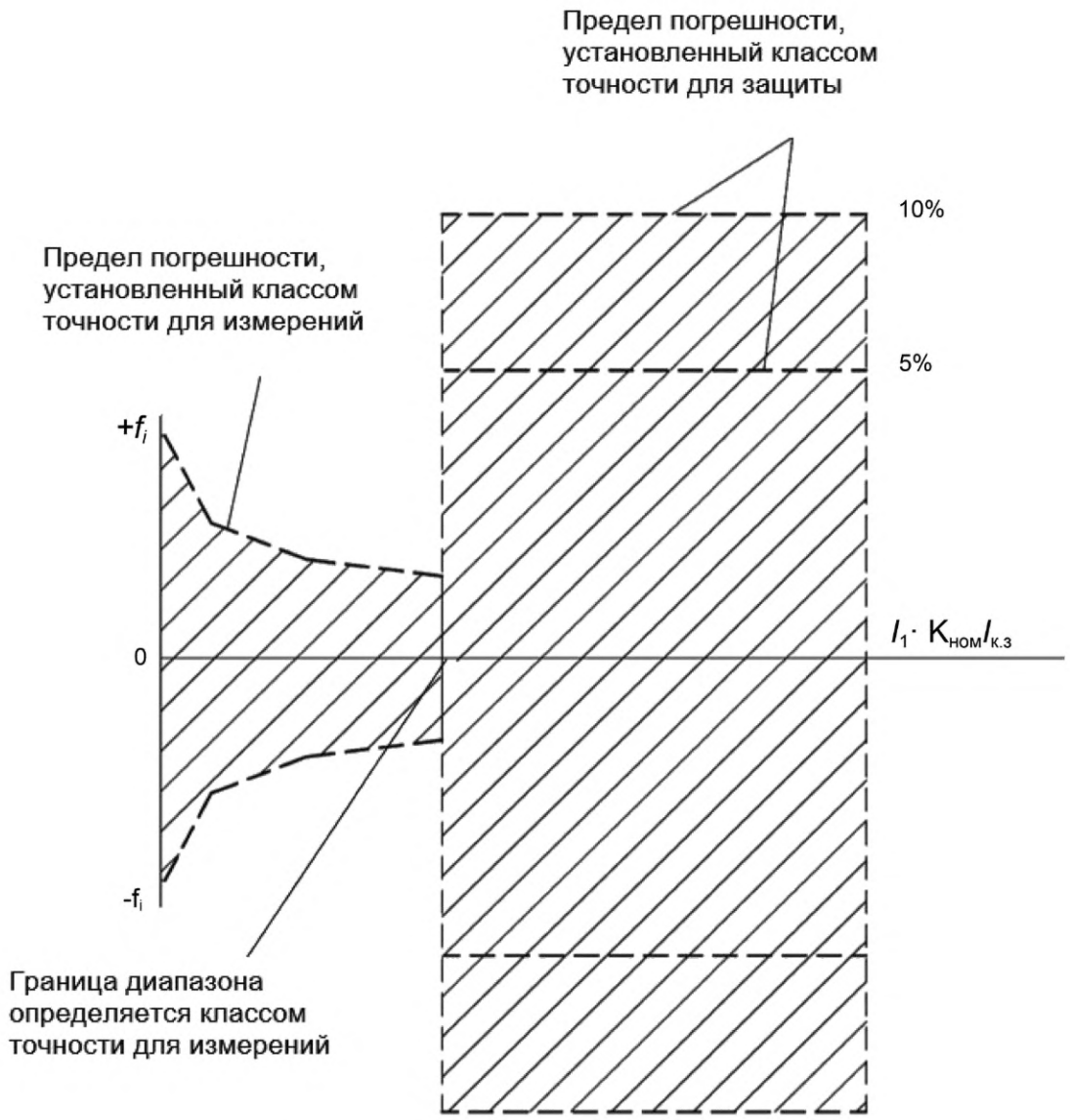


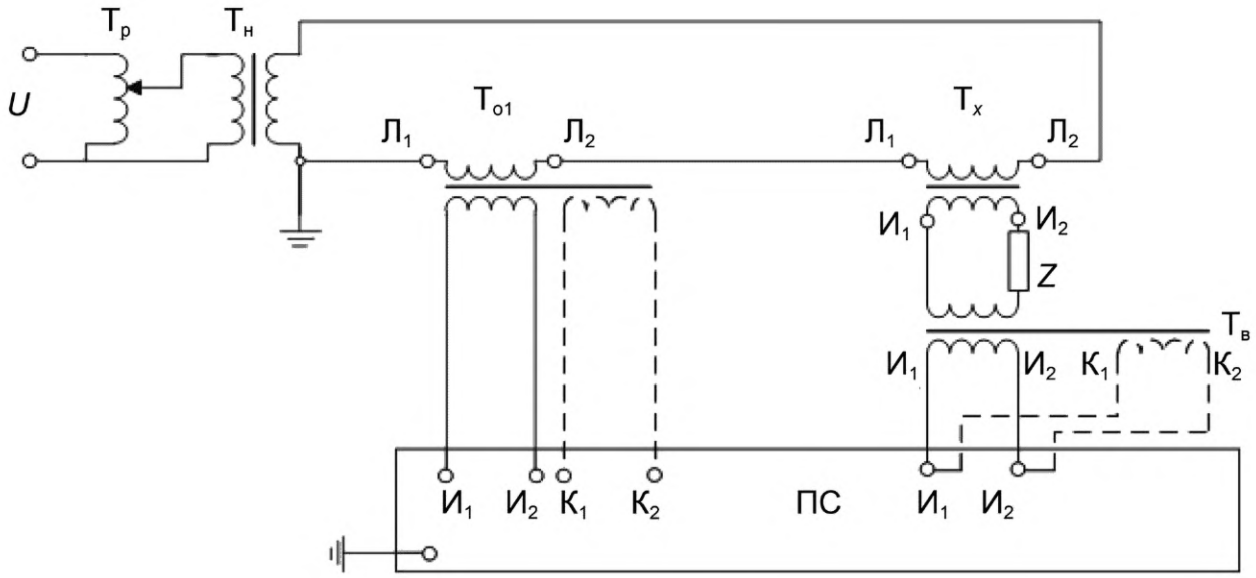
Рисунок А.1 — Допускаемая область погрешностей вторичных обмоток с установленными классами точности для измерения и защиты

Приложение Б
(справочное)

Методика измерения погрешностей трансформаторов тока с расширенным диапазоном рабочих токов

Б.1 Токовые и угловые погрешности ТТ с расширенным диапазоном рабочих токов могут быть определены дифференциальным (нулевым) методом в соответствии со схемой (см. рисунок Б.1) по методике ГОСТ 8.217. Конкретная схема, по которой определяют погрешности ТТ с расширенным диапазоном рабочих токов, должна быть приведена в нормативных документах на трансформаторы конкретных типов.

При сборке схемы испытаний соединение приборов осуществляют в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации применяемых приборов.



$T_р$ — регулировочный трансформатор; $T_н$ — нагрузочный трансформатор; $T_{о1}$ — рабочий эталон; $T_в$ — вспомогательный рабочий эталон; $T_х$ — испытуемый ТТ; Z — нагрузка поверяемого трансформатора; ПС — прибор сравнения; - - - — дополнительная вторичная обмотка (при использовании рабочего эталона, выполненного по схеме двухступенчатого ТТ)

Рисунок Б.1 — Схема для определения токовых и угловых погрешностей ТТ с расширенным диапазоном рабочих токов

Б.2 К элементам схемы предъявляют следующие требования:

1) коэффициенты трансформации рабочих эталонов должны быть такими, чтобы выполнялось условие

$$n_{01} = n_x \cdot n_в, \quad (Б.1)$$

где n_{01} — коэффициент трансформации To_1;

n_x — коэффициент трансформации T_X;

$n_в$ — коэффициент трансформации $T_В$;

2) коэффициенты трансформации рабочих эталонов должны быть выбраны так, чтобы приборы оставались в рабочем диапазоне токов с нормируемой погрешностью.

Б.3 При испытании устанавливают ток в цепи, равный первичному току испытуемого ТТ (составляющий 0,1 %, 0,2 %, 150 % и 200 % номинального тока, в зависимости от исходных данных испытания).

Согласно дифференциальному методу, основанному на сравнении вторичных токов поверяемого и эталонного трансформаторов для определения погрешности поверяемого ТТ, токи, приходящие на прибор сравнения (подстанция, см. рисунок Б.1), должны быть одинаковыми по номиналу. Для этого в схему включают вспомогательный эталонный ТТ, который понижает (повышает) вторичный ток испытуемого ТТ до требуемого значения, равного вторичному току эталонного ТТ.

Значение тока в цепи необходимо выставлять по прибору сравнения в соответствии с формулой

$$I_{факт} = I_{пр} \cdot K, \quad (Б.2)$$

где $I_{факт}$ — фактическое значение тока во вторичной цепи испытуемого трансформатора, %;

$I_{пр}$ — значение тока по прибору сравнения, %;

$$K = n_в = I_{в.ном1}/I_{в.ном2};$$

$I_{в.ном1}/I_{в.ном2}$ — значения первичного и вторичного токов соответственно вспомогательного рабочего эталона.

Примеры

1 Необходимо рассчитать значение тока на приборе сравнения, до которого необходимо поднимать ток в цепи испытуемого ТТ при определении погрешности испытуемого ТТ при токе, равном 200 % номинального тока.

Исходные данные: номинальный первичный и вторичный токи испытуемого ТТ соответственно $I_{х.ном1}$ = 600А и $I_{х.ном2}$ = 5А, таким образом $n_х$ = 600/5 = 120.

Выбирают коэффициенты трансформации эталонных ТТ:

$$n_{01} = I_{о.ном1}/I_{о.ном2},$$

где $I_{о.ном1} = I_{х.ном1} \cdot 200/100$ = 1200 А, $I_{о.ном2}$ = 5°, тогда $n_{о1}$ = 1200/5 = 240.

Находят коэффициент трансформации вспомогательного эталонного ТТ: $n_в = n_{01}/n_х$ = 240/120 = 2.

Находят значение тока на приборе сравнения, до которого необходимо поднимать ток в цепи испытуемого ТТ:

$$I_{факт} = I_{пр} \cdot K,$$

где $K = n_в$ = 2, а $I_{пр}$ = 100 %, тогда $I_{факт}$ = 200 %.

2 Необходимо рассчитать значение тока на приборе сравнения $I_{пр}$, до которого необходимо поднимать ток в цепи испытуемого ТТ при определении погрешности испытуемого ТТ при токе, равном 0,1 % номинального тока.

Исходные данные: номинальный первичный и вторичный токи испытуемого ТТ соответственно: $I_{х.ном1}$ = 600 А и $I_{х.ном2}$ = 5 А, отсюда $n_х$ = 600/5 = 120.

Выбирают коэффициенты трансформации эталонных ТТ:

$$n_{01} = I_{о.ном1}/I_{о.ном2},$$

где $I_{о.ном1} = I_{х.ном1} \cdot 0,1/1$ = 60 А, $I_{о.ном2}$ = 5°, тогда $n_{о1}$ = 60/5 = 12.

Находят коэффициент трансформации вспомогательного эталонного ТТ:

$$n_в = n_{01}/n_х = 12/120 = 0,1.$$

Находят значение тока на приборе сравнения, до которого необходимо поднимать ток в цепи испытуемого трансформатора:

$$I_{факт} = I_{пр} \cdot K,$$

где $K = n_в$ = 0,1 , а $I_{пр}$ = 1 %, тогда $I_{факт}$ = 0,1 %.

Приложение В
(обязательное)

Методы испытаний трансформаторов тока для защиты

В.1 Определяемые характеристики:

- коэффициент остаточной намагниченности K_r;
- индуктивность намагничивания L_m;
- постоянная времени вторичного контура при номинальной нагрузке T_s;
- мгновенная погрешность в переходном режиме ε_{max} для ТТ класса точности TPY;
- погрешность периодической составляющей тока в переходном режиме $\varepsilon_{ac\,max}$ для ТТ класса точности TPZ.

Непосредственно перед измерением характеристик рекомендуется ТТ размагнитить по 9.17.1.

Допускается проверять характеристики другими способами, которые должны быть установлены в нормативных документах на ТТ конкретных типов, если при квалификационных и типовых испытаниях или в целях утверждения типа доказано, что этот способ обеспечивает получение результатов, не отличающихся более чем на 10 %.

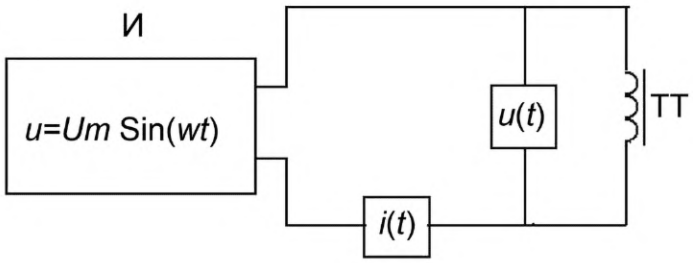
В.1.1 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r

В.1.1.1 Коэффициент остаточной намагниченности K_r определяют одним из следующих способов:

- методом использования источника синусоидального напряжения (В.1.1.2);
- методом разряда конденсатора на вторичную обмотку ТТ при разомкнутой первичной обмотке (В.1.1.3).

В.1.1.2 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r с источником синусоидального напряжения

Схема проведения испытаний приведена на рисунке В.1.



И — источник; ТТ — испытуемый ТТ; $u(t)$, $i(t)$ — устройства регистрации тока и напряжения

Рисунок В.1 — Схема испытаний от источника синусоидального напряжения

Для получения правильного значения коэффициента остаточной намагниченности K_r необходимо обеспечить достижение полностью насыщенного состояния ТТ перед тем, как ток начнет уменьшаться до нуля. Критерием достаточности насыщения служит форма кривой тока (см. рисунок В.2). На ней можно выделить характерные пики на амплитуде тока, свидетельствующие о наступлении насыщения. Степень насыщения считается достаточной, если коэффициент амплитуды (отношение амплитудного значения к среднеквадратичному) не менее 2,5, но не более 5.

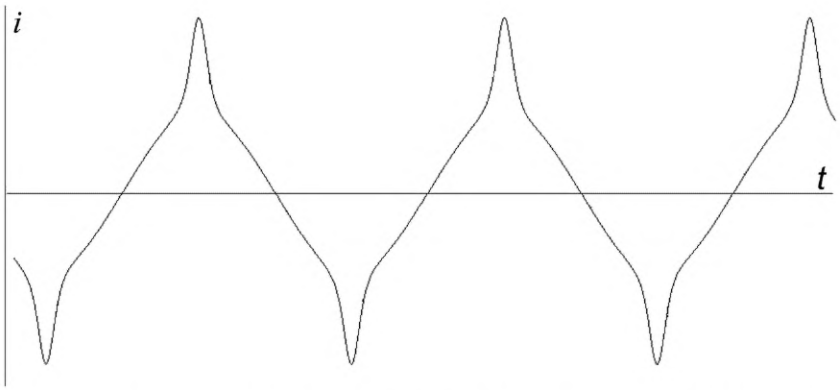
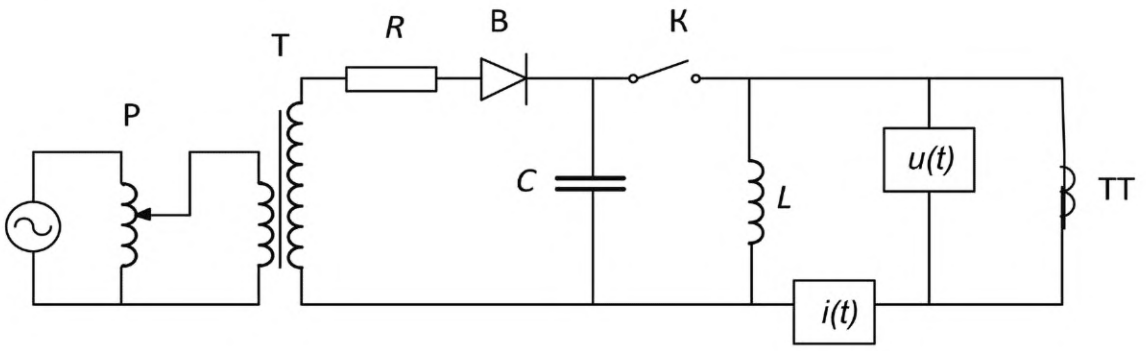


Рисунок В.2 — Характерная осциллограмма тока при испытании от источника синусоидального напряжения

В.1.1.3 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r методом разряда конденсатора на вторичную обмотку ТТ при разомкнутой первичной обмотке

Схема проведения испытаний приведена на рисунке В.3.

Параметры контура подбирают таким образом, чтобы частота колебательного процесса в контуре *L*—*C* отличалась от номинальной частоты не более чем на ±10 %.



Р — регулятор напряжения; Т — зарядный трансформатор; *R* — зарядный резистор; *C* — конденсатор; *L* — регулировочная (разрядная) индуктивность; ТТ — испытуемый ТТ; *u*(*t*) и *i*(*t*) — устройства регистрации тока и напряжения; В — выпрямитель; К — коммутирующее устройство (ключ)

Рисунок В.3 — Схема определения остаточной намагниченности методом разряда конденсатора

Конденсатор *C* заряжается от зарядного ТТ до значения напряжения, необходимого для насыщения испытуемого ТТ. После чего замыкается ключ К и конденсатор *C* разряжается на включенные параллельно вторичную обмотку испытуемого ТТ и разрядную индуктивность *L* (может отсутствовать). Значения тока через вторичную обмотку *i*(*t*) и падение напряжения на ее выводах *u*(*t*) регистрируются цифровым осциллографом.

Для получения правильного значения коэффициента остаточной намагниченности K_r необходимо обеспечить достижение полностью насыщенного состояния ТТ перед тем, как ток начнет уменьшаться до нуля. Критерием достаточности насыщения служит форма первой полуволны тока от начала приложения напряжения до первого перехода тока через нуль (см. рисунок В.4). На ней можно выделить характерный пик, свидетельствующий о наступлении насыщения. Степень насыщения считается достаточной, если коэффициент амплитуды этой полуволны (отношение амплитудного значения к среднеквадратичному) не менее 2,5.

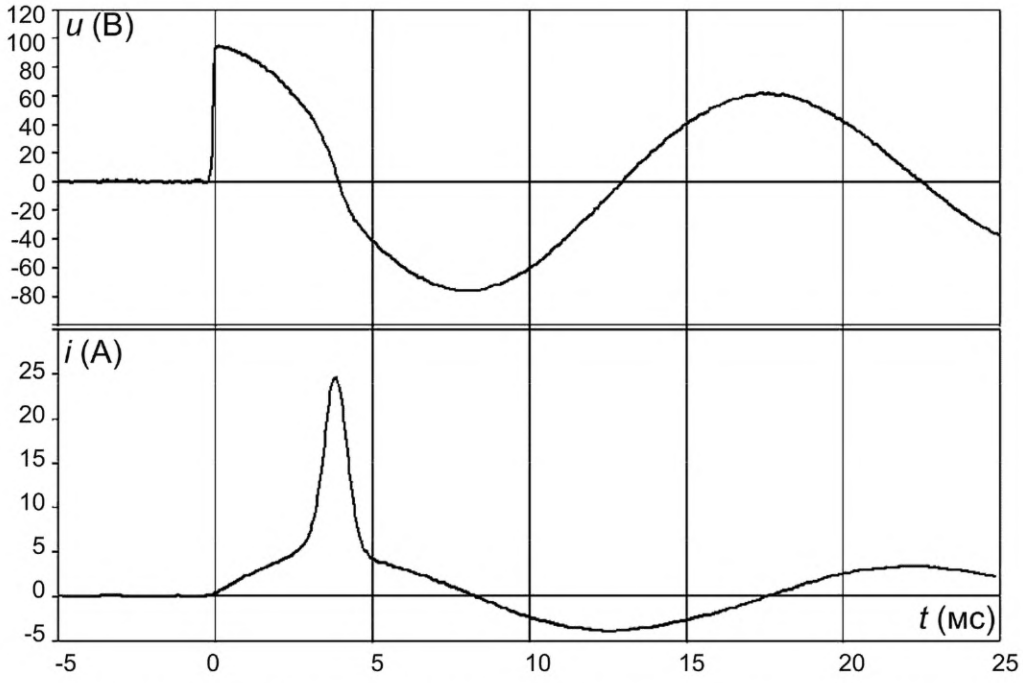


Рисунок В.4 — Характерная осциллограмма по методу разряда конденсатора

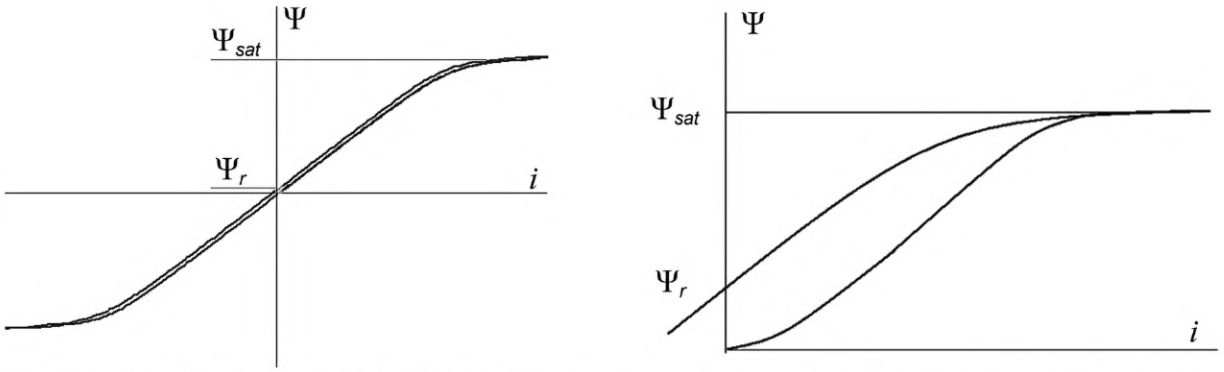
В.1.1.4 Потокосцепление $\Psi(t)$ вычисляют по формуле

$$\Psi(t) = \int_0^t (u(t) - R_2 \cdot i(t))dt, \quad (В.1)$$

где R_2 — сопротивление вторичной обмотки постоянному току;

$u(t)$ и $i(t)$ — мгновенные значения напряжения и тока, осциллографируемые в опыте В.1.1.2 или В.1.1.3.

Зависимость потокосцепления $\Psi(t)$, определенного по формуле (В.1), от тока $i(t)$ графически представляет собой часть петли гистерезиса (см. рисунок В.5). Значение остаточного потокосцепления Ψ_r отсчитывается в момент, когда, после достижения потокосцеплением значения насыщения Ψ_{sat} ток становится равным нулю. Ψ_{sat} определяют при максимальном мгновенном значении тока.



а) Пример определения остаточной намагниченности при использовании источника синусоидального напряжения

б) Часть петли гистерезиса, воспроизводимая методом разряда конденсатора

Рисунок В.5

Коэффициент остаточной намагниченности K_r, %, определяют по формуле

$$K_r = \frac{\Psi_r}{\Psi_{sat}} \cdot 100, \quad (В.2)$$

где Ψ_r и Ψ_{sat} — остаточное потокосцепление и потокосцепление насыщения соответственно.

В.1.2 Определение индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s трансформаторов тока для защиты 5PR, 10PR, TPY, TPZ

Индуктивность намагничивания L_m определяют, как отношение $\Delta\Psi$ к Δi на участке кривой намагничивания, который с достаточной степенью приближения можно считать линейным (см. рисунок В.6).

В качестве границ этого участка принимают значения 20 % и 70 % от потокосцепления Ψ_{sat}, соответствующего напряжению намагничивания, определяемого по 9.17.

Индуктивность намагничивания принимают равной

$$L_m = \frac{0{,}7 \cdot \Psi_{sat} - 0{,}2 \cdot \Psi_{sat}}{i_{m\max 70} - i_{m\max 20}} = \frac{0{,}7 \cdot U_{\text{нам.расч}} - 0{,}2 \cdot U_{\text{нам.расч}}}{\omega \cdot (I_{m70} - I_{m20})}, \quad (В.3)$$

где I_{m70} и I_{m20} — действующие значения токов, измеренных при напряжениях, равных 70 % и 20 % напряжения соответственно;

$i_{m\max 70}$ и $i_{m\max 20}$ — их амплитудные значения.

Постоянную времени вторичного контура определяют, как отношение индуктивности намагничивания к активному сопротивлению вторичного контура

$$T_s = \frac{L_s}{R_s}, \quad (В.4)$$

где R_s — сопротивление вторичного контура постоянному току, вычисляемое по формуле

$$R_s = R_2 + Z_{2\text{ном}} \cdot \cos\varphi_2, \quad (В.5)$$

где R_2 — сопротивление вторичной обмотки постоянному току, приведенное к температуре, при которой измеряют токи намагничивания, Ом;

L_s — суммарная индуктивность вторичного контура, вычисляемая по формуле

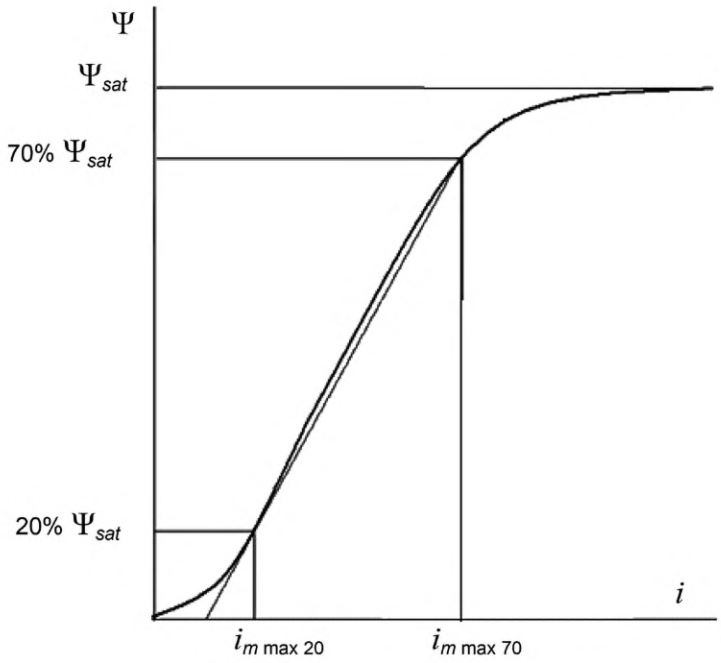


Рисунок В.6 — Определение индуктивности намагничивания

$$L_s = L_m + L_н + L_2, \tag{В.6}$$

где L_m — индуктивность намагничивания, рассчитанная по формуле (В.3), Гн;

$L_н$ — индуктивность нагрузки, вычисляемая по формуле

$$L_н = \frac{1}{\omega} Z_{2ном} \cdot \sin\varphi_2, \tag{В.7}$$

L_2 — индуктивность рассеяния, если ее значение указано в эксплуатационной документации.

В.2 Определение погрешности трансформаторов тока для защиты TPY, TPZ в переходном режиме короткого замыкания

Принципиальная схема испытаний и измерений и требования к точности измерительных приборов — в соответствии с 9.16. Конкретная реализация схемы зависит от испытательных возможностей испытательной лаборатории. Допускается вместо эталонных и промежуточных ТТ использовать измерительные шунты, цифровую измерительную и регистрирующую аппаратуру.

Через первичную обмотку пропускают ток промышленной частоты. К вторичной обмотке должна быть подключена номинальная нагрузка. Действующее значение периодической составляющей испытательного первичного тока должно быть в пределах:

$$I_{1исп} = (1{,}0 – 1{,}05) \cdot I_{1ном} \cdot K_{ном}. \tag{В.8}$$

Регистрируют мгновенную величину тока погрешности:

$$i_\varepsilon = n_{ном} \cdot i_2 – i_1. \tag{В.9}$$

Абсолютная погрешность измерения тока погрешности не должна превышать 10 % предела допустимой погрешности, соответствующего классу точности испытуемого ТТ.

В.2.1 Испытательный режим

Нормированный цикл с максимальным содержанием апериодической составляющей. Апериодическая составляющая должна быть максимальной, а для ТТ, предназначенных для работы в условиях АПВ, — одной и той же полярности в обоих интервалах времени протекания тока. Под максимальной апериодической составляющей тока имеется в виду такая апериодическая составляющая, начальное значение которой равно амплитудному значению периодической составляющей тока.

Периодическая составляющая испытательного тока равна току предельной кратности. Постоянная времени затухания апериодической составляющей испытательного тока не должна отличаться от нормированного значения более чем на ±5 %.

Первый пик тока в обоих периодах протекания тока должен быть не менее

$$i_{max} = I_{1ном} \cdot K_{ном} \cdot \sqrt{2} \cdot \left(e^{-\frac{1}{2f_{ном} \cdot T_a}} + 1 \right). \quad (B.10)$$

B.2.2 Определяется постоянная времени вторичного контура T_s по осциллограмме опыта по B.2.1. Для этого на интервале времени, соответствующем бестоковой паузе $t_{бт}$, (а для трансформаторов, для которых не нормируется цикл АПВ — после окончания протекания тока в первичной цепи), выбирают два момента времени t_1 и t_2, измеряют мгновенные значения тока погрешности i_1 и i_2, соответствующие этим моментам времени. Значение постоянной времени определяют, как

$$T_s = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{i_1}{i_2}}. \quad (B.11)$$

Полученное значение не должно отличаться от значения по B.1.2 более чем на 10 %.

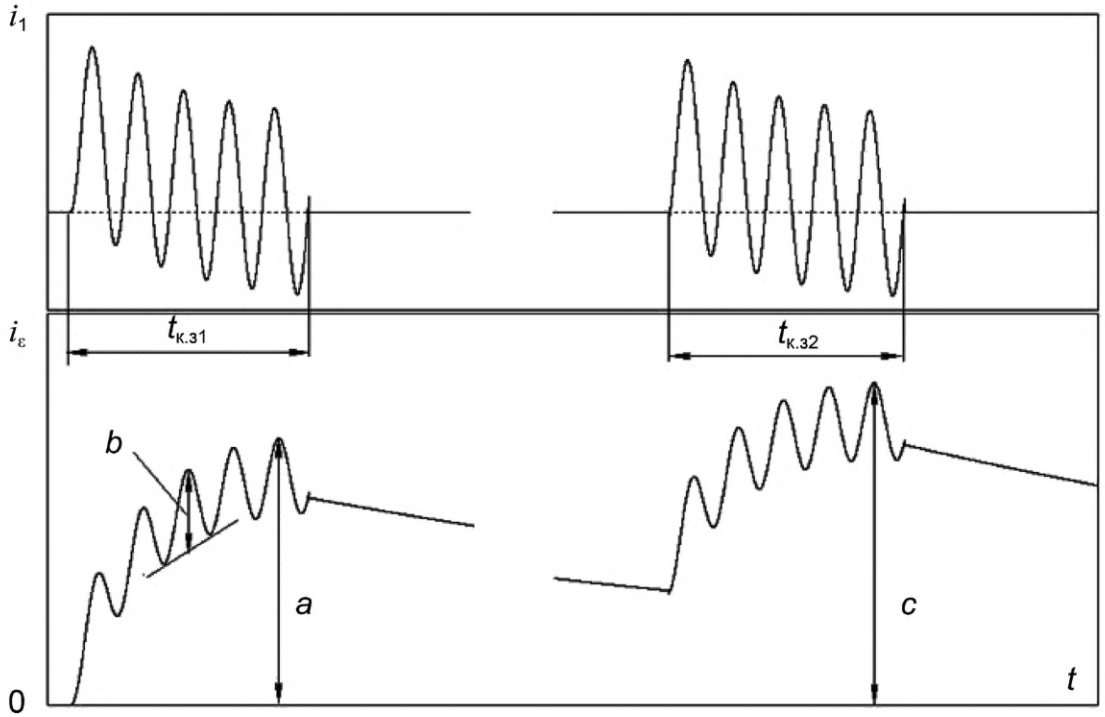
Определяется значение полной погрешности для тока номинальной предельной кратности:

$$\varepsilon = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot T_s} \cdot 100, \quad (B.12)$$

где f — частота испытательного тока.

Полученное значение погрешности в течение времени $t'_{нас}$ и $t''_{нас}$* не должно превышать значения, указанного в таблице 5 настоящего стандарта.

B.2.3 Измеряют значения тока погрешности, показанные на рисунке B.7.



a — для ТТ класса точности TPY, не предназначенного для АПВ; *b* — для ТТ класса точности TPZ; *c* — для ТТ класса точности TPY, предназначенного для АПВ

Рисунок B.7 — Измеряемые значения тока погрешности

Для ТТ класса точности TPY, максимальное значение мгновенной погрешности ε_{max}, %, определяют по формуле

$$\varepsilon_{max} = \frac{i_{\varepsilon\,max}}{\sqrt{2} \cdot I_{исп}} \cdot 100, \quad (B.13)$$

где $i_{\varepsilon\,max} = a$ или $i_{\varepsilon\,max} = c$, в зависимости от нормированного цикла.

* При работе ТТ в циклах АПВ.

Для ТТ класса точности TPZ периодическую составляющую погрешности переходного режима $\varepsilon_{ac\ max}$, %, определяют как

$$\varepsilon_{ac\ max} = \frac{i_{\varepsilon ac\,max}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{исп}}} \cdot 100, \qquad \text{(B.14)}$$

где $i_{\varepsilon ac\,max} = \frac{b}{2}$.

Полученные значения не должны превышать значений, указанных в таблице 5 настоящего стандарта.

Библиография

[1] Правила технологического функционирования электроэнергетических систем (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 937)

УДК 621.314.22.08:006.354

ОКС 29.240
17.220.20

Ключевые слова: трансформаторы измерительные, трансформаторы тока, технические условия

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 01.07.2024. Подписано в печать 12.07.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,55.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru