

**Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал
Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им.Д.И.Менделеева»
(УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)**

УТВЕРЖДАЮ
Директор УНИИМ – филиала
ФГУП «ВНИИМ
им.Д.И.Менделеева»

С.В. Медведевских
2020 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**Трансформаторы тока встроенные
ТВ-ЗТМ**

**Методика поверки
МП 21-26-2020**

Екатеринбург
2020 г.

Разработана:

Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева» (УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»), г. Екатеринбург.

Общество с ограниченной ответственностью «Завод Трансформаторов и Магнитопроводов» (ООО «ЗТМ»), г. Екатеринбург.

Исполнители:

А.А. Ахмеев, А.М. Шабуров (УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)
В.И. Цукило, Д.Ф. Лукан (ООО «ЗТМ»)

Утверждена:

УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» 15.06.2020 г.

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» и ООО «ЗТМ».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения.....	4
2 Нормативные ссылки.....	4
3 Операции поверки.....	4
4 Средства поверки.....	5
5 Требования к квалификации поверителей.....	5
6 Требования безопасности.....	5
7 Условия поверки и подготовка к ней.....	6
8 Проведение поверки.....	6
8.1 Внешний осмотр.....	6
8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции.....	6
8.3 Размагничивание.....	6
8.4 Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов.....	7
8.5 Определение погрешностей.....	8
8.6 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r	9
8.7 Определение индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s	10
9 Оформление результатов поверки.....	11
Приложение А.....	12
Приложение Б.....	13
Приложение В.....	15
Приложение Г.....	16

1 Область применения

Настоящая методика распространяется на трансформаторы тока встроенные ТВ-ЗТМ (далее – трансформаторы), предназначенные для передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления в электрических установках переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

До ввода в эксплуатацию, а также после ремонта трансформаторы подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке.

Интервал между поверками – 16 лет.

2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга РФ № 1815 от 02.07.2015 г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.019-80 ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2768

3 Операции поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	Да	Да
Проверка электрического сопротивления изоляции	8.2	Да	Да
Размагничивание	8.3	Да	Да
Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов	8.4	Да	Да
Определение погрешностей	8.5	Да	Да
Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r	8.6	Да	Да
Определение индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s	8.7	Да	Да

4 Средства поверки

4.1 При проведении поверки рекомендуется применять эталоны и СИ, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Эталоны и средства измерений, применяемые при поверке

Номер пункта методики	Наименование и тип средства поверки, его метрологические и основные технические характеристики
8.2	Мегаомметр ЦС0202 (регистрационный номер ФИФ 38890-08).
8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7	Рабочий эталон 2 разряда единиц коэффициента и угла масштабного преобразования синусоидального тока, приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2018 г. № 2768, трансформатор тока измерительный лабораторный ТТИ-5000.51 (регистрационный номер ФИФ 55278-13) или ТТИ-5000.5 (регистрационный номер ФИФ 27007-04) и ТТИ-200 в каскадном включении (регистрационный номер ФИФ 37898-08); Прибор сравнения КНТ-05 (регистрационный номер ФИФ 37854-08); Анализатор трансформаторов тока СТ Analyzer (регистрационный номер ФИФ 40316-08); Осциллограф цифровой запоминающий НДО4054 (регистрационный номер ФИФ 53644-13); Нагрузочный трансформатор с номинальным током, обеспечивающим 200 % номинального первичного тока поверяемого трансформатора; Регулирующее устройство (автотрансформатор); Калиброванное нагрузочное устройство, например НТТ 50.5-1.

Примечание – Допускается применение средств поверки, отличных от приведенных в таблице 2, при условии обеспечения необходимой точности измерений.

4.2 Эталоны должны иметь действующие свидетельства о поверке, если утвержденного типа, или свидетельства об аттестации, если неутвержденного типа, средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

5 Требования к квалификации поверителей

5.1 К проведению поверки допускают лиц, работающих в организации, аккредитованной на право поверки, изучивших настоящую методику, эксплуатационные документы на трансформаторы, имеющих стаж работы в качестве поверителей средств измерений электрических величин не менее одного года и группу допуска по электробезопасности не ниже III.

6 Требования безопасности

6.1 При поверке трансформаторов соблюдают требования электробезопасности по ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.2.007.0-75 и руководствуются Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н.

6.2 Также должны быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

7 Условия поверки и подготовка к ней

7.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С	от 10 до 35;
– относительная влажность воздуха, %	от 30 до 80;
– атмосферное давление, кПа	от 85 до 105;
– электропитание – однофазная сеть, В	от 198 до 242;
– частота, Гц	от 47,5 до 52,5.

7.2 Средства поверки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в эксплуатационных документах.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверяют соответствие трансформаторов требованиям, приведенным в Руководстве по эксплуатации (РЭ):

- состояние поверхности наружных изоляционных частей;
- состояние защитных покрытий наружных частей;
- состояние площадок под заземляющие зажимы, если таковые имеются;
- правильность заполнения табличек технических данных;
- маркировка выводов;
- соответствие контактных выводов;
- комплектность.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции

8.2.1 Измерение электрического сопротивления изоляции вторичной обмотки относительно заземленных частей или имитирующего их металлического листа производится мегаомметром на 1000 В.

8.2.2 Результаты проверки считаются положительными, если сопротивление изоляции составляет не менее 20 МОм для трансформаторов на номинальное напряжение 0,66 кВ и 50 МОм для трансформаторов на номинальные напряжения 3 кВ и выше.

8.3 Размагничивание

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

Трансформаторы тока размагничивают одним из четырех указанных ниже способов:

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

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

где

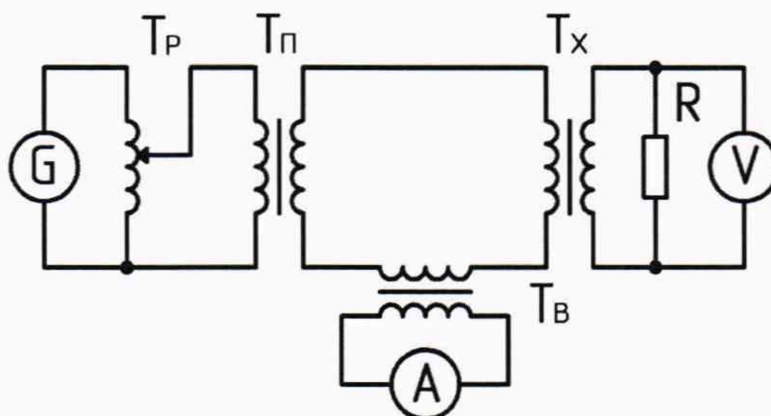
$I_{\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток поверяемого трансформатора тока, А.

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

2 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.

3 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.

4 Размагничивание трансформаторов тока допускается производить с помощью анализатора трансформаторов тока СТ Analyzer в соответствии с руководством по эксплуатации на данный прибор.



- G – сеть (генератор);
- TR – регулируемое устройство (автотрансформатор);
- TP – понижающий силовой трансформатор;
- TX – поверяемый трансформатор тока;
- TV – вспомогательный трансформатор тока;
- R – резистор.

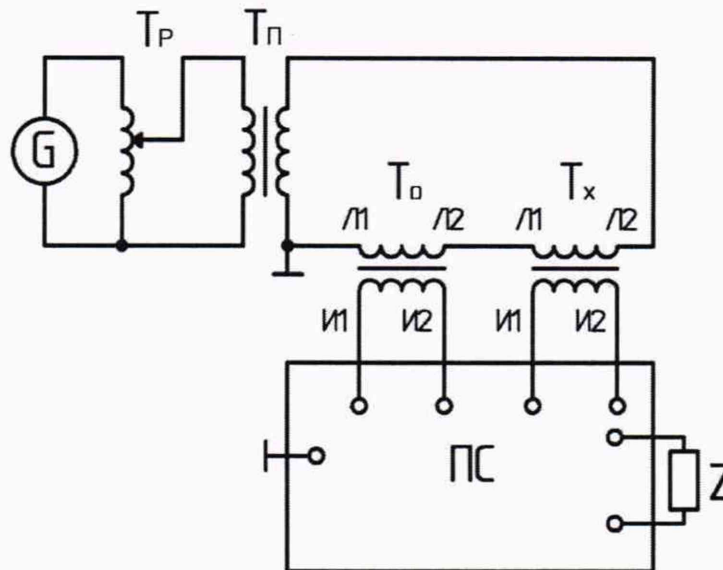
Рисунок 1 – Пример схемы размагничивания трансформатора тока

8.4 Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов

8.4.1 Схема проверки приведена на рисунке 2. Поверяемый трансформатор и эталон включают в соответствии с маркировкой контактных зажимов. Затем плавно увеличивают первичный ток до значения, составляющего (5 ÷ 10) % от номинального. В случае правильной маркировки выводов на приборе сравнения можно определить соответствующие значения погрешностей поверяемого трансформатора. При неправильном обозначении контактных зажимов и выводов или неисправности поверяемого трансформатора срабатывает защита в приборе сравнения токов.

8.5 Определение погрешностей

8.5.1 Схема поверки трансформаторов приведена на рисунке 2.



- G – сеть (генератор);
Tr – регулирующее устройство (автотрансформатор);
Tp – понижающий силовой трансформатор;
To – рабочий эталон;
Tx – поверяемый трансформатор тока;
ПС – прибор сравнения;
Z – нагрузка;
Л₁, Л₂ – контактные зажимы первичной обмотки;
И₁, И₂ – контактные зажимы вторичной обмотки.

Рисунок 2 – Схема поверки с использованием рабочего эталона и прибора сравнения

8.5.2 Токовые и угловые погрешности трансформаторов определяют дифференциальным (нулевым) методом в соответствии с рисунком 2 при значениях первичного тока и нагрузки, указанных в таблицах Б.1 и Б.2. Соединение приборов для измерительной схемы по рисунку 2 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.

Нормированные значения погрешностей трансформаторов указаны в приложении Б.

8.5.3 Определение погрешностей трансформаторов с расширенным диапазоном изменения тока вторичной обмотки.

Данная методика распространяется на трансформаторы тока с расширенным диапазоном изменения вторичного тока (0,1 %; 150 %; 200 %).

В этом случае измерение параметров производится в несколько этапов:

– к прибору сравнения КНТ-05 по схеме измерения в режиме 1 А или 5 А подключается два блока нагрузок НТТ 50.5-1 последовательно, мощность на каждом блоке выбирается в два раза меньше требуемой;

– трансформатор тока размагничивается путём плавного повышения тока первичной обмотки до максимального значения в 120%, а затем постепенного его снижения до нуля;

– производится измерение параметров трансформатора тока в точках 1 %, 5 %, 20 %, 50 %, 100 % (таблицы Б.1 и Б.2);

– производится измерение параметров трансформатора тока при пониженной нагрузке в точке 120 % (таблица Б.1);

– количество витков первичной обмотки испытуемого трансформатора тока удваивается, а при помощи коммутации на приборе сравнения КНТ-05 и измерительном лабораторном трансформаторе тока ТТИ-5000.51 организуется схема измерения получившегося эквивалентного трансформатора тока;

– производится измерение параметров трансформатора тока в точках:

- 75 % (соответствует 150 % по таблице Б.1, приложения Б);
- 100 % (соответствует 200 % по таблице Б.1, приложения Б);

– все измеренные значения заносятся в протокол.

– удваивается количество витков вокруг эталонного трансформатора;

– производится измерение параметров трансформатора тока в точках:

- 0,2 % (соответствует 0,1 % по таблице Б.1, приложения Б);

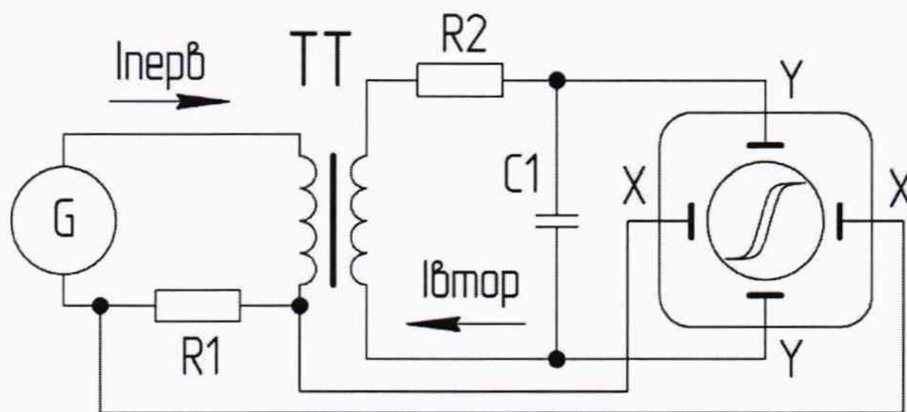
Примечание – В случае измерения точки 0,1 % при помощи измерительного лабораторного трансформатора ТТИ-5000.5 необходимо увеличить количество витков вокруг него в пять раз, так как его диапазон измерения составляет от 1 до 120 % от $I_{1ном}$.

8.5.4 Результаты считают положительными, если полученные при поверке значения погрешностей трансформаторов находятся в допустимых пределах, указанных в таблицах Б.1 и Б.2 приложения Б.

8.6 Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r

Определение коэффициента остаточной намагниченности K_r , %, проводится с использованием анализатора трансформаторов тока CT Analyzer в соответствии с руководством по эксплуатации на данный прибор и приложением Г.

Петлю гистерезиса также можно посмотреть и измерить коэффициент остаточной намагниченности K_r , %, на электронно-лучевом или цифровом осциллографе с использованием дополнительной схемы формирования сигналов для отклоняющих пластин по схеме, показанной на рисунке 3.



- G – сеть (генератор);
- R1, R2 – измерительный резистор;
- C1 – конденсатор;
- ТТ – испытуемый трансформатор тока;

Рисунок 3 – Схема определения коэффициента остаточной намагниченности методом осциллографирования

Измерительный резистор R1 подбирается с сопротивлением, лежащим в пределах от 0,1 до 1 Ом, чтобы минимизировать его влияние на измерение гистерезисной петли. Для уменьшения погрешности сопротивление R2 должно быть высоким ($R2 \approx 100$ кОм), и превышать на несколько порядков реактивное сопротивление конденсатора C1 ($C1 \approx 1$ мкФ).

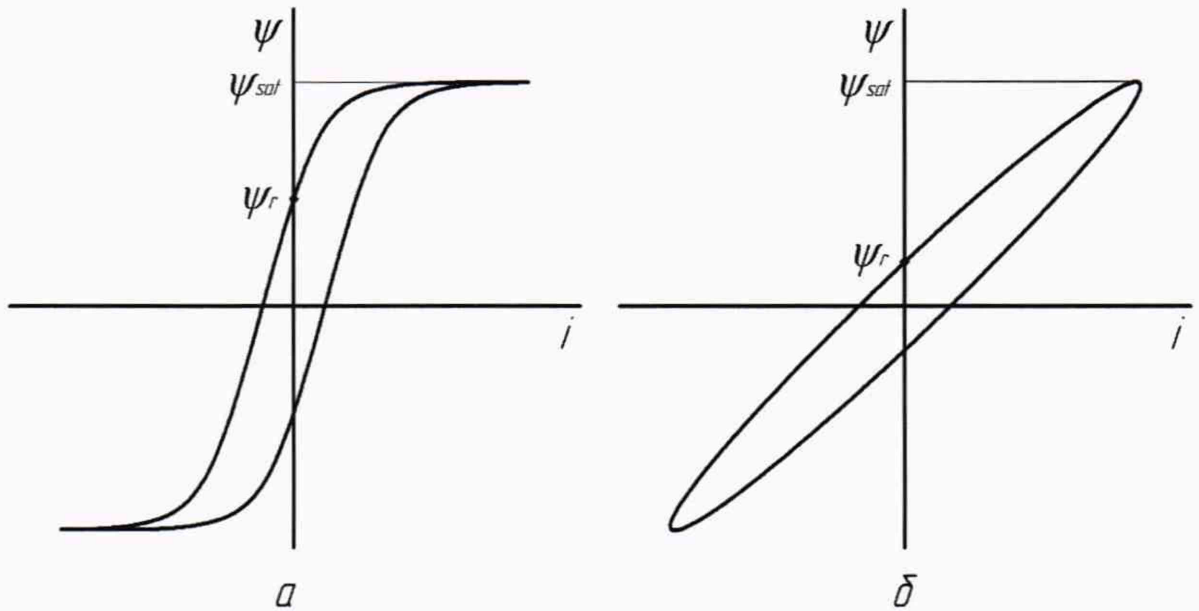


Рисунок 4 – Варианты отображения петли гистерезиса

Коэффициент остаточной намагниченности K_r , %, определяется по формуле

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

где

Ψ_r – остаточное потокосцепление;

Ψ_{sat} – потокосцепление насыщения.

Результаты считают положительными, если полученные при поверке значения коэффициента остаточной намагниченности K_r соответствует требованиям, указанным в таблице Б.2, приложения Б.

8.7 Определение индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s

Определение индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s проводится с использованием анализатора трансформаторов тока CT Analyzer в соответствии с руководством по эксплуатации на данный прибор и приложением Г.

Определение постоянной времени вторичного контура T_s должно быть проведено в трансформаторах тока следующих классов точности: PR и TPY, полученные значения не должны отличаться от указанных в таблице Б.2, приложения Б более чем на $\pm 30\%$.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки трансформаторов заносят в протокол поверки (Приложение А), на основании которого (при положительных результатах) знак поверки в виде оттиска поверительного клейма наносится в паспорт и (или) в свидетельство о поверке по форме, установленной Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

9.2 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики трансформаторы к дальнейшей эксплуатации не допускают, выдают извещение о непригодности по форме, установленной Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815, с указанием причины непригодности.

Зав. отделом 26 УНИИМ - филиал
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.А.Ахмеев

Вед. инженер УНИИМ - филиал
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.М.Шабуров

Главный специалист ООО «ЗТМ»



В.И.Цукило

Инженер-конструктор ООО «ЗТМ»



Д.Ф.Лукач

Приложение А
(рекомендуемое)

**Форма протокола поверки
Трансформаторов тока встроенных ТВ-ЗТМ**

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Трансформатор тока _____, класс точности _____
Заводской № _____
Год выпуска _____
Номинальный первичный ток _____
Номинальный вторичный ток _____
Номинальная частота (диапазон) _____
Предприятие-изготовитель _____
Принадлежит _____
наименование организации, представившей трансформатор на поверку _____
Средства поверки: _____

A.1 Результат внешнего осмотра _____
соответствует, не соответствует

A.2 Результат поверки сопротивления изоляции _____
соответствует, не соответствует

A.3 Размагничивание _____

A.4 Результат проверки правильности маркировки выводов _____
соответствует, не соответствует

A.5 Результаты определения погрешностей

Таблица А.1 – Результаты определения погрешностей

Частота, Гц	Номинальный первичный ток, А	Нагрузка поверяемого трансформатора тока, В·А; при $\cos \varphi =$ _____	Значение первичного тока, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора	
				δ_f , %	$\Delta\delta$, '

A.6 Результаты определения коэффициента остаточной намагниченности K_r _____

A.7 Результаты определения индуктивности намагничивания L_m и постоянной времени T_s

Заключение по результатам поверки _____
годен / негоден

Выдано свидетельство о поверке от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Поверку проводил _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____

Дата проведения поверки _____

Организация, проводившая поверку _____

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б.1 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учёта

Класс точности	Первичный ток в % от номинального значения	Пределы допустимых погрешностей			Диапазон вторичной нагрузки в % от номинального значения
		Токовой, %	Угловой		
			мин	срад	
0,1S	0,1*	±0,80	± 30	± 0,90	25 ÷ 100
	1	±0,40	± 15	± 0,45	
	5	±0,20	± 8	± 0,24	
	20	±0,10	± 5	± 0,15	
	100 ÷ 120	±0,10	± 5	± 0,15	
	150 ÷ 200*	±0,10	± 5	± 0,15	
0,1	0,1*	±1,60	± 60	± 1,80	
	5	±0,40	± 15	± 0,45	
	20	±0,20	± 8	± 0,24	
	100 ÷ 120	±0,10	± 5	± 0,15	
	150 ÷ 200*	±0,10	± 5	± 0,15	
0,2S	0,1*	±1,50	± 60	± 1,80	
	1	±0,75	± 30	± 0,90	
	5	±0,35	± 15	± 0,45	
	20	±0,20	± 5	± 0,30	
	100 ÷ 120	±0,20	± 5	± 0,30	
	150 ÷ 200*	±0,20	± 5	± 0,30	
0,2	0,1*	±3,00	±120	± 3,60	
	5	±0,75	± 30	± 0,90	
	20	±0,35	± 15	± 0,45	
	100 ÷ 120	±0,20	± 10	± 0,30	
	150 ÷ 200*	±0,20	± 10	± 0,30	
0,5S	0,1*	±3,00	±180	± 5,40	
	1	±1,50	± 90	± 2,70	
	5	±0,75	± 45	± 1,35	
	20	±0,50	± 30	± 0,90	
	100 ÷ 120	±0,50	± 30	± 0,90	
	150 ÷ 200*	±0,50	± 30	± 0,90	
0,5	0,1*	±6,00	±360	±10,80	
	5	±1,50	± 90	± 2,70	
	20	±0,75	± 45	± 1,35	
	100 ÷ 120	±0,50	± 30	± 0,90	
	150 ÷ 200*	±0,50	± 30	± 0,90	
1,0	0,1*	±12,0	± 60	±21,60	
	5	± 3,0	± 15	± 5,40	
	20	± 1,5	± 8	± 2,70	
	100 ÷ 120	± 1,0	± 5	± 1,80	
	150 ÷ 200*	± 1,0	± 5	± 1,80	
3	50 ÷ 120	± 3,0	Не нормируется		50 ÷ 100
5		± 5,0			
10		±10,0			

Таблица Б.2 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты

Класс точности	Пределы допускаемой погрешности			полной при токе ном. предельной кратности, ϵ , %	Коэффициент остаточной намагниченности, K_R , %
	Номинальном первичном токе				
	Токовой, %	Угловой			
		мин	срад		
5P	± 1	± 60	$\pm 1,8$	5	Не нормируется
10P	± 3	Не нормируется		10	Не нормируется
5PR	± 1	± 60	$\pm 1,8$	5	≤ 10
10PR	± 3	Не нормируется		10	≤ 10
PX	$\pm 0,25$	Не нормируется		Не нормируется	Не нормируется
PXR	± 1	Не нормируется		Не нормируется	≤ 10
TPX	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$	10	Не нормируется
TPY	± 1	± 60	$\pm 1,8$	10	≤ 10
TPZ	± 1	180 ± 18	$5,3 \pm 0,6$	10	$\ll 10$

Примечания к таблицам Б.1 и Б.2

1 * Значения для расширенных диапазонов токов.

2 Графическое представление допустимых диапазонов погрешностей трансформаторов, предназначенных для измерения и учёта приведено в приложении В.

3 Для трансформаторов с номинальными вторичными нагрузками от 2 до 5 В·А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 1 В·А.

4 Для трансформаторов с номинальной вторичной нагрузкой от 1 В·А до 2 В·А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 0,8 В·А.

5 Для трансформаторов с номинальной вторичной нагрузкой от 0,5 В·А до 1 В·А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 0,4 В·А.

6 Для трансформаторов с номинальной вторичной нагрузкой от 0,2 В·А до 0,5 В·А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок 0,1 В·А.

7 Для трансформаторов с номинальной вторичной нагрузкой 0,0 В·А устанавливают нижний предел вторичных нагрузок также 0,0 В·А.

Приложение В
(справочное)

Погрешности

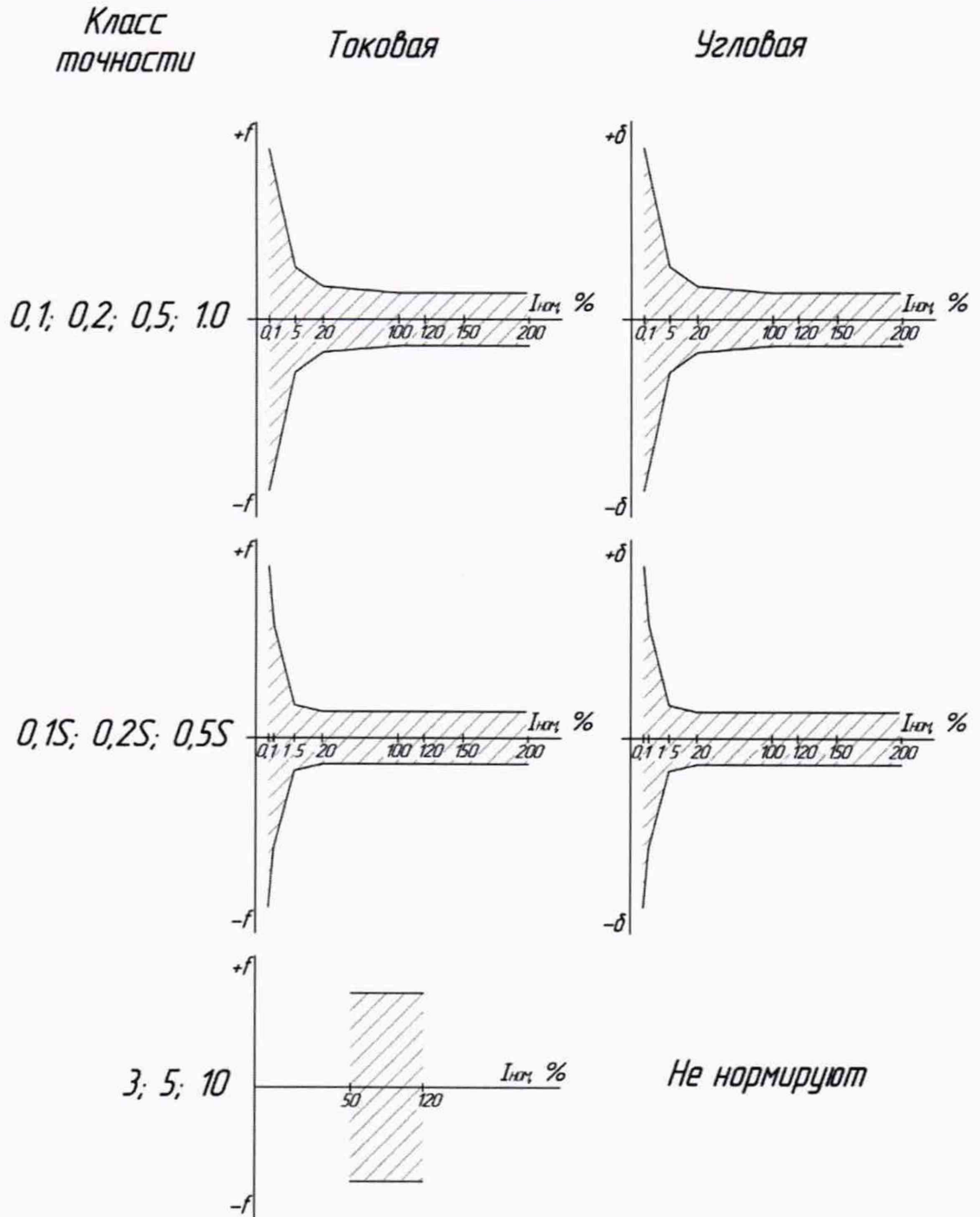
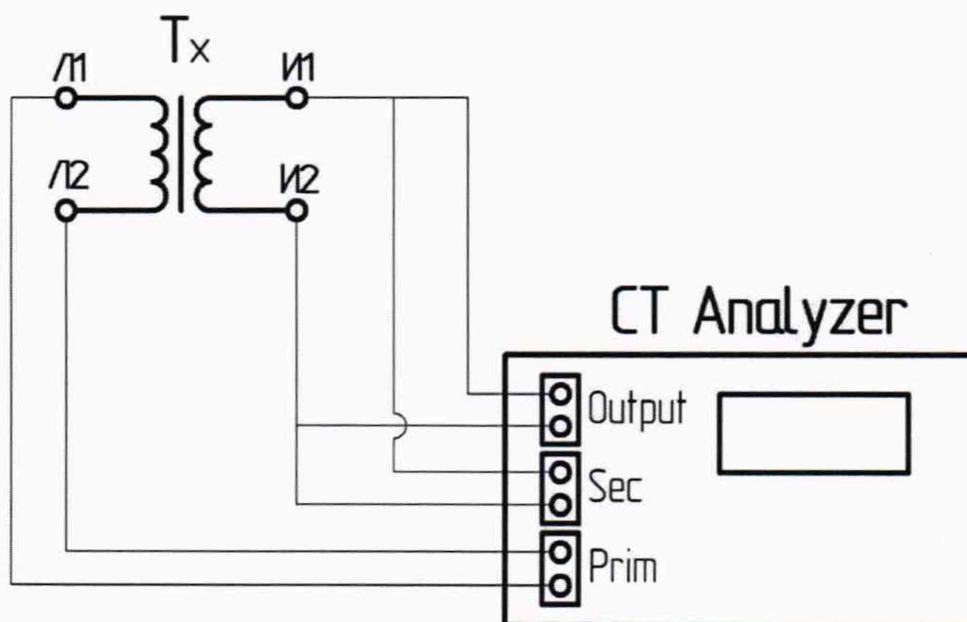


Рисунок В.1 – Допускаемая область погрешностей для трансформаторов различных классов точности

Приложение Г
(справочное)



- T_x – поверяемый трансформатор тока;
- L_1, L_2 – контактные зажимы первичной обмотки;
- I_1, I_2 – контактные зажимы вторичной обмотки.

Рисунок Г.1 – Схема подключения анализатора трансформаторов тока CT Analyzer к поверяемому трансформатору тока