

Технический директор
ООО «НИИ «ЭНЕРГО»

«27» апреля

М. п.

2023 г.

МП-НИЦЭ-061-23

г. Москва
2023 г.

Содержание

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

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на трансформаторы тока ТПОЛ (далее – трансформаторы), изготавливаемые Акционерным обществом высоковольтного оборудования «Электроаппарат» (АО ВО «Электроаппарат»), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

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

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

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки, – метод сличения с помощью компаратора и прямой метод измерений.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8		
Проверка сопротивления изоляции	8.2	Да	Да
Размагничивание	8.3	Да	Да
Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов	8.4	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9		
Определение токовой и угловой погрешностей	9.1	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды плюс $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 85 до 105 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

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

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Основные средства поверки		
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда согласно Приказу № 1491 в диапазоне преобразований силы переменного тока от 4 до 2400 А	Трансформаторы тока измерительные лабораторные ТТИ-5000.51 рег. № 55278 - 13
р. 9 Определение метрологических характеристик	Прибор сравнения вторичных токов с номинальными значениями 1 и 5 А, с допускаемой погрешностью по току в пределах от $\pm 0,02$ % до $\pm 0,3$ % и по фазовому углу от $\pm 1,0'$ до $\pm 6,0'$	Прибор электроизмерительный эталонный multifunctional-ный «Энергомонитор-3.1КМ» (исполнение ЕМ3.1КМ-02), (рег. № 52854-13).
	Нагрузочное устройство поверяемого трансформатора тока (вторичная нагрузка) в диапазоне от 3,75 до 50 В·А с погрешностью сопротивления нагрузки при $\cos\varphi = 0,8$; не выходящей за пределы ± 5 %	Магазин нагрузок СА5018-5, рег. № 71114-18
Вспомогательные средства поверки		
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений силы переменного тока в диапазоне от 0 до 200 А, класс точности не ниже 5 по ГОСТ 8711-93	Клеши электроизмерительные АРРА 138, рег. № 49302-12
	Средства измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 1 до 250 В класса точности не ниже 1,0 по ГОСТ 8711-93	Вольтметр универсальный цифровой GDM-78261, рег. № 52669-13
п. 8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от $+20$ °С до $+30$ °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 %, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более ± 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 85 до 105 кПа, с пределами	Измеритель параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М», рег. № 32014-11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm 0,5$ кПа	
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений р. 9 Определение метрологических характеристик	Источник тока, обеспечивающий диапазон регулирования от 1 % до 120 % номинального тока поверяемого трансформатора тока и установку этого тока с погрешностью, не выходящей за пределы ± 10 %	
п. 8.2 Устройство для измерения сопротивления изоляции	Средства измерений сопротивления изоляции (на испытательное напряжение не ниже 1 кВ) с верхним пределом измерений не ниже 1000 МОм, с пределами допускаемой относительной погрешности измерений не более ± 1 %	Мегаомметр Е6-24 рег. № 47135-11
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, а также другое вспомогательное оборудование, удовлетворяющее техническим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Трансформатор допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид трансформатора соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соблюдаются требования по защите трансформатора от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа;
- отсутствуют видимые дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие

подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию на поверяемый трансформатор и на применяемые средства проверки;
- выдержать трансформатор в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1, не менее 2 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, и подготовить его к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией;
- подготовить к работе средства проверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий проверки на соответствие требованиям, указанным в разделе 3, с помощью оборудования, указанного в таблице 2.

8.2 Проверка сопротивления изоляции

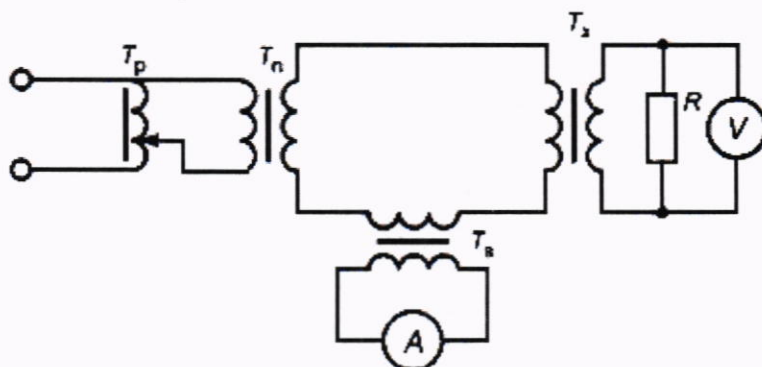
Сопротивление изоляции обмоток у трансформаторов тока, предназначенных для эксплуатации в цепях с напряжением более 30 В, проверяют для каждой обмотки между соединенными вместе контактными выводами обмоток и корпусом при помощи мегомметра на 1000 В.

Трансформатор допускается к дальнейшей проверке, если сопротивления изоляции не менее:

- 1000 МОм - для первичных обмоток трансформаторов;
- 50 МОм - для вторичных обмоток трансформаторов.

8.3 Размагничивание

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



T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_x – поверяемый трансформатор тока; T_b – вспомогательный трансформатор тока; R – резистор

Рисунок 1 – Пример схемы размагничивания трансформатора тока

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

8.3.3 Трансформаторы тока размагничивают одним из указанных ниже способов.

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

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

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

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

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

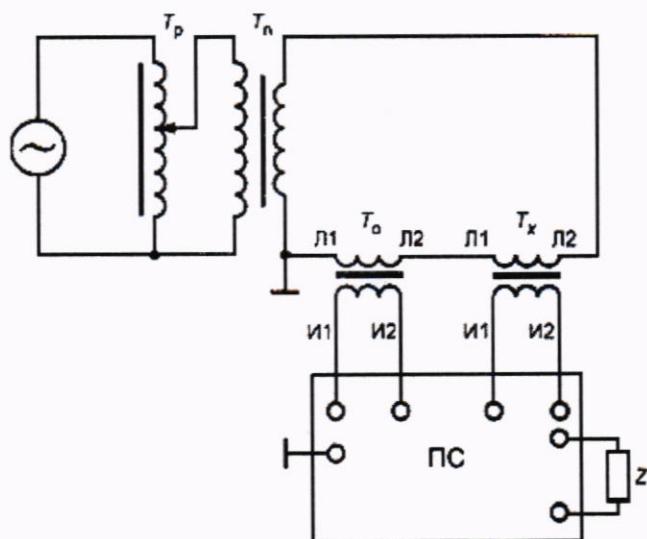
Второй способ. Через первичную обмотку трансформатора тока при разомкнутой вторичной обмотке пропускают ток, равный 10 % от номинального значения первичного тока, затем плавно снижают его до значения, не превышающего 0,2 % от номинального.

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

8.3.4 Если при токе в первичной обмотке, составляющем 10 % от номинального значения, амплитудное напряжение на вторичной обмотке превышает 75 % от напряжения, равного 4,5 кВ, то размагничивание начинают при меньшем значении тока, при котором напряжение, индуцируемое (8.3.3, второй способ) или прикладываемое к вторичной обмотке (8.3.3, третий способ), не превышает указанного.

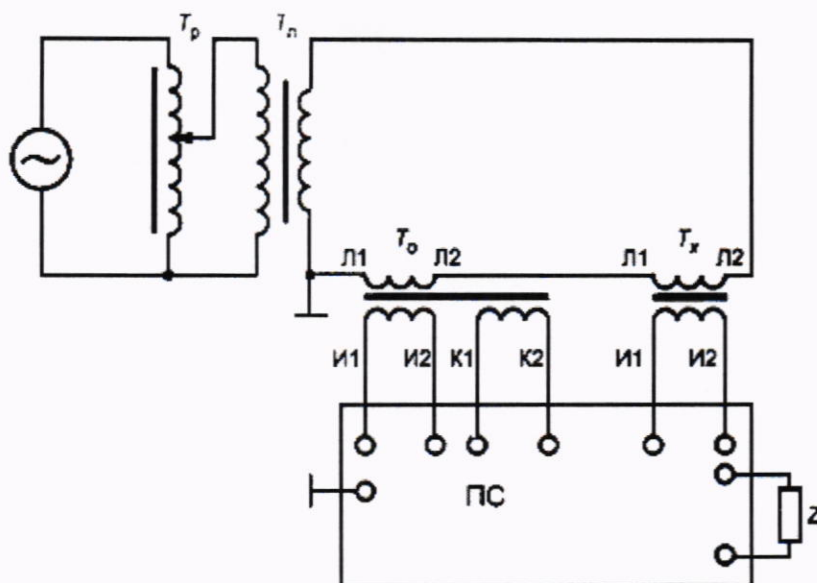
8.4 Проверка правильности обозначения контактных зажимов и выводов

8.4.1 Схемы проверки приведены на рисунках 2 - 3. Правильность обозначения контактных зажимов и выводов определяют по схеме проверки, выбранной для определения погрешностей по 8.5.



~ – сеть (генератор); T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_o – рабочий эталон; T_x – проверяемый трансформатор тока; L_1, L_2 – контактные зажимы первичной обмотки; I_1, I_2 – контактные зажимы вторичной обмотки;

Z – нагрузка (схема подключения нагрузки зависит от прибора сравнения и указывается в эксплуатационной документации на прибор сравнения); ПС – прибор сравнения
Рисунок 2 – Схема проверки с использованием рабочего эталона и прибора сравнения (компаратора вторичных токов)



~ – сеть (генератор); T_p – регулирующее устройство (автотрансформатор); T_n – понижающий силовой трансформатор; T_o – рабочий эталон; T_x – поверяемый трансформатор тока; L_1, L_2 – контактные зажимы первичной обмотки; $И_1, И_2$ – контактные зажимы вторичной обмотки; $К_1, К_2$ – контактные зажимы дополнительной вторичной обмотки; Z – нагрузка (схема подключения нагрузки зависит от прибора сравнения и указывается в эксплуатационной документации на прибор сравнения); ПС – прибор сравнения

Рисунок 3 – Схема проверки с использованием рабочего эталона, выполненного по схеме двухступенчатого трансформатора тока

8.4.2 Поверяемый трансформатор и рабочий эталон включают в соответствии с маркировкой контактных зажимов по выбранной схеме проверки (см. рисунки 2 - 3). Затем плавно увеличивают первичный ток до значения, составляющего 5 % - 10 % от номинального. В случае правильной маркировки выводов на приборе сравнения токов можно определить соответствующие значения погрешностей поверяемого трансформатора тока. При неправильном обозначении контактных зажимов и выводов или неисправности поверяемого трансформатора тока срабатывает защита в приборе сравнения токов или неверно отображается угол фазового сдвига. В этом случае трансформатор тока дальнейшей проверке не подлежит и к применению не допускается.

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

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение токовой и угловой погрешностей

9.1.1 Токовые и угловые погрешности трансформаторов тока определяют дифференциальным (нулевым) методом в соответствии с рисунками 2 - 3 при значениях первичного тока и нагрузки, указанных в 9.1.3. Соединение приборов для измерительной схемы по рисункам 2 - 3 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.

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

9.1.3 Погрешности определяют:

а) для трансформаторов тока классов 0,5S, выпускаемых по ГОСТ 7746-2015, - при значениях первичного тока, составляющих 1 %; 5 %; 20 %; 100 % и 120 %, от номинального значения, и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока 100 % или 120 % от номинального значения и нагрузке, равной 25% от номинального значения нагрузки;

б) для трансформаторов тока классов точности от 0,2 до 1, выпускаемых по ГОСТ 7746-2015, - при значениях первичного тока, составляющих 5 %; 20 %; 100 % от номинального значения и при номинальной нагрузке, а также при значении первичного тока, равного 120 %, и нагрузке, равной 25% от номинального значения нагрузки.

г) для трансформаторов тока классов точности 5P, 10P, выпускаемых по ГОСТ 7746-2015, - при номинальном токе и номинальной нагрузке;

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

Примечания:

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

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Результаты поверки считаются положительным, если полученные значения токовой, угловой погрешностей не превышают пределов, указанных в таблицах 3 и 4.

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

Класс точности	Первичный ток, % номинального значения	Предел допускаемой погрешности		Диапазон вторичной нагрузки, % номинального значения
		Токовой, %	Угловой, '	
0,2	5	±0,75	±30	25-100
	20	±0,35	±15	
	100-120	±0,20	±10	
0,5	5	±1,50	±90	25-100
	20	±0,75	±45	
	100-120	±0,50	±30	
0,5S	1	±1,50	±90	25-100
	5	±0,75	±45	
	20	±0,50	±30	
	100	±0,50	±30	
	120	±0,50	±30	
1	5	±3,00	±180	25-100
	20	±1,50	±90	
	100-120	±1,00	±60	

Таблица 4 – Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты

Класс точности	Предел допускаемой погрешности		
	при номинальном первичном токе		при токе номинальной предельной кратности
	Токовой, %	Угловой, '	Полной, %
5P	±1,0	±60	5,0
10P и 10PR	±3,0	Не нормируют	10,0

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий (когда трансформатор не подтверждает соответствие метрологическим требованиям), поверку трансформатора прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

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

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

11.4 Протоколы поверки трансформатора оформляются по произвольной форме.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные метрологические характеристики трансформаторов

Наименование характеристики	Значение для модификации		
	ТПОЛ-20		ТПОЛ-35
Номинальное напряжение $U_{\text{ном}}^*$, кВ	20		35
Номинальный первичный ток $I_{1\text{ном}}$, А	1500	400; 600; 800; 1000; 1500; 2000	400; 600; 800; 1000; 1500
Номинальный вторичный ток $I_{2\text{ном}}$, А	5	1; 5	
Номинальная частота переменного тока, Гц	50; 60		
Количество вторичных обмоток	2	2	
Классы точности вторичных обмоток по ГОСТ 7746-2015: - для измерений, для учета - для защиты - для измерений и защиты	- - -	0,2; 0,5; 0,5S; 1 5P; 10P 0,5 (5P); 0,5 (10P); 1 (5P); 1(10P)	
Классы точности вторичных обмоток для за- щиты по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015	10PR	-	
Номинальная вторичная нагрузка $S_{2\text{ном}}$ с ин- дуктивно-активным коэффициентом мощно- сти $\cos\varphi_2=0,8$, В·А: - вторичной обмотки для измерений, для учета - вторичной обмотки защиты - вторичной обмотки для измерений и защиты	- 20 -	от 20 до 30 от 10 до 30 от 15 до 50	
Номинальная предельная кратность вторичных обмоток $K_{\text{ном}}$: - для защиты по ГОСТ 7746-2015 - для защиты по ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 - для измерений и защиты по ГОСТ 7746-2015	- 30 -	от 10 до 30 - от 10 до 30	
Номинальный коэффициент безопасности приборов $K_{\text{Бном}}$ вторичных обмоток для изме- рений	-	от 10 до 30	
Примечания: * - в трансформаторах, устанавливаемых в схеме поперечной дифференциальной защиты турбогенератора, в нормальном режиме эксплуатации на первичной обмотке отсутствует напряжение.			