



ВНИИМС

Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
институт метрологической службы»

119361, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный
округ Очаково-Матвеевское, ул. Озерная, д. 46

Тел.: (495) 437 55 77
E-mail: Office@vniims.ru

Факс: (495) 437 56 66
www.vniims.ru

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии



А.Е. Коломин

2024 г.

М.П.

ГСИ. Трансформаторы тока электронные оптические типа ТТЭО

Методика поверки
МП 206.1/047-2021 с Изменением №1

г. Москва
2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок трансформаторов тока электронных оптических типа ТТЭО (далее – ТТЭО).

Настоящая методика поверки обеспечивает прослеживаемость к ГЭТ 152-2023, ГЭТ 14-2014, ГЭТ 1-2022, ГЭТ 153-2019.

Реализацию методики поверки обеспечивает метод сравнения с мерой и непосредственных измерений.

В результате поверки в зависимости от метрологических и технических характеристик ТТЭО, приведённых в Приложении А, должны быть подтверждены следующие метрологические требования:

1. Для работы в сетях переменного тока пределы допускаемой погрешности не должны превышать пределы, приведенные в Табл. 1, Табл. 2, Табл. 3, Табл. 4, Табл. 5, Табл. 6 и Табл. 7;
2. Для работы в сетях постоянного тока пределы допускаемой погрешности не должны превышать пределы, приведенные в Табл. 8.

Табл. 1 – Пределы допускаемых погрешностей измерительного ТТ

Класс точности	Первичный ток, % от номинального значения	Пределы допускаемой погрешности		
		токовой (коэффициента масштабного преобразования)	угловой (угла фазового сдвига)	
			мин	срад
0,1	5	$\pm 0,4$	± 15	$\pm 0,45$
	20	$\pm 0,2$	± 8	$\pm 0,24$
	100	$\pm 0,1$	± 5	$\pm 0,15$
	120	$\pm 0,1$	± 5	$\pm 0,15$
0,2S	1	$\pm 0,75$	± 30	$\pm 0,9$
	5	$\pm 0,35$	± 15	$\pm 0,45$
	20	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$
	100	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$
	120	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$
0,2	5	$\pm 0,75$	± 30	$\pm 0,9$
	20	$\pm 0,35$	± 15	$\pm 0,45$
	100	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$
	120	$\pm 0,2$	± 10	$\pm 0,3$
0,5S	1	$\pm 1,5$	± 90	$\pm 2,7$
	5	$\pm 0,75$	± 45	$\pm 1,35$
	20	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$
	100	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$
	120	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$
0,5	5	$\pm 1,5$	± 90	$\pm 2,7$
	20	$\pm 0,75$	± 45	$\pm 1,35$
	100	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$
	120	$\pm 0,5$	± 30	$\pm 0,9$
1,0	5	$\pm 3,0$	± 180	$\pm 5,4$
	20	$\pm 1,5$	± 90	$\pm 2,7$
	100	$\pm 1,0$	± 60	$\pm 1,8$
	120	$\pm 1,0$	± 60	$\pm 1,8$

Табл. 2 – Пределы допускаемых погрешностей для защитного ТТ

Класс точности	Пределы допускаемой погрешности			Полная токовая погрешность в номинальном диапазоне первичного тока	Максимальная пиковая мгновенная токовая погрешность в номинальном диапазоне первичного тока
	при номинальном первичном токе				
	токовой (коэффициента масштабного преобразования)	угловой (угла фазового сдвига)			
	%	мин	срад	%	%
5P	±1	±60	±1,8	5	-
5TPR	±1	±60	±1,8	5	10

Табл. 3 – Пределы допускаемых погрешностей унифицированных классов точности 1И и 2И для измерительного ТТ

Диапазоны измерения тока	Исполнение 1И ($I_{ном} = 250 - 1000 \text{ A}$)			Исполнение 2И ($I_{ном} = 800 - 4000 \text{ A}$)		
	Амплитудная погрешность (Δf), $[\pm \ %]$	Значение тока, А действ.	Погрешность угла фазового сдвига ($\Delta \phi$), $[\pm \text{ мин}]$	Амплитудная погрешность (Δf), $[\pm \ %]$	Значение тока, А действ.	Погрешность угла фазового сдвига ($\Delta \phi$), $[\pm \text{ мин}]$
Нижний диапазон	0,75	2,5	30	0,75	8	30
	0,35	12,5	15	0,35	40	15
	0,2	50	10	0,2	160	10
Верхняя граница	0,2	1200	10	0,2	4800	10
	0,5	1500	20	0,5	6400	20

Табл. 4 – Пределы допускаемых погрешностей унифицированных классов точности 0И для измерительного ТТ

Диапазоны измерения тока	Исполнение 0И ($I_{ном} = 50 - 300 \text{ A}$)		
	Амплитудная погрешность (Δf), $[\pm \ %]$	Значение тока, А действ.	Погрешность угла фазового сдвига ($\Delta \phi$), $[\pm \text{ мин}]$
Нижний диапазон	0,75	0,5	30
	0,35	2,5	15
	0,2	5	10
Верхняя граница	0,2	300	10
	0,5	350	20

Табл. 5 – Пределы допускаемых погрешностей унифицированных классов точности 1Р и 2Р для защитного ТТ

Диапазоны измерения тока	Исполнение 1Р (для РЗА ВЛ и Т)		Исполнение 2Р (для РЗА Низкой стороны АТ)	
	Полная погрешность (ϵ_c), $[\pm \ %]$	Значение тока, А действ.	Полная погрешность (ϵ_c), $[\pm \ %]$	Значение тока, А действ.
Верхняя граница точности	1	36000	1	100000
	5	50000	5	126000
	10	55000	10	140000
	30	90000	30	200000

Табл. 6 – Пределы допускаемых погрешностей унифицированных классов точности 0Р для защитного ТТ

Диапазоны измерения тока	Исполнение 0Р	(для РЗА ВЛ и Т)
	Полная погрешность (ε_c), [± %]	Значение тока, А действ.
Верхняя граница точности	1	12500
	5	15000
	10	18000
	30	30000

Табл. 7 – Пределы допускаемых погрешностей измерения напряжения

Класс точности	Погрешность коэффициента масштабного преобразования напряжения, %	Погрешность угла фазового сдвига, мин
0,05	±0,05	±2,5
0,1	±0,1	±5
0,2	±0,2	±10
0,5	±0,5	±20

Примечание – Допустимые значения погрешностей в диапазоне измерений от 2 % до 20 % от номинального напряжения должны быть не хуже, чем удвоенные значения, приведенные в таблице.

Табл. 8 – Пределы допускаемой погрешности измерений силы постоянного тока

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока, %	Первичный ток, % от номинального значения
±0,1	10
	20
	30
	50
	80
	100
±0,2	10
	20
	30
	50
	80
	100
±0,5	10
	20
	30
	50
	80
	100
±1,0	10
	20
	30
	50
	80
	100

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в Табл. 9 и Табл.10.

Табл. 9 – Операции при поверке ТТЭО, предназначенного для работы в сетях переменного тока

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерительного ТТ для выхода 61850	Да	Да	10.1
Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности измерительного ТТ для выхода 61850	Да	Да	10.2
Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850	Да	Да	10.3
Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности	Да	Нет	10.4
Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности защитного ТТ для выхода 61850	Да	Нет	10.5
Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850 для ТТ оснащенного модулем измерения напряжения	Да	Да	10.6

Табл. 10 – Операции при поверке ТТЭО, предназначенного для работы в сетях постоянного тока

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого аналоговыми выходами	Да	Да	10.7
Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого цифровыми выходами	Да	Да	10.8
Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности интегратора значения силы постоянного тока, оснащённого импульсными выходами	Да	Да	10.9

3 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки рекомендуется применять средства и вспомогательное оборудование, указанные в Табл. 11.

Табл. 11 – Перечень рекомендуемых средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.6 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерения)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений температуры от -40 °С до +85 °С с погрешностью не более 0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне до 80 % с погрешностью не более 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106,7 кПа с погрешностью не более 0,2 кПа; Средства измерений напряжения питающей сети переменного тока в диапазоне от 198 до 242 В с погрешностью не более 0,5 %; Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 49,75 до 50,25 Гц с погрешностью не более 0,01 Гц; Средства измерений суммарного коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в диапазоне 5 % с погрешностью 10 %	Измеритель параметров микроклимата Метеоскоп-М; рег.№32014-11; Измеритель электрических параметров качества, мощности и количества электрической энергии телеметрические LPW-305, рег.№ 46877-16

Продолжение табл. 11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.1 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерительного ТТ для выхода 61850; п. 10.2 Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности измерительного ТТ для выхода 61850; п. 10.3 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850	Источник тока с выходным регулируемый однофазный синусоидальный ток от 0,05 до 6000 А; Источник тока с выходным регулируемым однофазным синусоидальным током до 30000 А; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 21 июля 2023 г. №1491 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов преобразования силы электрического тока» для средств измерений коэффициента и угла фазового сдвига масштабного преобразования синусоидального тока»; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 21 июля 2023 г. №1491 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов преобразования силы электрического тока» для средств измерений коэффициента и угла фазового сдвига масштабного преобразования синусоидального тока»; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 23.07.2021 г. №1436 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц»; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»	Источник тока регулируемый ИТ5000; Установка измерительная для прогрузки первичным током РЕТОМ™-30КА; рег.№34958-07; Трансформатор тока измерительный лабораторный ТТИ-5000.51; рег.№55278-13; Трансформатор тока измерительный лабораторный ТТИ-200; рег.№37898-08; Установка поверочная векторная компарирующая УПВК-МЭ 61850; рег.№60987-15; Сервер синхронизации времени ССВ-1Г; рег.№58301-14

Продолжение табл. 11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.4 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности; п. 10.5 Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности защитного ТТ для выхода 61850	Установка для генерации токов затухающей синусоидальной формы с заданной амплитудой от 1 до 260 кА первой полуволны; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 21 июля 2023 года №1491 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений коэффициентов преобразования силы электрического тока» для средств измерений коэффициента и угла фазового сдвига масштабного преобразования синусоидального тока»; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»	Стенд испытательный токов короткого замыкания СИ-ТКЗ; Трансформатор тока электронный оптический эталонный ТТЭО, рег.№64135-16; Сервер синхронизации времени ССВ-1Г; рег.№58301-14
п. 10.6 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850 для ТТ, оснащенного модулем измерения напряжения	Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 23.07.2021 г. №1436 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц»; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»; Средство воспроизведения сигналов в диапазоне напряжений переменного тока от 0 до 1000 В	Установка поверочная векторная компарирующая УПВК-МЭ 61850; рег.№60987-15; Сервер синхронизации времени ССВ-1Г; рег.№58301-14; Калибратор многофункциональный CALIBRO 14х, мод.142, рег.№ 39949-15

Продолжение табл. 11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.7 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого аналоговыми выходами	Выходное напряжение постоянного тока от 0 до 30 В с точностью установки $\pm 0,5$ мВ, выходная сила постоянного тока от 0 до 200 А с точностью установки ± 12 мА; Измеритель напряжения в диапазоне измерения напряжения постоянного тока (0 – 100) В с допускаемой основной относительной погрешностью измерения $\pm (0,005 \% \cdot U_{изм} + 0,002 \% \cdot U_{предел})$; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта № 2091 от 01.10.2018 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»	Источник питания SM3300 и SM6000, мод. SM 30-200; рег.№62237-15; Нановольтметр/ микроомметр 34420А; рег.№47886-11; Частотомер электронно-счетный АКИП-5102, АКИП-5102/1, мод. АКИП-5102 53220А; рег.№ 57319-14; Шунт токовый АКИП-7501; рег.№49121-12; Мультиметр 3458А; рег.№25900-03

Продолжение табл. 11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.8 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого цифровыми выходами	Источник с характеристиками: Выходное напряжение постоянного тока от 0 до 30 В с точностью установки $\pm 0,5$ мВ, выходная сила постоянного тока от 0 до 200 А с точностью установки ± 12 мА; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 23.07.2021 г. №1436 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц»; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта № 2091 от 01.10.2018 г. «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»	Источник питания SM3300 и SM6000, мод. SM 30-200; рег.№62237-15; Установка поверочная векторная компарирующая УПВК-МЭ 61850; рег.№60987-15; Сервер синхронизации времени ССВ-1Г; рег.№58301-14; Мультиметр 3458А; рег.№25900-03

Продолжение табл. 11

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.9 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности интегратора значения силы постоянного тока, оснащённого импульсными выходами	Выходное напряжение постоянного тока от 0 до 30 В с точностью установки $\pm 0,5$ мВ, выходная сила постоянного тока от 0 до 200 А с точностью установки ± 12 мА; Измеритель напряжения в диапазоне измерения напряжения постоянного тока (0 – 100) В с допускаемой основной относительной погрешностью измерения $\pm (0,005 \% \cdot U_{изм} + 0,002 \% \cdot U_{предел})$; Эталон не ниже 2 разряда по приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»; Эталон не ниже 5 разряда по приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»; Средство измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов с диапазоном коэффициента развертки составляет от 5 нс/дел до 5 с/дел и пределами допускаемой основной относительной погрешности коэффициента развертки $\pm 0,01$ %; Средство измерений интервалов времени с дискретностью измеряемых интервалов времени: 0,01 с, погрешность: $\pm (9,6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0,01)$ с	Источник питания SM3300 и SM6000, мод. SM 30-200; рег.№62237-15; Нановольтметр/микроомметр 34420А; рег.№47886-11; Шунт токовый АКИП-7501; рег.№49121-12; Частотомер электронно-счетный АКИП-5102, АКИП-5102/1, мод. АКИП-5102 53220А; рег.№ 57319-14; Осциллограф цифровой TDS2001C, TDS2002C, TDS2004C, TDS2012C, TDS2014C, TDS2022C, TDS2024C, мод. TDS2024C, рег.№48471-11; Секундомер электронный Интеграл С-01, рег.№44154-16

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в Табл.11.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускают лица со средним или высшим техническим образованием, ознакомленные с руководством по эксплуатации и документацией по поверке, имеющие опыт работы не менее 1 года в качестве поверителей средств измерений электрических и магнитных величин.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением выше 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.3, «Правилами техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок». Соблюдают также требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на устройство и применяемые средства измерений.

5.2 Средства поверки, которые подлежат заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение – после всех отсоединений.

5.3 Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

6 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия применения:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 35°С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 80 до 106,7 кПа;
- напряжение питающей сети переменного тока от 198 до 242 В;
- отклонение частоты источника питающего напряжения не более $\pm 0,5$ % от номинальной частоты 50 Гц;
- суммарный коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, не более 5 %.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- провести технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75;
- выдержать установку в условиях окружающей среды, указанных в п.6, не менее 4 ч., если она находилась в климатических условиях, отличающихся от указанных в п.6;
- подготовить к работе средства поверки, используемые при поверке, в соответствии с настоящей Методикой и убедиться, что все средства измерений в исправном техническом состоянии и поверены).

7.2 Опробование средства измерений проводить в следующем порядке:

1) Подключить персональный компьютер (далее по тексту – ПЭВМ) к цифровым выходным интерфейсам ТТЭО.

2) Включить ТТЭО (подать питание), убедиться в наличии индикации на экране (в течение 2-3 секунд происходит загрузка программного обеспечения).

3) При успешном окончании процесса загрузки внутреннего программного обеспечения преобразователя загорается зеленым светодиод «Состояние» на передней панели устройства.

4) Убедиться в приеме на ПЭВМ сигналов с выходных интерфейсов, соответствующих показаниям на экране ТТЭО.

Результат проверки считают положительным, если после подачи питания на ТТЭО включился индикатор (экран), загорелся зеленым светодиод «Состояние» и при отсутствии силы тока показания преобразователя близки к нулевым значениям на экране и ПЭВМ.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

8.1 При проведении внешнего осмотра ТТЭО проверяют:

- соответствие комплектности перечню, указанному в паспорте ТТЭО;
- соответствие серийных номеров чувствительных элементов, электронно-оптических блоков (далее – ЭОБ)) указанным в паспорте;
- соответствие серийных номеров модулей, входящих в состав ЭОБ (электронно-оптические модули, модуль измерения напряжения, модуль температурный), указанным в паспорте с помощью ПЭВМ с ПО производителя ТТЭО;
- маркировку: наличие необходимых надписей на наружных панелях ЭОБ и чувствительных элементов (для ТТЭО шинного и опорного исполнения – маркировочные таблички высоковольтных колонн);
- разборные контактные соединения должны иметь маркировку, а резьба винтов и гаек должна быть исправна;
- на корпусе всех элементов трансформатора не должно быть трещин, царапин, забоин, сколов;
- соединительный провод не должен иметь механических повреждений;
- отдельные части элементов трансформатора должны быть прочно закреплены.

Результат внешнего осмотра считают положительным, если комплектность и серийный номера соответствуют указанным в паспорте, маркировка и надписи на наружных панелях соответствуют эксплуатационной документации, а также отсутствуют механические повреждения, способные повлиять на работоспособность ТТЭО.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) ТТЭО должно выполняться путем контроля идентификационных данных программного обеспечения для каждого ЭОБ в отдельности:

- наименования метрологически значимых частей ПО;
- версии метрологически значимых частей ПО.

Идентификационные данные метрологически незначимых частей являются справочными и контролю не подлежат.

9.2 Идентификацию ПО производить следующим образом:

- Произвести подготовку ТТЭО к работе согласно руководству по эксплуатации.
- Включить ТТЭО.
- На передней панели ТТЭО открыть подменю «информация о ПО». В диалоговом окне отобразятся версии ПО. Версии ПО должны быть не ниже, чем версии, указанные в описании типа на ТТЭО.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

10.1 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерительного ТТ для выхода 61850

Определение соответствия классу точности измерительного ТТ для выхода 61850 проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 1.
2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элементом, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.
3. Воспроизводят испытательный сигнал с помощью источника в соответствии со значениями, указанными в Табл. 1 согласно п.12.2 ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

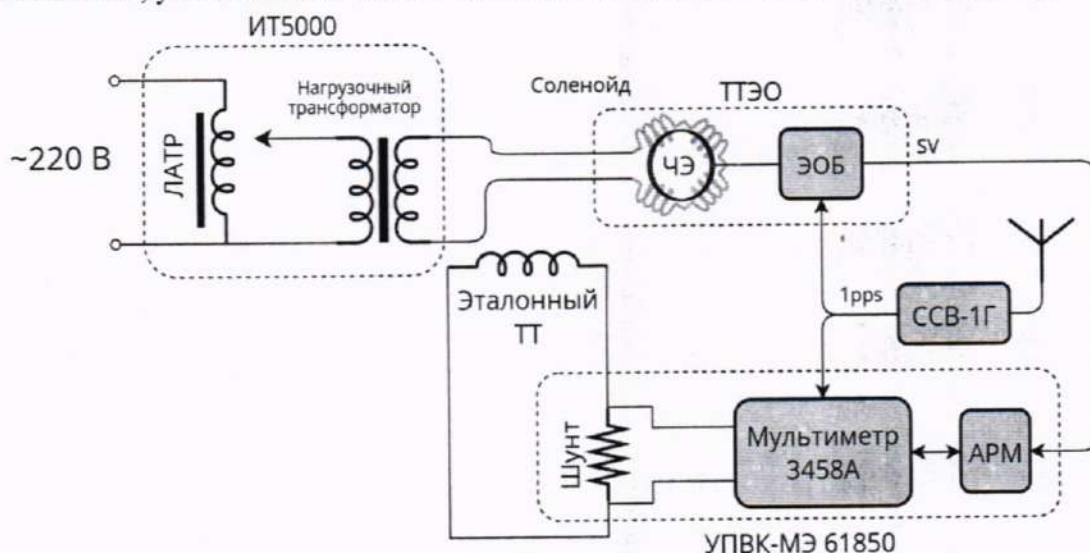


Рис. 1 – Схема для определения соответствия классу точности измерительного и защитного ТТ для выхода 61850

4. Получают значения погрешности коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига силы переменного тока (для выхода 61850) с АРМ УПК-МЭ 61850.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига силы переменного тока (для выхода 61850) находится в пределах, указанных в Табл. 1 согласно п.12.2 ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

10.2 Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности измерительного ТТ для выхода 61850

При указании в паспорте на устройство принадлежности к унифицированным классам точности для целей коммерческого учета производят определение соответствия унифицированному классу точности измерительного ТТ для выхода 61850. Данная операция проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 1.
2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элементом, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.
3. Воспроизводят испытательный сигнал с помощью источника в соответствии со значениями, указанными в Табл. 3 и Табл. 4.

4. Получают значения погрешности коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига силы переменного тока (для выхода 61850) с АРМ УПВК-МЭ 61850.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига силы переменного тока (для выхода 61850) находится в пределах, указанных в Табл. 3 и Табл. 4.

10.3 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850

Определение соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 на номинальном токе проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 1.
2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элемента, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

3. Воспроизводят испытательный сигнал равный номинальному значения тока с помощью источника.

4. Получают значения погрешности коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига силы переменного тока (для выхода 61850) на номинальном токе с АРМ УПВК-МЭ 61850.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования на номинальном токе, погрешность угла фазового сдвига на номинальном токе находятся в пределах, указанных в Табл. 2 согласно п.13.1 ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

10.4 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности

Определение соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 2.
2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элемента, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

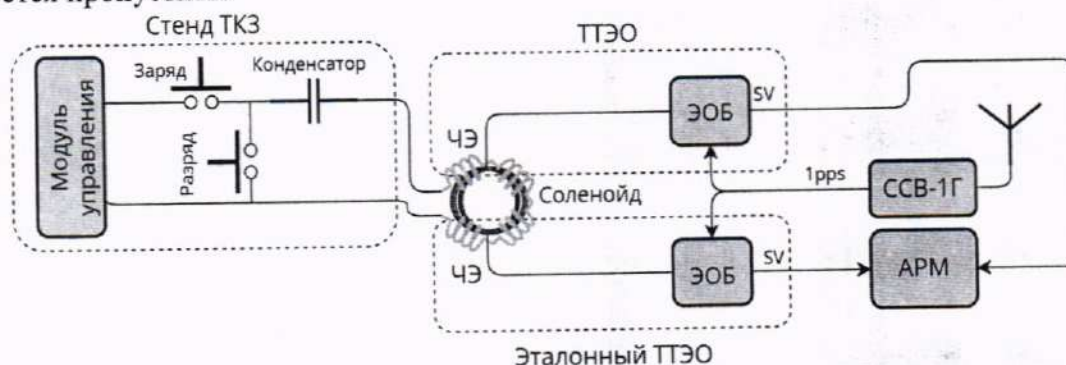


Рис. 2 – Схема для определения соответствия классу точности защитного ТТ в диапазоне токов предельной кратности для выхода 61850

3. Воспроизводят 2 испытательных сигнала с затухающей синусоидальной формой в каждой полярности при номинальном токе и при токе предельной кратности для данного ТТЭО.

4. С помощью ПЭВМ фиксируют мгновенные значения тока с эталонного и поверяемого трансформаторов. Длительность записи не менее 20 мс.

5. Рассчитывают значения полной токовой погрешности силы переменного тока (для выхода 61850) для каждого случая по формуле (3).

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_1} \cdot \sqrt{\frac{T_s}{kT} \sum_{n=1}^{kT/T_s} (i_2(n) - i_1(n))^2}, \quad (3)$$

где I_1 - среднеквадратичное значение тока с эталонного ТТЭО;

i_1 - мгновенное значение тока с эталонного ТТЭО;

i_2 - мгновенное значение тока с поверяемого ТТЭО;

T - продолжительность одного цикла;

n - число зарегистрированных наборов данных;

k - количество периодов суммирования;

T_s - интервал времени между двумя мгновенными значениями (шаг дискретизации).

6. Рассчитывают значения максимальной пиковой мгновенной погрешности для каждого случая по формулам (4) и (5).

$$i_\varepsilon = i_2 - i_1, \quad (4)$$

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_\varepsilon}{\sqrt{2} \cdot I_{pcs}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где i_ε - мгновенное значение погрешности для каждого набора данных;

$\hat{i}_\varepsilon$ - максимальное мгновенное значение погрешности;

I_{pcs} - ток предельной кратности данного ТТЭО.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если полная токовая погрешность и максимальная пиковая мгновенная токовая погрешность в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности (для выхода 61850) находятся в пределах, указанных в Табл. 2 согласно п.13.1 ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

10.5 Определение метрологических характеристик в части соответствия унифицированному классу точности защитного ТТ для выхода 61850

При указании в паспорте на устройство принадлежности к унифицированным классам точности для целей релейной защиты производят определение соответствия унифицированному классу точности защитного ТТ для выхода 61850. Данная операция проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 2.

2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элемента, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

3. Воспроизводят затухающие испытательные сигналы в соответствии с Табл. 5 и Табл. 6.

4. С помощью ПЭВМ фиксируют мгновенные значения тока с эталонного и поверяемого трансформаторов. Длительность записи не менее 20 мс.

5. Рассчитывают значения полной токовой погрешности силы переменного тока (для выхода 61850) для каждого случая по формуле (3).

Результаты испытания считают удовлетворительными, если полная погрешность находится в пределах, указанных в Табл. 5 и Табл. 6.

10.6 Определение метрологических характеристик в части соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850 для ТТ, оснащенного модулем измерения напряжения

Определение соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850 проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 3.

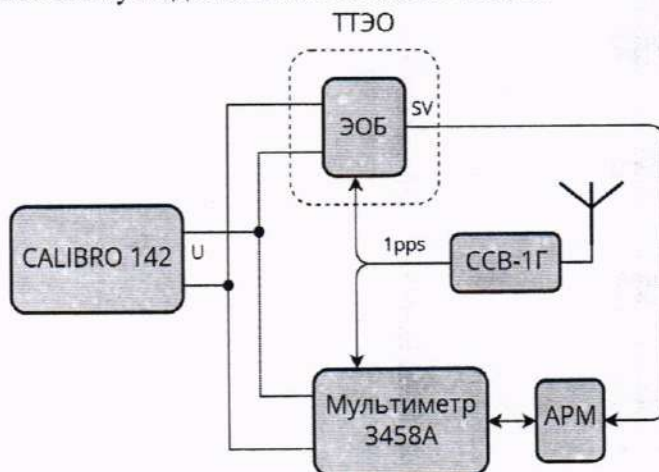


Рис. 3 – Схема для определения соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850

2. Воспроизводят последовательно испытательные сигналы равные 2, 20, 80, 100, 120, 150 (190) % от номинального измеряемого вторичного напряжения с помощью калибратора.

3. Получают значения погрешности коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига переменного напряжения (для выхода 61850) с АРМ УПВК-МЭ 61850.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига переменного напряжения (для выхода 61850) находится в пределах, указанных в Табл. 7.

10.7 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого аналоговыми выходами

Определение погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого аналоговыми выходами, проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 4.

Для проверки ТТЭО в данной схеме используются соленоиды (см. приложение Б), включенные последовательно и подключаемые к источнику питания SM 30-200.

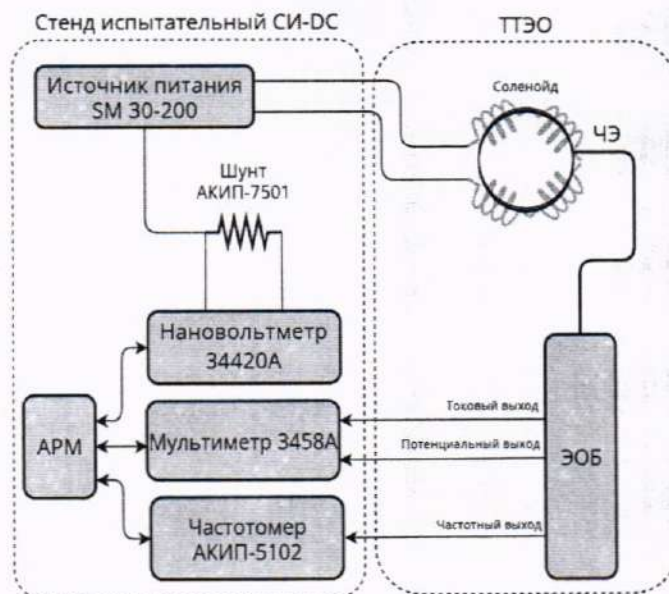


Рис. 4 – Схема для определения погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока для аналоговых выходов

2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элементом, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

3. Воспроизводят 5 различных испытательных сигналов, равномерно распределённых в диапазоне рабочих токов, с помощью источника питания. Диапазон рабочих токов указывается в паспорте на устройство.

4. Установленное значение силы постоянного тока рассчитывают, снимая показания с нановольтметра/микроомметра 34420А (далее по тексту – 34420А), подключенного к шунту токовому АК ИП-7501, по формуле (1):

$$I = \frac{U}{R} \cdot N \quad (1)$$

где U – измеренное значение напряжения постоянного тока с помощью 34420А;
 R – номинальное сопротивление шунта токового АК ИП-7501;
 N – число витков в соленоиде (см. приложение Б).

5. Измеряют значения силы постоянного тока от ТТЭО:

- 5.1 Для токового выхода с мультиметра 3458А.
- 5.2 Для потенциального выхода с мультиметра 3458А.
- 5.3 Для частотного выхода с частотомера АК ИП-5102.

6. Рассчитывают относительную погрешность по формуле (2):

$$\delta X = \frac{X_{\text{и}} - X}{X} \cdot 100\% \quad (2)$$

где X – установленное значение силы постоянного тока, получаемое по формуле (1);

$X_{\text{и}}$ – значение силы постоянного тока, транслируемое с ТТЭО и приведенное к первичным значениям путем умножения на передаточный коэффициент.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока находится в пределах допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока для данного ТТЭО, указанных в Табл. 8.

10.8 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого цифровыми выходами

Определение погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого цифровыми выходами, проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 5.

Для проверки ТТЭО в данной схеме используются соленоиды (см. приложение Б), включенные последовательно и подключаемые к источнику питания SM 30-200.

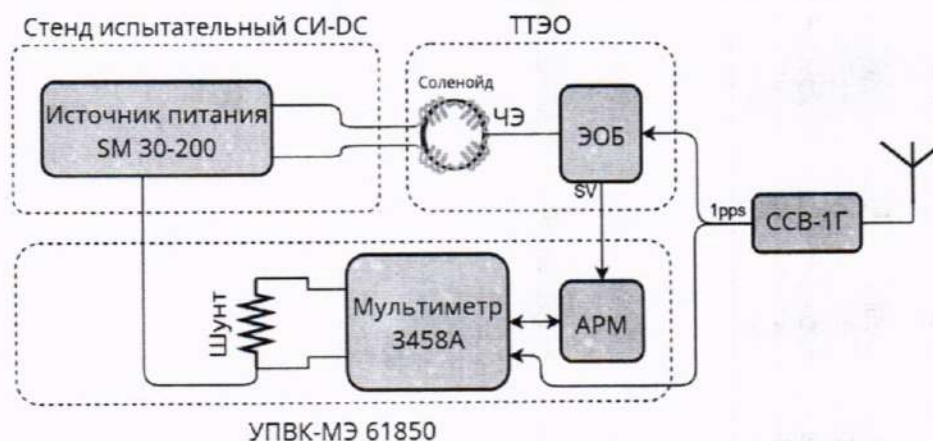


Рис. 5 – Схема для определения погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока для цифрового выхода

2. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элементом, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

3. Воспроизводят 5 различных испытательных сигналов, равномерно распределённых в диапазоне рабочих токов, с помощью источника питания. Диапазон рабочих токов указывается в паспорте на устройство.

4. Установленное значение силы постоянного тока рассчитывают, снимая показания с 34420А, подключенного к шунту АКИП-7501, по формуле (1).

5. Измеряют значения силы постоянного тока для выхода 61850 с помощью УПКВ-МЭ 61850 с ТТЭО.

6. Рассчитывают относительную погрешность по формуле (2).

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока находится в пределах допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока для данного ТТЭО, указанных в Табл. 8.

10.9 Определение метрологических характеристик в части соответствия погрешности интегратора значения силы постоянного тока, оснащённого импульсными выходами

Определение погрешности интегратора значения силы постоянного тока, оснащённого импульсными выходами, проводится для каждого ЭОБ в отдельности и в следующей последовательности:

1. Собирают схему подключений согласно Рис. 6.

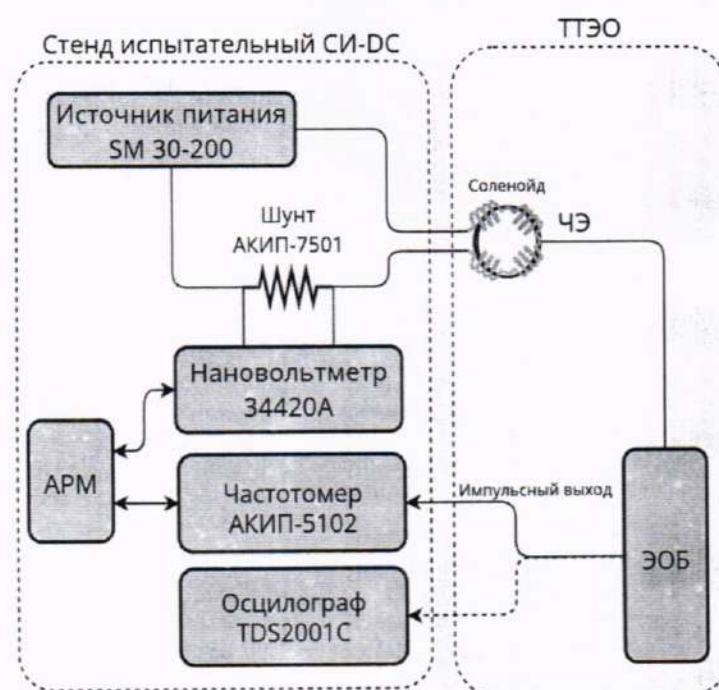


Рис. 6 – Схема для определения погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока для импульсного выхода

2. Воспроизводят испытательный сигнал равный номинальному значения тока с помощью источника.

3. Для поверяемого ТТЭО устанавливают в зависимости от номинального первичного тока соответствующее количество витков гибкого чувствительным элемента, опираясь на паспорт и РЭ на устройство. Для остальных исполнений данный пункт требуется пропустить.

4. Цифровым осциллографом TDS2024C определяют параметры выходного сигнала с импульсного выхода. Измеренные параметры сигнала не должны превышать указанные в Табл. 12.

Табл. 12 – Параметры импульсного выхода

Параметр	Значение
Длительность импульса, мс	125 ± 5

5. Воспроизводят последовательно 2 различных испытательных сигнала, величиной 10 % и 25 % от номинального тока, с помощью источника питания. Длительность каждого - 30 минут.

6. Выходную силу постоянного тока считают постоянной и рассчитывают, снимая показания с 34420А, подключенного к шунту токовому АКП-7501, по формуле (1).

7. Время измерения контролируют с помощью секундомера электронного Интеграл С-01 (далее по тексту – секундомер), количество импульсов с ТТЭО – частотомером АКП-5102. Вычисляют количество импульсов, соответствующее интегралу значения силы электрического тока за время воспроизведения, с помощью показаний секундомера по формуле (6):

$$X = \frac{I \cdot t_{\text{изм}}}{M_k} \quad (6)$$

где M_k – коэффициенты масштабного преобразования импульсного выхода каналов, используемые в зависимости от конфигурации ТТЭО;

$t_{\text{изм}}$ – измеренное значение времени с помощью секундомера.

8. Рассчитывают относительную погрешность коэффициента масштабного преобразования для импульсного выхода по формуле (7):

$$\delta X = \frac{X_{\text{и}} - X}{X} \cdot 100\% \quad (7)$$

где X – количество импульсов, соответствующее интегралу значения силы электрического тока за время воспроизведения, полученное по формуле (6);

$X_{\text{и}}$ – количество импульсов, зафиксированное за время испытания частотомером АКИП-5102.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если погрешность интегратора значения силы постоянного тока (импульсный выход) находится в пределах допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока для данного ТТЭО, указанных в Табл. 8.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 ТТЭО как средство измерений считают соответствующим своим метрологическим требованиям, если полученные значения погрешностей по результатам расчетов по пунктам раздела 10 не превышают допустимых значений, указанных в Табл. 1, Табл. 2, Табл. 3, Табл. 4, Табл. 5, Табл. 6, Табл. 7 и Табл. 8.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки ТТЭО передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510.

12.2 По заявлению владельца ТТЭО или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510 и (или) внесением в паспорт ТТЭО записи о проведенной поверке. Оформление результатов поверки в паспорте средств измерений, по результатам поверки которых подтверждено их соответствие метрологическим требованиям, включает запись о проведенной поверке в виде «поверка выполнена». Указанная запись заверяется подписью поверителя с расшифровкой подписи (указываются фамилия и инициалы поверителя), наносится знак поверки и указывается дата поверки.

12.3 По заявлению владельца ТТЭО или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с приказом Минпромторга РФ от 31.07.2020 г. № 2510, и (или) внесением в паспорт средства измерений соответствующей записи.

12.4 Протокол поверки ТТЭО оформляется в соответствии с Приложением В.

Заместитель начальника центра 201
ФГБУ «ВНИИМС»



Ю.А. Шатохина

Инженер 2 категории
лаборатории 201/1.1 НИО 201/1 центра 201
ФГБУ «ВНИИМС»



А.А. Куцобин

Приложение А

(обязательное)

Метрологические и технические характеристики

Табл. А – Метрологические и технические характеристики

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, кВ	от 0 до 750
Номинальный первичный ток $I_{ном}$, А	от 1 до 600 000
Классы точности измерительного ТТ на переменном токе	0,1; 0,2S; 0,2; 0,5S; 0,5; 1,0
Классы точности защитного ТТ на переменном токе	5P; 5TPE
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока, %	$\pm 0,1$; $\pm 0,2$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$
Номинальная частота измеряемого тока, Гц	от 0 (постоянный ток) до 9 000
Номинальный коэффициент расширенного первичного тока	от 1,2 до 8,0
Количество измеряемых фаз тока	от 1 до 3
Номинальное измеряемое вторичное напряжение, В	$100 / \sqrt{3}$, опционально от 1 до 300
Диапазон измеряемого вторичного напряжения, % от номинального	от 2 до 150, опционально – до 190
Номинальная частота измеряемого вторичного напряжения, Гц	от 0 (постоянный ток) до 9 000
Классы точности измерения напряжения на переменном токе	0,05; 0,1; 0,2; 0,5
Количество измеряемых фаз напряжения	0 или 3
Количество вспомогательных низкоуровневых выходов	От 0 до 10
Тип вспомогательных низкоуровневых выходов	Частотный, импульсный, токовый, потенциальный, сухой контакт
Номинальное напряжение вспомогательного потенциального выхода, В	от 0,05 до 10
Максимальное сопротивление вторичной цепи вспомогательного потенциального выхода, кОм	400
Номинальный вторичный ток вспомогательного низкоуровневого токового выхода, мА	от 4 до 40

Характеристика	Значение
Максимальное сопротивление вторичной цепи вспомогательного низкоуровневого токового выхода, Ом	50
Номинальный коэффициент преобразования вспомогательных частотных выходов, Гц/кА	от 1 до 150 000
Минимальное сопротивление вторичной цепи вспомогательных частотных выходов, Ом	100
Номинальное значение вспомогательного интегрирующего импульсного выхода, кА·с	от 1 до 400
Минимальное сопротивление вторичной цепи вспомогательного импульсного выхода, Ом	1000
Период обновления данных на вспомогательных низкоуровневых частотных, импульсных, токовых и Modbus портах передней панели, мс	от 0,2 до 3000
Частота дискретизации по выходу "МЭК 61850-9-2", выборки в секунду	от 100 до 64000
Тип входа синхронизации времени	1PPS оптический (спад/фронт), 1PPS электрический (спад/фронт), PTP
Период удержания частоты при отсутствии внешней синхронизации, с, не менее	60
Точность синхронизации времени по внешнему источнику, мкс	от 0,1 до 25
Диапазон пропускания частот при сохранении класса точности, Гц	от 0 до 9000

Приложение Б

(обязательное)

Обоснование методики проверки с использованием соленоидов

В основе измерения тока ТТЭО лежит использование эффекта Фарадея. Эффект Фарадея вызывает сдвиг фаз $\Delta\varphi$ между циркулярными световыми модами в отрезке чувствительного волокна dl , находящемся в магнитном поле измеряемого электрического тока согласно формуле:

$$\Delta\varphi = 2 \cdot \int_0^L V(\vec{B}, d\vec{l}) \quad (\text{Б.1})$$

где (B, dl) – проекция индукции магнитного поля B , обусловленного протекающим током, на элемент длины волокна, умноженная на этот элемент, V – константа Верде, L – длина волокна.

При измерении чувствительное волокно ТТЭО замыкают в контур, охватывающем медные витки соленоидов с током, для того чтобы исключить паразитные сигналы. В этом случае с учетом двойного прохождения световых волн по волоконному контуру сдвиг фаз $\Delta\varphi$ пропорционален циркуляции магнитного поля H по замкнутому волоконному контуру:

$$\Delta\varphi = 4V \oint (\vec{B}, d\vec{l}) = 4V\mu_0 \oint (\vec{H}, d\vec{l}) \quad (\text{Б.2})$$

Если чувствительный элемент имеет N_f волоконных контуров (витков), то выражение для сдвига фаз $\Delta\varphi$ имеет вид:

$$\Delta\varphi = 4V \oint (\vec{B}, d\vec{l}) = 4V\mu_0 N_f \oint (\vec{H}, d\vec{l}) \quad (\text{Б.3})$$

На основании уравнения Максвелла (теорема о циркуляции вектора магнитного поля) циркуляция вектора H по произвольному замкнутому контуру равна алгебраической сумме токов, пересекающих произвольную поверхность, замыкаемую на этот контур:

$$\oint (\vec{H}, d\vec{l}) = \sum_{i=1}^N I_i \quad (\text{Б.4})$$

В используемой для поверки ТТЭО схеме чувствительное волокно проходит внутри нескольких соленоидов и замыкает контур вне этих соленоидов. Провода (медные витки) с одним и тем же током $I_{\text{вх}}$ пересекут плоскость контура столько раз, каково суммарное число витков в этих соленоидах. Тогда:

$$\sum_{i=1}^N I_i = I_{\text{вх}} N_k n \quad (\text{Б.5})$$

$I_{\text{вх}}$ – значение силы постоянного тока установленной с источника и контролируемая с помощью катушки Р310 и вольтметра Agilent 34420 А;

N_k – количество токовых катушек;

n – количество витков в одной токовой катушке ($n=800$).

И выражение (3) можно записать следующим образом:

$$\Delta\varphi = 4 \cdot V \cdot \mu_0 \cdot N_f \cdot I_{\text{вх}} \cdot Nn \quad \text{или} \quad \Delta\varphi = 4 \cdot V \cdot \mu_0 \cdot N_f \cdot I_{\text{экв}}, \quad (\text{Б.6})$$

$$\text{где } I_{\text{экв}} = I_{\text{вх}} \cdot N_k \cdot n \quad (\text{Б.7})$$

– эквивалентная сила постоянного тока, позволяющая с помощью соленоида проверять ТТЭО, используя токи $I_{\text{вх}}$ меньших значений.

Приложение В

(рекомендуемое)

Протокол (первичной) поверки № _____

к свидетельству о поверке № _____

от _____

1 Средство измерений:

Трансформатор тока электронный оптический типа ТТЭО исполнение
ТТЭО-_____

Заводской № _____

год выпуска _____

Рег. № _____

Заводские номера составляющих:

ЭОБ 1 № _____

Электронно-оптический модуль

L1 № _____ L2 № _____ L3 № _____

Модуль измерения напряжения № _____ Модуль температурный № _____

ЭОБ 2 № _____

Электронно-оптический модуль

L1 № _____ L2 № _____ L3 № _____

Модуль измерения напряжения № _____ Модуль температурный № _____

Чувствительный элемент/высоковольтная колонна L1 № _____ L2 № _____ L3 № _____

2 Изготовитель _____

3 Поверено _____

в соответствии с _____

4 Средства поверки: _____

5 При следующих значениях влияющих факторов:

- температура _____ °C
- отн. влажность _____ %
- атм. давление _____ кПа
- частота питающей сети _____ Гц

6 Результаты поверки:

Наименование операции поверки	Результат
Внешний осмотр	
Опробование	
Подтверждение соответствия программного обеспечения	
Проверка метрологических характеристик	

Метрологические характеристики

1. Определение погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого аналоговыми выходами

Таблица 1 – Действительные значения погрешностей постоянного тока по аналоговым выходам ЭОБ 1 зав.№

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %							
		Выход 1		Выход 2		Выход 3		Выход 4	
		факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск
	10		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	20		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	30		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	50		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	80		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	100		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2

Таблица 2 – Действительные значения погрешностей постоянного тока по аналоговым выходам ЭОБ 2 зав.№

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %							
		Выход 1		Выход 2		Выход 3		Выход 4	
		факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск	факт	допуск
	10		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	20		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	30		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	50		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	80		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2
	100		±0,2		±0,2		±0,2		±0,2

2. Определение погрешности коэффициента масштабного преобразования силы постоянного тока ТТЭО, оснащённого цифровыми выходами

Таблица 3 – Действительные значения погрешностей постоянного тока для выхода 61850 ЭОБ 1 зав.№

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %	
		факт	допуск
	10		±0,2
	20		±0,2
	30		±0,2
	50		±0,2
	80		±0,2
	100		±0,2

Таблица 4 – Действительные значения погрешностей постоянного тока для выхода 61850 ЭОБ 2 зав.№

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %	
		факт	допуск
	10		±0,2
	20		±0,2
	30		±0,2
	50		±0,2
	80		±0,2
	100		±0,2

3. Определение соответствия классу точности измерительного ТТ для выхода 61850

Таблица 5 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 1 зав.№ кл. точности 0,2S по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010

Номинальный ток, А	Фаза	Значение первичного тока, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10
	В	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10
	С	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10

Примечание. Красш – коэффициент расширенного первичного тока.

Таблица 6 - Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 2 зав.№ кл. точности 0,2S по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010

Номинальный ток, А	Фаза	Значение первичного тока, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10
	В	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10
	С	1		0,75		30
		5		0,35		15
		20		0,2		10
		100		0,2		10
		120(Красш.*100)		0,2		10

Примечание. Красш – коэффициент расширенного первичного тока.

4. Определение соответствия унифицированному классу точности измерительного ТТ для выхода 61850

Таблица 7 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 1 зав.№ унифицированный класс точности для целей коммерческого учета

Фаза	Значение первичного тока, А действ.	Погрешность поверяемого трансформатора			
		Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
		факт	допуск	факт	допуск
А			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20
В			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20
С			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20

Таблица 8 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 2 зав.№ унифицированный класс точности для целей коммерческого учета

Фаза	Значение первичного тока, А действ.	Погрешность поверяемого трансформатора			
		Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
		факт	допуск	факт	допуск
А			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20
В			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20
С			0,75		30
			0,35		15
			0,2		10
			0,2		10
			0,5		20

5. Определение соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850

Таблица 9 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 1 зав.№ кл. точности 5TRP по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010

Номинальный ток, А	Фаза	Значение первичного тока, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	100		1		60
	В	100		1		60
	С	100		1		60

Таблица 10 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей тока ЭОБ 2 зав.№ кл. точности 5TRP по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010

Номинальный ток, А	Фаза	Значение первичного тока, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	100		1		60
	В	100		1		60
	С	100		1		60

6. Определение соответствия классу точности защитного ТТ для выхода 61850 в диапазоне от номинального тока до тока предельной кратности

Таблица 11 – Действительные значения полной токовой погрешности ε_c и максимальной пиковой мгновенной погрешности $\hat{\varepsilon}$ тока ЭОБ 1 зав.№___ кл. точности 5TRP по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

[illegible]

Таблица 12 – Действительные значения полной токовой погрешности ε_c и максимальной пиковой мгновенной погрешности ε' тока ЭОБ 2 зав.№__ кл. точности 5TPE по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010.

Значение первичного тока (действ), А	Фаза	Погрешность поверяемого трансформатора			
		Полная токовая погрешность, %		Максимальная пиковая мгновенная погрешность, %	
		факт	допуск	факт	допуск
	А		5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
	В		5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
	С		5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10
			5		10

7. Определение соответствия унифицированному классу точности защитного ТТ для выхода 61850

Таблица 13 – Действительные значения полной погрешности ε_c тока ЭОБ 1 зав.№__ унифицированный класс точности __ для целей релейной защиты

Значение первичного тока (действ), А	Фаза	Погрешность поверяемого трансформатора	
		Полная токовая погрешность ε_c , %	
		факт	допуск
	А		1
			5
			10
			30
	В		1
			5
			10
			30
	С		1
			5
			10
			30

Таблица 14 – Действительные значения полной погрешности ε_c тока ЭОБ 2 зав.№__

унифицированный класс точности _____ для целей релейной защиты

Значение первичного тока (действ), А	Фаза	Погрешность поверяемого трансформатора	
		Полная токовая погрешность ε_c , %	
		факт	допуск
	А		1
			5
			10
			30
	В		1
			5
			10
			30
	С		1
			5
			10
			30

8. Определение погрешности интегратора значения силы постоянного тока, оснащённого импульсными выходами

Таблица 15 – Действительные значения погрешностей постоянного тока для импульсного выхода ЭОБ 1

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %	
		факт	допуск
	10		$\pm 0,2$
	25		$\pm 0,2$

Таблица 16 – Действительные значения погрешностей постоянного тока для импульсного выхода ЭОБ 2

Номинальный ток, кА	Значение первичного тока в % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора, %	
		факт	допуск
	10		$\pm 0,2$
	25		$\pm 0,2$

9. Определение соответствия классу точности измерения напряжения для выхода 61850 для ТТ, оснащенного модулем измерения напряжения

Таблица 17 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей напряжения модуля измерения напряжения ЭОБ 1 зав.№ _____ кл. точности 0,1

Номинальное напряжение, В	Фаза	Значение первичного напряжения, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5
	В	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5
	С	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5

Таблица 18 – Действительные значения амплитудной Δf и угловой $\Delta \phi$ погрешностей напряжения модуля измерения напряжения ЭОБ 2 зав.№ _____ кл. точности 0,1

Номинальное напряжение, В	Фаза	Значение первичного напряжения, % от номинального значения	Погрешность поверяемого трансформатора			
			Δf , %		$\Delta \phi$, мин	
			факт	допуск	факт	допуск
	А	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5
	В	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5
	С	2		0,2		10
		20		0,2		10
		80		0,1		5
		100		0,1		5
		120		0,1		5
		150(190)		0,1		5

5 Вывод: _____

Поверитель

Подпись

Инициалы, фамилия

Дата поверки _____