

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Трансформаторы тока электронные оптические ТТЭО эталонные

Назначение средства измерений

Трансформаторы тока электронные оптические ТТЭО эталонные (далее по тексту - ТТЭО) предназначены для измерения и масштабного преобразования значения силы переменного и постоянного тока, выработки сигнала измерительной информации в аналоговом и цифровом виде согласно стандарту "IEC 61850-9-2:2011 на русском языке" (далее - IEC 61850-9-2), а так же - в качестве эталонного средства измерения при поверке и калибровке.

Описание средства измерений

Принцип действия ТТЭО основан на двух физических законах: законе полного тока и эффекте Фарадея. ТТЭО содержит чувствительный элемент (магниточувствительное оптоволокно), в котором происходит преобразование измерительной информации о силе тока в набег фаз поляризованного излучения.

Отклик чувствительного элемента прямо пропорционален величине измеряемого тока и числу витков чувствительного контура.

Сигнал пропорциональный силе тока полученный на выходе оптической схемы ТТЭО преобразуется в цифровую форму. Цифровой код синхронно подается на цифро-аналоговый преобразователь тока (для токовых выходов), цифро-аналоговый преобразователь напряжения (для потенциальных выходов), блок формирования цифровых пакетов данных, а также через дециматор на расположенный на передней панели формирователь пропорциональных амплитуде измеренного тока частотных, импульсных и токовых выходов, а также цифрового кода в протоколе Modbus/Profibus (см. рисунок 1).

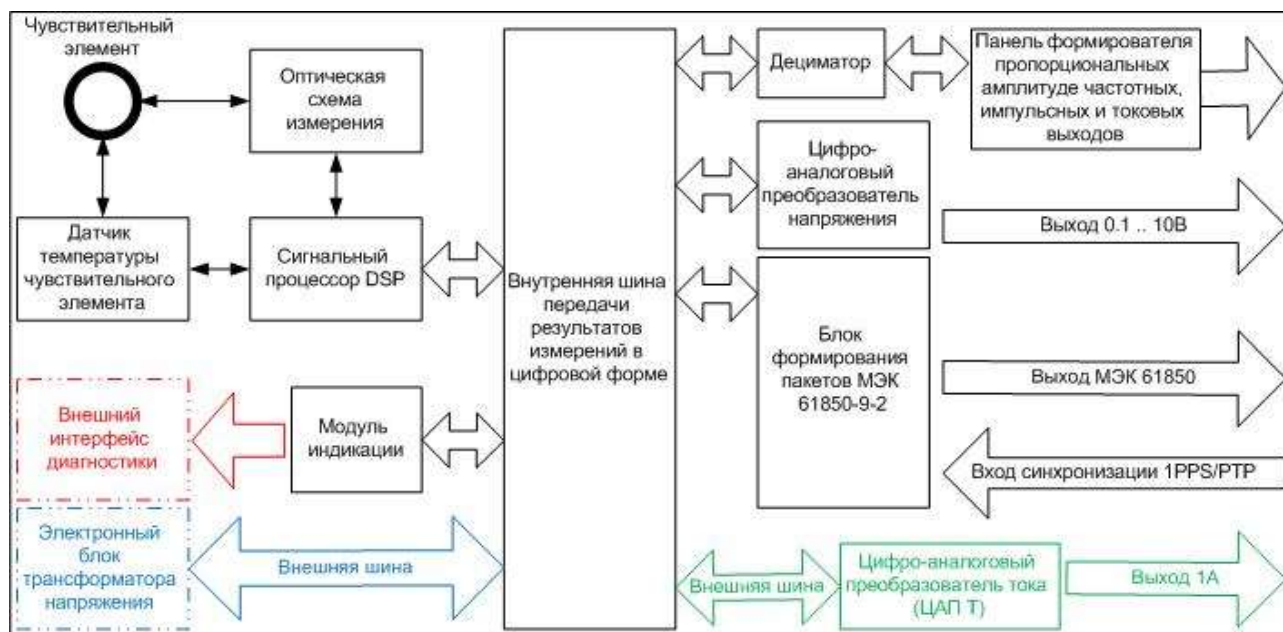


Рисунок 1 - Логическая схема ТТЭО

ТТЭО представляет собой комплектное устройство, включающее электронный блок (рисунки 3 - 5), подключенные к нему гибкие оптоволоконные чувствительные элементы (рисунок 2), а также блок вторичного преобразования измеренного сигнала в цифровой и аналоговый вид (рисунок 6) и (в варианном исполнении) резервированный блок питания повышенной надежности (рисунки 7 и 8).

Передача сигнала от чувствительного элемента до измерительного блока осуществляется по оптоволоконному кабелю на расстояние от 20 до 1200 м, что позволяет разместить измерительный блок в помещении с требуемыми условиями эксплуатации.

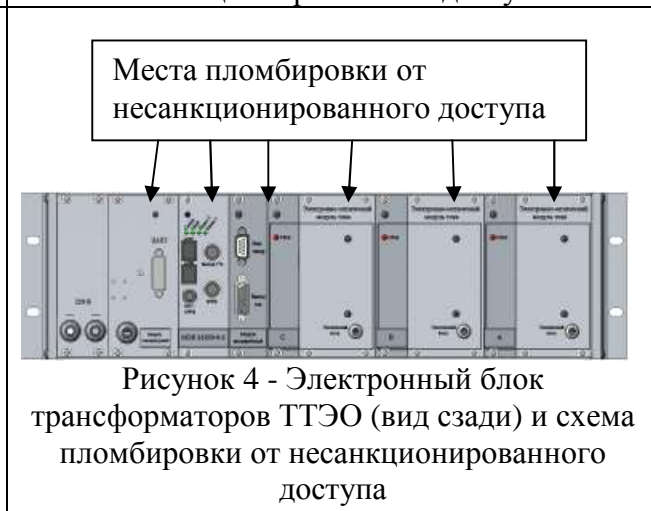
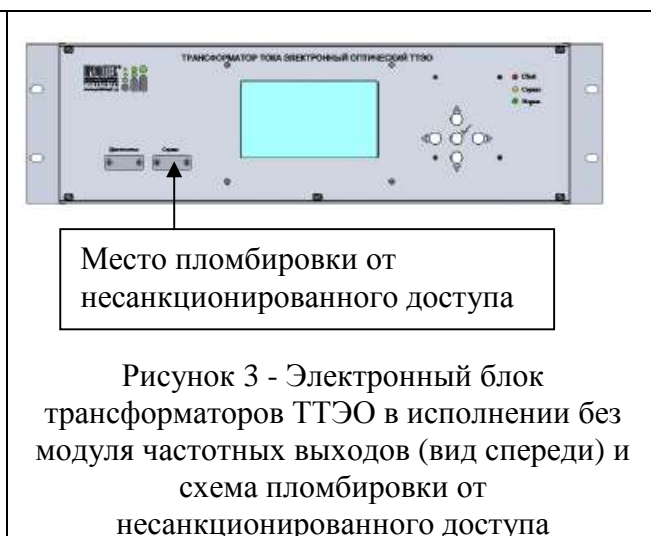
Для измерения тока гибкий чувствительный элемент должен быть размещен таким образом, чтобы токонесущая шина была внутри замкнутого оптического контура чувствительного элемента, который должен сделать указанное в паспорте на прибор число витков вокруг шины, соответствующее номинальному значению измеряемого тока. При этом должны быть совмещены при помощи штатно поставляемого элемента крепления метки начала и конца чувствительного элемента. Правильная установка гибкого чувствительного элемента прибора ТТЭО показана на рисунке 10 и в паспорте на прибор.

Для обеспечения возможности включения ТТЭО в систему онлайн-мониторинга работоспособности прибор имеет специальный последовательный порт для чтения данных диагностики (доступных так же оператору на дисплее прибора). Порт диагностики работает только в режиме чтения данных и не имеет возможности изменения настроек прибора.

Трансформаторы тока электронные оптические ТТЭО эталонные выполняются в исполнении ТТЭО-Г - трансформатор с чувствительным элементом в виде размыкаемой гибкой петли (рисунок 2).

В исполнении для измерения постоянного тока по заказу может изменяться функция одного из частотных выходов: он может работать в качестве датчика внешнего запускающего импульса для начала измерения.

Внешний вид ТТЭО в зависимости от исполнения приведен на рисунках 2-10.



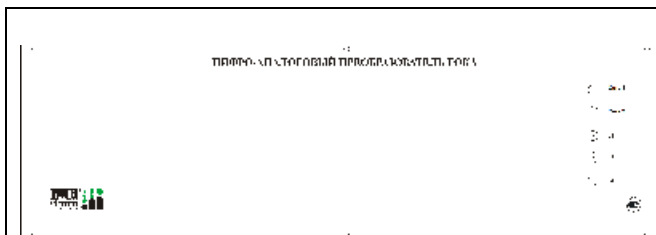


Рисунок 6 - Электронный блок ЦАП Т для вывода пропорционального аналогового сигнала 1А трансформаторов ТТЭО



Рисунок 7 - Электронный блок резервированного блока питания повышенной надежности (вид спереди)



Рисунок 8 - Электронный блок резервированного блока питания повышенной надежности (вид сзади)



Рисунок 9 - Выносной проводной измеритель температуры

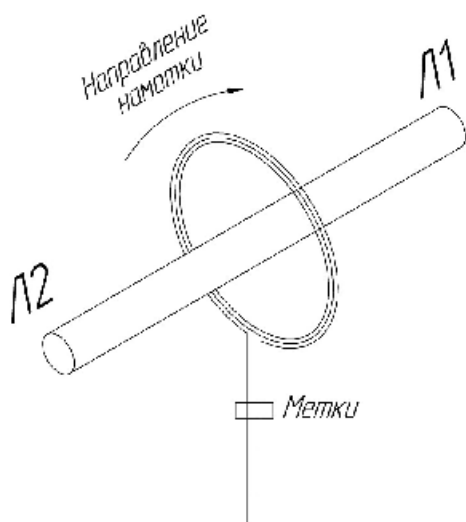


Рисунок 10 - Схема правильной установки гибкого чувствительного элемента ТТЭО-Г

Условное обозначение трансформатора при поставке:

ТТЭО - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9,

где:

ТТЭО - Обозначение типа: Трансформатор тока электронный оптический эталонный;

1 - Исполнение прибора: Г (с гибким чувствительным элементом);

2 - Количество измерительных блоков в крейте электронно-оптического блока:

- 1 Один модуль (однофазная сеть или одна линия постоянного тока);

- 2 Два модуля (две фазы или две линии постоянного тока);

- 3 Три модуля (трехфазная сеть или три линии постоянного тока);

3 - Вариант настройки режима отображения на экране электронного блока:

- Без буквы Переменный ток (среднеквадратичное значение);

- П Постоянный ток (среднее значение);

- У Переменный или постоянный ток (выбирается с панели прибора);

4 - Номинальный ток в амперах указывается на один виток чувствительного элемента;

5 - Класс точности прибора;

6 - Диапазон рабочих температур чувствительного элемента:

- УХЛ1 УХЛ1 по ГОСТ 15150-69 (от минус 60 до 40 °С);

- УХЛ1-Т УХЛ1 по ГОСТ 15150-69 с расширенным температурным диапазоном от минус 60 до 60 °С;

- С Специальный температурный диапазон, указывается в паспорте на прибор (в диапазоне от минус 60 до 60 °С);

- П Для установки в помещениях от минус 10 до 40 °С;

7 - Типы используемых выходов, комбинация из символов:

- А Аналоговый 1 А;

- Ч Вынесенный на переднюю панель блок частотных, импульсных,

Modbus/Profibus, слаботочных токовых выходов;

- П Потенциальный выход;

- М Цифровые выходы по стандарту IEC 61850-9-2 с числом выборок 4000 и 12800 в секунду (80 и 256 выборок на период промышленной частоты). Опционально может быть изменена частота дискретизации на одно из значений: 1000, 2000, 16000, 32000, 64000 выборок в секунду;

8 - Тип примененного источника питания:

- 1 Один универсальный вход 220 В постоянного или переменного тока;

- 2 Два универсальных вход 220 В постоянного или переменного тока;

- В Высоконадежный резервированный блок питания;

9 - Признак наличия внешнего проводного термометра для компенсации температурной зависимости:

- Без буквы Измерение в полном диапазоне рабочих температур производится без внешнего датчика, либо с применением встроенного в чувствительный элемент оптического термометра;

- П Проводной термометр, размещаемый в зоне установки чувствительного элемента.

Пример обозначения прибора: ТТЭО-Г - 3 - 80000 - 0,1 - УХЛ1-Т - МА - 2.

Трансформатор тока электронный оптический ТТЭО эталонный, трехфазный, номинальный ток 80000 А, имеющий класс точности 0,1, с расширенным температурным диапазоном температур от минус 60 до 60 °С, с аналоговым выходом 1 А и цифровым выходом с двумя универсальными входами питания 220 В постоянного или переменного тока.

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) ТТЭО является встроенным и представляет собой набор микропрограмм, предназначенных для обеспечения нормального функционирования аппарата, управления интерфейсом и т.д. По своей структуре ПО ТТЭО разделено на метрологически значимую (таблица 1) и метрологически не значимую части. Встроенное ПО формирования пакета данных по стандарту IEC 61850-9-2 и встроенное ПО индикации состояния на экране устройства является метрологически не значимой частью ПО ТТЭО.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических и технических характеристик приборов.

Идентификационные данные ПО трансформаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики метрологически значимого ПО

| Идентификационные данные (признаки) | Значение | | |
|---|--|---|---|
| | Встроенное ПО оптической схемы | Встроенное ПО формирования данных замеров | Встроенное ПО формирования пропорциональных выходов |
| Идентификационное наименование ПО | DSP.bin | FPGA.bin | Measure.bin |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 2.01 | 2.09 | 2.13 |
| Цифровой идентификатор ПО | 4F7F1448ED8B9F4 8E11274EC4FFB20 A8 | D8D78B4767F3140 17C86B7D1F703E CD5 | E0D33FCC52D5C4 8E4F5EB8B2AA9D 639F |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО | md5 | md5 | md5 |

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений - «высокий» в соответствии с рекомендациями по метрологии Р 50.2.077-2014.

Метрологические и технические характеристики

приведены в таблицах 2, 3, 4 и 5.

Таблица 2 - Диапазоны и пределы допускаемых погрешностей преобразования силы переменного тока

| Характеристика | Значение |
|--|------------------|
| Номинальное напряжение фазное переменного тока, кВ | от 0 до 750 |
| Номинальный первичный ток $I_{ном}$, А* | от 400 до 190000 |
| Номинальный вторичный ток для аналогового выхода внешнего цифро-аналогового преобразователя, А | 1 |
| Классы точности, по ГОСТ 23624-2001 (При коэффициенте искажения синусоидальной кривой не более 30 %) | 0,05; 0,1; 0,2 |
| Номинальная нагрузка на аналоговом выходе внешнего цифро-аналогового преобразователя $S_{2ном}$ (коэффициент мощности $\cos\varphi=1$), В×А | от 1 до 15 |

Продолжение таблицы 2

| Характеристика | Значение |
|--|--|
| Номинальная частота измеряемого тока, Гц | 50 |
| Номинальный коэффициент расширенного первичного тока | от 1,2 до 2,0 для аналоговых выходов от 1,2 до 8,0 для цифровых выходов |
| Коэффициент безопасности внешнего цифро-аналогового преобразователя тока, не менее | 2,0 |
| Количество измеряемых фаз | От 1 до 3 ** |
| Частота дискретизации по выходу "МЭК 61850-9-2", выборка в секунду | 4000, 12800 (стандартно) 1000, 2000, 16000, 32000, 64000 (специальное исполнение) |
| Количество одновременно передаваемых потоков по выходу "МЭК 61850-9-2" с различной частотой дискретизации | 1; 2; 3 (специальное исполнение) |
| Тип входа синхронизации времени | 1PPS оптический (спад/фронт), разъем ST MM 1PPS электрический (спад/фронт), разъем BNC PTP |
| Период удержания частоты при отсутствии внешней синхронизации, с | 20 |
| <p>Примечание:</p> <p>* Значение номинального тока зависит от количества оборотов гибкого чувствительного элемента вокруг токоведущей шины, числа оборотов токоведущей шины вокруг чувствительного элемента и настроек прибора. Прибор допускает снижение номинального тока относительно указанных значений путем кратного (допускается только целое число витков) увеличения оборотов токоведущей шины вокруг чувствительного элемента, при этом механические, термические и динамические показатели использованной для таких целей шины должны быть подтверждены соответствующими расчетами при проектировании;</p> <p>** Количество зависит от варианта исполнения.</p> | |

Таблица 3 - Диапазоны и пределы допускаемых погрешностей преобразования силы постоянного тока

| Характеристика | Значение |
|--|------------------|
| Номинальное напряжение постоянного тока, кВ | от 0 до 1000 |
| Номинальное значение первичной силы постоянного тока $I_{ном}$, А* | от 200 до 450000 |
| Номинальный вторичный ток для аналогового выхода внешнего цифро-аналогового преобразователя, А | 1 |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений постоянного тока соответствуют пределам допускаемой относительной погрешности измерения переменного тока приведенным в ГОСТ 23624-2001 для трансформаторов соответствующего класса точности, % | 0,05; 0,1; 0,2; |

Продолжение таблицы 3

| Характеристика | Значение |
|--|--|
| Номинальная нагрузка на аналоговом выходе внешнего цифро-аналогового преобразователя тока, В/А | от 1 до 15 |
| Количество измеряемых линий для постоянного тока | От 1 до 3 ** |
| Частота дискретизации по выходу "МЭК 61850-9-2", выборка в секунду | 4000, 12800 (стандартно) 1000, 2000, 16000, 32000, 64000 (специальное исполнение) |
| Количество одновременно передаваемых потоков по выходу "МЭК 61850-9-2" с различной частотой дискретизации | 1; 2; 3 (специальное исполнение) |
| Тип входа синхронизации времени | 1PPS оптический (спад/фронт), разъем ST MM 1PPS электрический (спад/фронт), разъем BNC PTP |
| Период удержания частоты при отсутствии внешней синхронизации, с, не менее | 20 |
| <p>Примечание: * Значение номинального тока зависит от количества оборотов гибкого чувствительного элемента вокруг токоведущей шины, числа оборотов токоведущей шины вокруг чувствительного элемента и настроек прибора. Прибор допускает снижение номинального тока относительно указанных значений путем кратного (допускается только целое число витков) увеличения оборотов токоведущей шины вокруг чувствительного элемента, при этом механические, термические и динамические показатели использованной для таких целей шины должны быть подтверждены соответствующими расчетами при проектировании; ** Количество зависит от варианта исполнения.</p> | |

Таблица 4 - Диапазоны и пределы допускаемых погрешностей преобразования силы переменного и постоянного тока для дополнительных измерительных выходов

| Характеристика | Значение |
|--|-----------------|
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений действующего значения переменного или постоянного тока соответствуют пределам допускаемой относительной погрешности измерения переменного тока приведенным в ГОСТ 23624-2001 для трансформаторов соответствующего класса точности, % | 0,05; 0,1; 0,2; |
| Число встроенных потенциальных выходов | до 3 * |
| Номинальное напряжение потенциального выхода, В | от 0,05 до 10 |
| Максимальное сопротивление вторичной цепи потенциального выхода, кОм | 400 |
| Число встроенных низкоуровневых токовых выходов | до 3 * |
| Номинальный вторичный ток встроенного низкоуровневого токового выхода, мА | от 4 до 40 |

Продолжение таблицы 4

| Характеристика | Значение |
|--|----------------|
| Максимальное сопротивление вторичной цепи встроенного низкоуровневого токового выхода, Ом | 50 |
| Число встроенных частотных выходов | до 3 * |
| Номинальный коэффициент преобразования встроенных частотных выходов, Гц/кА | От 1 до 1 000 |
| Минимальное сопротивление вторичной цепи частотных выходов, Ом | 100 |
| Число встроенных Modbus/Profibus выходов | до 3* |
| Период усреднения и обновления данных на низкоуровневых частотных, импульсных, токовых и Modbus портах передней панели, мс | От 100 до 3000 |
| Примечание: * Количество и тип выходов зависит от варианта исполнения. | |

Таблица 5 - Технические характеристики ТТЭО

| Характеристика | Значение | |
|--|--|---|
| 1 | 2 | |
| Диапазон пропускания частот при сохранении класса точности, Гц | от 0 до 9000* | |
| Номинальный ток активации, не более | 0,3 % от Iном | |
| Рабочие условия применения, °С | Чувствительный элемент | для класса точности 0,05: из диапазона от минус 10 до плюс 40; для класса точности 0,2 и 0,1: из диапазона от минус 60 до плюс 60 |
| | Электронные блоки | от минус 10 до плюс 40 |
| Относительная влажность воздуха, % | от 10 до 95 | |
| Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | от 60 до 106,7 (от 460 до 800) | |
| Группа механического исполнения - М29 по ГОСТ 17516.1-90 | Электронные блоки | Чувствительный элемент |
| | М40 | М5 |
| Высота над уровнем моря, м, не более | 1000 | |
| Окружающая атмосфера | Не взрывоопасная, не содержащая токопроводящую пыль и агрессивные газы, типа II по ГОСТ 15150-69 | |
| Нагрузка от тяжения провода, Н | Не допускается приложение усилий к чувствительному элементу | |
| Рабочее положение первичных датчиков тока | Любое | |
| Длина соединительного кабеля, м | от 20 до 1200 | |
| Длина чувствительного элемента, м | от 1 до 40 | |
| Примечание: * Нижняя частота пропускания не ограничена (постоянный ток), верхняя частота - в соответствии со спецификацией договора поставки. | | |

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | |
|--|---|--|
| Напряжение питания измерительного блока, В | Исполнение с одним источником питания | 220±44 Переменного или постоянного тока без резервирования |
| | Исполнение с двумя источниками питания | 220±44 Переменного или постоянного тока с резервированием |
| | Исполнение с источником питания для ответственных присоединений | 220±44 Переменного или постоянного тока с резервированием и возможностью горячей замены элементов и резервирования от кратковременных пропаданий напряжения длительностью до 2 секунд |
| Номинальная частота питающей сети, Гц | 50 | |
| Потребляемая мощность электронного блока, Вт, не более | 150 | |
| Потребляемая мощность электронного блока ЦАП Т, Вт, не более | 200 | |
| Габаритные размеры электронных блоков (Д×Ш×В), мм, не более | 390×465×220 (3U + оптический кросс) | |
| Масса электронного блока ТТЭО, кг, не более | 12 | |
| Масса электронного блока ЦАП Т, кг, не более | 15 | |
| Средний срок службы, лет | 25 | |
| Наработка на отказ, ч, не менее | 120 000 | |
| Примечание: * Наличие и тип выходов зависит от варианта исполнения. | | |

Знак утверждения типа

наносят на табличку ТТЭО методом механического нанесения или трафаретной печати и на титульные листы паспорта-формуляра типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплект поставки приведён в таблице 6.

Таблица 6

| Наименование изделия | Кол-во |
|--------------------------------------|-------------|
| Электронный блок | 1 |
| Цифроаналоговый преобразователь тока | 1 комплект* |

Продолжение таблицы 6

| Наименование изделия | Кол-во |
|--|-------------|
| Внешний резервированный блок питания с защитой от кратковременного пропадания напряжения и возможностью замены блоков в горячем режиме | 1 комплект* |
| Катушка с оптическим волокном для соединения чувствительного элемента с электронным блоком | 1 комплект* |
| Гибкий чувствительный элемент | 1 комплект |
| Шкаф с оптической кабельной муфтой | 1 шт.* |
| Методика поверки МП 2203-0294-2015 | 1 шт. |
| Руководство по эксплуатации РЭ 422740-010-69571383-2015 | 1 шт. |
| Паспорт-формуляр 422740-010-69571383-2014 ПС | 1 шт. |
| Примечание: *В соответствии с договором поставки. | |

Поверка

осуществляется по документу МП 2203-0294-2015 «Трансформаторы тока электронные оптические ТТЭО эталонные. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в ноябре 2015 г.

Основные средства поверки: трансформатор тока типа ТТИ-5000.51 (ФИФОЕИ № 55278-13), прибор сравнения типа КНТ-05 (КНТ-03) (ФИФОЕИ № 37854-08 (24719-03)), нановольтметры/микроомметры типа 34420 А (ФИФОЕИ № 47886-11), частотомер типа 53220А (ФИФОЕИ № 51077-12), шунт токовый типа АК ИП-7501 (ФИФОЕИ № 49121-12), установка поверочная векторная компарирующая типа "УПК-МЭ 61850" (ФИФОЕИ № 60987-15).

Знак поверки, в виде оттиска поверительного клейма, наносится на свидетельство о поверке.

Сведения о методиках (методах) измерений

изложены в руководстве по эксплуатации РЭ 422740-010-69571383-2015.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к трансформаторам тока электронным оптическим ТТЭО эталонным

ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010 «Трансформаторы измерительные. Часть 8. Электронные трансформаторы тока».

ГОСТ 23624-2001 «Трансформаторы тока измерительные лабораторные. Общие технические условия».

ГОСТ Р 8.859-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений коэффициента и угла масштабного преобразования синусоидального тока».

IEC 61850-9-2:2011 на русском языке "Системы автоматизации и сети связи на подстанциях.

Часть 9-2.Схема особого коммуникационного сервиса (SCSM). Значения выборок по ISO/IEC 8802-3"

ТУ 6681-003-69571383-2014 Технические условия «Трансформаторы тока электронные оптические ТТЭО эталонные».

Изготовитель

ЗАО «Профотек», г. Москва

Адрес: 123104, Россия, г. Москва, Тверской б-р, д.13, стр.1

ИНН 7703733861

Тел: (495) 775-83-39; E-mail: info@profotech.ru , <http://www.profotech.ru>

Испытательный центр

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д.19
Тел. (812) 251-76-01, факс (812) 713-01-14
E-mail:info@vniim.ru

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № RA.RU.311541 от 01.01.2016 г.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п. « ____ » _____ 2016 г.