

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «16» августа 2024 г. № 1936

Регистрационный № 72862-18

Лист № 1
Всего листов 10

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Трансформаторы тока и напряжения комбинированные электронные типа ТТНК

Назначение средства измерений

Трансформаторы тока и напряжения комбинированные электронные типа ТТНК (далее по тексту – ТТНК) предназначены для измерений и масштабных преобразований значений силы переменного (в том числе – с апериодической составляющей) тока и напряжения и выработки сигнала измерительной информации согласно стандарту IEC 61850-9-2 (2011) (далее – IEC 61850-9-2) для передачи результатов измерений и преобразований на электрические измерительные приборы, в системы коммерческого учета электрической энергии, устройствам измерений (в том числе показателей качества электроэнергии), защиты, автоматики, сигнализации и управления.

Описание средства измерений

Принцип действия ТТНК при измерении силы переменного тока основан на двух физических законах: законе полного тока и эффекте Фарадея. ТТНК содержит чувствительный элемент (магниточувствительное оптоволокно), в котором происходит преобразование измерительной информации о силе переменного тока в набег фаз поляризованного излучения. Отклик чувствительного элемента прямо пропорционален величине измеряемой силы переменного тока и числу витков чувствительного контура. Сигнал пропорциональный силе переменного тока, полученный на выходе оптической схемы ТТНК преобразуется в цифровую форму. Цифровой код синхронно подается на цифро-аналоговый преобразователь силы переменного тока (далее по тексту – ЦАП Т) для токовых выходов.

Принцип действия ТТНК при измерении напряжения переменного тока основан на масштабном преобразовании (делении) напряжения переменного тока при помощи емкостного делителя и последующем его оцифровке аналого-цифровым преобразователем (далее по тексту – АЦП). Измерение напряжения переменного тока производится при помощи специального выносного блока, помещаемого в основание колонны емкостного делителя и подключаемого к его средней точке. Соединение выносного блока и электронно-оптического блока обработки производится волоконно-оптическим кабелем, по которому передаются опорные частоты синхронизации измерений и данные об измеренных величинах, самодиагностике в цифровом формате. Выносной блок формирует цифровой код измеренного сигнала, который привязывается к сетке синхронизации электронно-оптического блока и преобразуется для дальнейшей обработки в электронно-оптическом блоке, где цифровой код синхронно подается на цифро-аналоговый преобразователь напряжения (далее по тексту – ЦАП Н) для выходов $100/\sqrt{3}V$, блок формирования цифровых пакетов данных по стандарту IEC 61850-9-2, цифро-аналоговый преобразователь напряжения переменного тока (для потенциальных выходов). Логическая схема ТТНК при измерении силы и напряжения переменного тока представлена на рисунке 1.

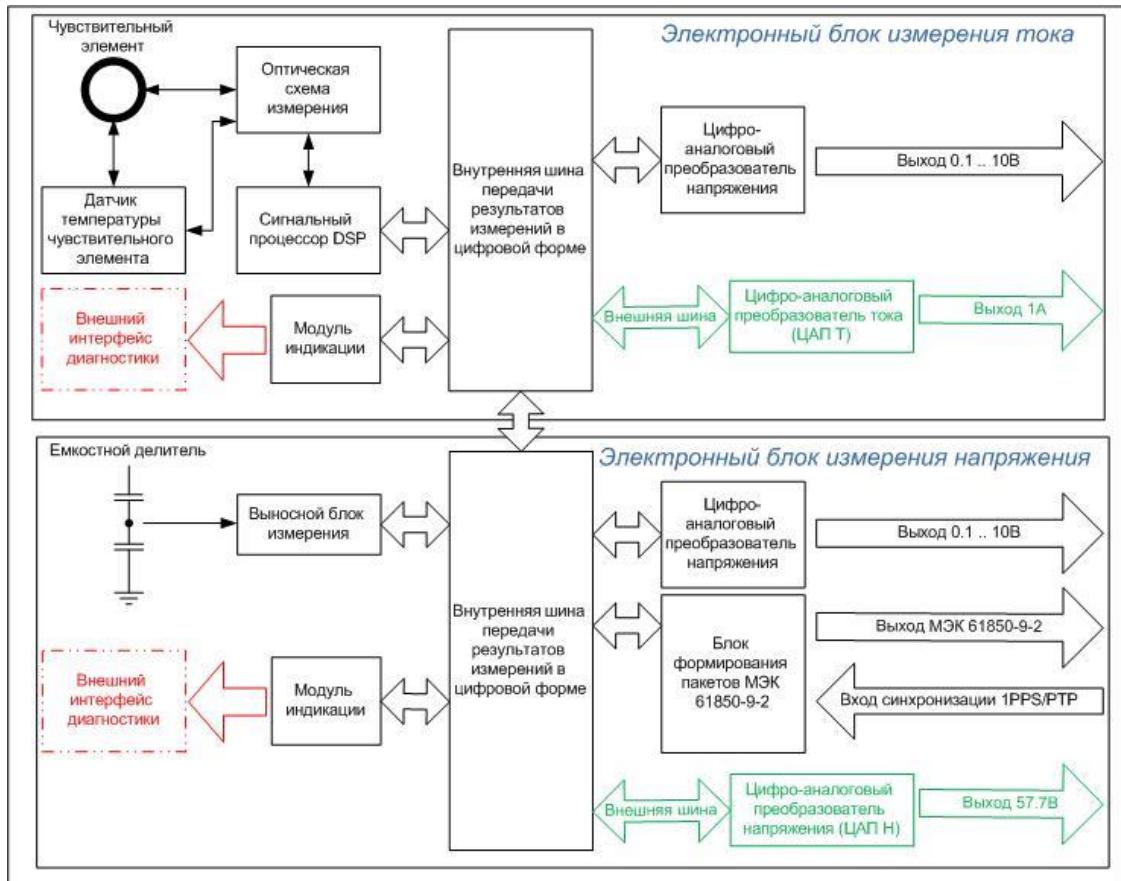


Рисунок 1 – Логическая схема ТТНК

ТТНК представляет собой комплектное устройство, включающее 2 электронных блока: один для измерения силы переменного тока, второй – для измерения напряжения переменного тока, соединенных между собой цифровым соединительным кабелем (рисунки 5, 6), подключенные к ним по оптоволокну высоковольтные колонны с чувствительными элементами (рисунки 2, 3, по одному на каждую фазу), состоящие из опорного изолятора с емкостным делителем и установленным сверху него оптоволоконным датчиком тока, а также блоков вторичного преобразования измеренного сигнала в аналоговый вид (поставка в вариантом исполнении, рисунки 7, 8) и резервированный блок питания (в вариантом исполнении) повышенной надежности (рисунки 9, 10). При необходимости обеспечения резервирования функций релейной защиты ТТНК может комплектоваться дополнительно одним или двумя электронными блоками измерения силы переменного тока, подключаемыми к независимым оптоволоконным датчикам тока, расположеннымными в той же высоковольтной колонне.

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

Для обеспечения возможности включения ТТНК в систему онлайн-мониторинга работоспособности трансформатор 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.

Положение высоковольтных колонн в пространстве – вертикальное с максимальным отклонением угла от вертикали 30°.

Схема соединений элементов ТТНК приведена на рисунке 4.



Рисунок 2 – Высоковольтная колонна ТТНК
с чувствительным элементом
(вариант исполнения «а»)



Рисунок 3 – Высоковольтная колонна ТТНК
с чувствительным элементом
(вариант исполнения «б»)



Рисунок 4 – Схема соединения блоков ТТНК



Рисунок 5 – Электронный блок измерения напряжения ТТНК (вид спереди) и схема пломбировки от несанкционированного доступа



Рисунок 6 – Электронный блок измерения тока ТТНК (вид спереди) и схема пломбировки от несанкционированного доступа



Рисунок 7 – Электронный блок ЦАП Т для вывода пропорционального аналогового сигнала 1А трансформаторов ТТНК

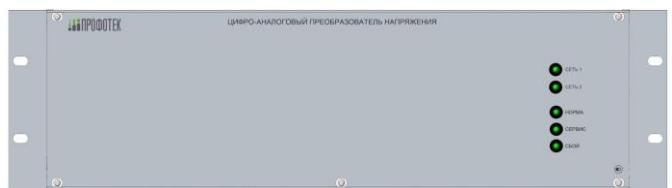


Рисунок 8 – Электронный блок ЦАП Н для вывода пропорционального аналогового сигнала $100/\sqrt{3}$ В трансформаторов ТТНК

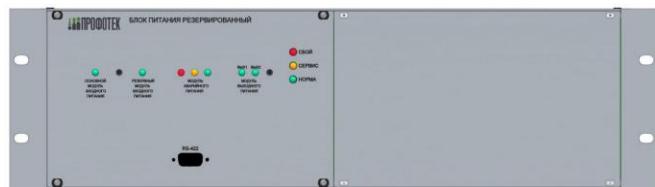


Рисунок 9 – Электронный блок резервированного блока питания повышенной надежности (вид спереди)



Рисунок 10 – Электронный блок резервированного блока питания повышенной надежности (вид сзади)

Условное обозначение ТТНК при поставке:

ТТНК – А – Б – В – Г – Д – Е – Ж,

где:

ТТНК - обозначение типа: Трансформатор Тока и Напряжения Комбинированный;

А – номинальное напряжение, кВ

Б – номинальный ток, А;

В – класс точности при измерении напряжения (при наличии более одного класса точности измерения напряжения, классы точности указываются по отдельности через «/»);

Г – класс точности при измерении тока и ток предельной кратности для исполнения в релейном классе точности (при наличии более одного электронного блока измерения тока класс точности указывается для каждого по отдельности через «/»);

Д – диапазон рабочих температур чувствительного элемента:

УХЛ1 – УХЛ1 по ГОСТ 15150-69 (от минус 60 до плюс 40 °C);

УХЛ1-Т – УХЛ1 по ГОСТ 15150-69 с расширенным температурным диапазоном (от минус 60 до плюс 60 °C);

С – специальный температурный диапазон, указывается в паспорте на прибор;

П – для установки в помещениях от минус 10 до плюс 40 °C;

Е – типы используемых выходов, комбинация из символов:

Т – аналоговый, пропорциональный току 1 А;

Н – аналоговый, пропорциональный напряжению 100/ $\sqrt{3}$ В;

М – цифровые выходы по стандарту IEC 61850-9-2 с числом выборок 80 и 256 на период промышленной частоты. Опционально может быть изменена частота дискретизации на значение из диапазона: 1000 - 64000 выборок в секунду;

Ж – тип примененного источника питания:

1 – один универсальный вход 220 В постоянного или переменного тока;

2 – два входа 220 В постоянного и переменного тока;

В – высоконадежный резервированный блок питания;

Пример обозначения прибора:

ТТНК – 110 – 2000 – 0,2/3Р – 0,2S/5TPE63 – УХЛ1 – НМ – 1.

Трансформатор тока и напряжения комбинированный электронный ТТНК, номинальное напряжение 110 кВ, номинальный ток 2000 А, имеющий класс точности при измерении напряжения 0,2 и 3Р, класс точности при измерении тока 0,2S для коммерческого учета и класс точности 5TPE с предельной кратностью 63 для релейной защиты, с температурным диапазоном температур для климатического исполнения УХЛ1, с аналоговым выходом, пропорциональным напряжению 100/ $\sqrt{3}$ В и цифровым выходом, с одним входом питания 220 В постоянного или переменного тока.

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) ТТНК является встроенным и представляет собой набор микропрограмм, предназначенных для обеспечения нормального функционирования ТТНК, управления интерфейсом и т.д. По своей структуре ПО ТТНК 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 ТТНК является метрологически не значимой частью ПО ТТНК.

Влияние программного обеспечения учтено при нормировании метрологических и технических характеристик.

Идентификационные данные ПО ТТНК представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики метрологически значимого ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	Встроенное ПО измерения тока	Встроенное ПО измерения напряжения
Идентификационное наименование ПО	AMP.bin	VOLT.bin
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	2.01	1.03
Цифровой идентификатор ПО	4F7F1448ED8B9F48E11274E C4FFB20A8	D8D78B4767D215007EE64ED 1F801EBA3
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	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

Метрологические и технические характеристики ТТНК приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические характеристики ТТНК

Наименование характеристики	Значение
Номинальное фазное напряжение переменного тока, кВ *	от $100/\sqrt{3}$ до $145/\sqrt{3}$ от $200/\sqrt{3}$ до $250/\sqrt{3}$
Номинальное вторичное напряжение для аналогового выхода внешнего цифро-аналогового преобразователя, В	$100/\sqrt{3}$
Классы точности при измерении напряжения переменного тока по ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010	0,2; 0,5; 1,0; 3Р; 6Р
Номинальный первичный ток $I_{\text{ном}}$, А	от 50 до 3000
Номинальный вторичный ток для аналогового выхода внешнего цифро-аналогового преобразователя, А	1
Классы точности при измерении силы переменного тока по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010	0,1; 0,2S; 0,5S; 1,0; 5Р; 5TРЕ
Номинальная нагрузка на аналоговом выходе внешнего цифро-аналогового преобразователя тока и напряжения $S_{2\text{ном}}$ (коэффициент мощности $\cos\phi=1$), В·А	5
Номинальная частота измеряемых силы и напряжения переменного тока, Гц	50 или 60
Номинальный коэффициент расширенного первичного тока от $I_{\text{ном}}$:	<ul style="list-style-type: none"> - для аналоговых выходов - для цифровых выходов от 1,2 до 2,0 от 1,2 до 8,0
Частота дискретизации по выходу "МЭК 61850-9-2", выборок в секунду:	<ul style="list-style-type: none"> - стандартное исполнение - специальное исполнение 4000, 12800 от 1000 до 64000
Количество одновременно передаваемых потоков по выходу "МЭК 61850-9-2" с различной частотой дискретизации	от 1 до 4
Тип входа синхронизации времени	1PPS оптический (фронт), разъем ST MM 1PPS электрический (спад/фронт), разъем BNC PTP
Период удержания частоты при отсутствии внешней синхронизации, с, не менее	20
Номинальная емкость, пФ	от 300 до 1200
Диапазон пропускания частот при наличии гармоник в измеряемом сигнале, Гц	от 20 до 2500 (3000, 5000, 6000, 9000 по специальному заказу)

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение
Диапазон пропускания частот при измерении силы переменного тока в режиме фильтрации шумов на релейных выходах, Гц	от 20 до 500
Номинальное время активации, мкс, не более	16
Номинальный ток активации, А, не более	$0,003 \cdot I_{\text{ном}}$
Рабочие условия измерений: а) температура окружающего воздуха, °С - для высоковольтной колонны	УХЛ1 (ГОСТ 15150-69) или специальный диапазон от -60 до +70
- для электронных блоков	от -10 до +40
б) относительная влажность воздуха, %	от 10 до 95
в) атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 60 до 106,7 (от 460 до 800)
Высота над уровнем моря, м, не более	1000 (для напряжения 145, 245 кВ) 1500 (для напряжения ≤123, ≤220 кВ)
Окружающая атмосфера	не взрывоопасная, не содержащая токопроводящую пыль и агрессивные газы, типа II по ГОСТ 15150-69
Нагрузка от тяжения провода, Н	2000
Длина соединительного кабеля, м	от 20 до 1200
Напряжение питания измерительного блока, В**: - для исполнения с одним источником питания	220 ± 44 (переменного или постоянного тока без резервирования)
- для исполнения с двумя источниками питания	220 ± 44 (переменного и постоянного тока с резервированием)
- для исполнения 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 электронных блоков, Гц	50 или 60
Потребляемая мощность электронного блока тока, Вт, не более	150
Потребляемая мощность электронного блока напряжения, Вт, не более	150
Потребляемая мощность электронного блока ЦАП Т, Вт, не более	200

Окончание таблицы 2

Наименование характеристики	Значение
Потребляемая мощность электронного блока ЦАП Н, Вт, не более	200
Габаритные размеры электронных блоков (длина×ширина×высота), мм, не более	390×482×220 (3U + оптический кросс)
Габаритные размеры высоковольтной колонны (длина×ширина×высота), мм, не более: - для исполнений 100-145 кВ - для исполнений 200-245 кВ	650×355×2066 650×355×2930
Масса электронного блока измерения тока, кг, не более	12
Масса электронного блока измерения напряжения, кг, не более	9
Масса электронного блока ЦАП Т, кг, не более	15
Масса электронного блока ЦАП Н, кг, не более	15
Масса высоковольтной колонны, кг, не более	140 исполнение 100-145кВ 175 исполнение 200-245кВ
Средний срок службы, лет	25
Средняя наработка на отказ, ч	120000
Примечания	
* - высоковольтная колонна может устанавливаться в любую сеть с заземленной нейтралью с напряжением в указанном диапазоне. В маркировке ТТНК указывается номинальное напряжение, соответствующее напряжению $100/\sqrt{3}$ В на выходе цифро-аналогового преобразователя напряжения;	
** - напряжение питания 110 ± 22 В по специальному заказу.	

Знак утверждения типа

наносится на переднюю панель электронных блоков ТТНК методом механического нанесения или трафаретной печати, а также на титульные листы паспорта-формуляра типографским способом.

Комплектность средства измерений

Комплектность трансформаторов приведена в таблице 3.

Таблица 3

Наименование изделия	Обозначение	Количество
Трансформатор тока и напряжения комбинированный электронный типа ТТНК, в том числе: - электронный блок тока - электронный блок напряжения - цифро-аналоговый преобразователь тока - цифро-аналоговый преобразователь напряжения - высоковольтные колонны - катушка с оптическим волокном для соединения чувствительного элемента с электронным блоком измерения тока - катушка с оптическим волокном для соединения чувствительного элемента с электронным блоком измерения напряжения	- - - - - -	от 1 до 3 шт. (по числу контуров измерения) от 1 до 2 шт. (по числу контуров измерения) 1 шт.* 1 шт. * 3 шт. 1 комплект* 1 комплект*
Внешний резервированный блок питания с защитой от кратковременного пропадания напряжения и возможностью замены блоков в горячем режиме	-	1 комплект*
Шкаф с оптической кабельной муфтой	-	2 шт.*
Руководство по эксплуатации	РЭ 422740-009-69571383-2017	1 шт.
Методика поверки	ИЦРМ-МП-129-2018	1 шт.
Паспорт-формуляр	422740-009-69571383-2017 ПС	1 шт.
Примечание - * - В соответствии с договором поставки		

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в эксплуатационном документе.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к трансформаторам тока и напряжения комбинированным электронным ТТНК

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

ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия;

ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010 Трансформаторы измерительные. Часть 7. Электронные трансформаторы напряжения;

ГОСТ 1983-2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия;

IEC 61850-9-2:2011 Системы автоматизации и сети связи на подстанциях. Часть 9-2.
Схема особого коммуникационного сервиса (SCSM). Значения выборок по ISO/IEC 8802-3;

ТУ 6681-002-69571383-2017 Трансформаторы тока и напряжения комбинированные
электронные типа ТТНК. Технические условия.

Изготовители

Акционерное общество «Профотек» (АО «Профотек»)
ИНН 7703733861

Адрес места осуществления деятельности: г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ
Печатники, пр-кт Волгоградский, д. 42, к. 5, помещ. 1Н, эт. 2, ком. № 83

Телефон: +7 (495) 775-83-39

E-mail: info@profotech.ru

Web-сайт: www.profotech.ru

Общество с ограниченной ответственностью «НПЦ Профотек»

ИНН 7731352307

Адрес: 143026, г. Москва, Сколково инновационного центра тер, Большой б-р, д. № 42,
стр. 1, часть помещ. 334

Телефон: +7 (916) 982-18-75

E-mail: kurovich@profotech.ru

Испытательный центр

Общество с ограниченной ответственностью «Испытательный центр разработок
в области метрологии» (ООО «ИЦРМ»)

Адрес: 117546, г. Москва, Харьковский пр-д, д. 2, эт. 2, помещ. I, ком. 35,36

Телефон: +7 (495) 278-02-48

E-mail: info@ic-rm.ru

Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.311390.