

**СОГЛАСОВАНО**

**Технический директор  
ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»**



**М. С. Казаков**

**2022 г.**

**Государственная система обеспечения единства измерений**  
**Терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200**  
**Методика поверки**  
**МП ЭКРА.650321.011/1**

г. Москва  
2022 г.

## Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ .....	6
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ.....	6
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ .....	11
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	11
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	11
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	12
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .....	12
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	27
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	33



## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на терминалы микропроцессорные серии ЭКРА 200 (далее – терминалы), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью НПП «ЭКРА» (ООО НПП «ЭКРА»), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость терминала к гэт4-91 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 года № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А» (далее – Приказ 2091), гэт89-2008 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 03 сентября 2021 года № 1942 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений переменного электрического напряжения до 1000 В в диапазоне частот от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $2 \cdot 10^9$  Гц» (далее – Приказ 1942), гэт88-2014 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 марта 2022 года № 668 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы переменного электрического тока от  $1 \cdot 10^{-8}$  до 100 А в диапазоне частот от  $1 \cdot 10^{-1}$  до  $1 \cdot 10^6$  Гц» (далее – Приказ 668), гэт1-2022 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 года № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты» (далее – Приказ 2360), гэт153-2019 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2021 г. № 1436 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электроэнергетических величин в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц» (далее – Приказ 1436), гэт13-01 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3457 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» (далее – Приказ 3457), гэт14-2014 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» (далее – Приказ 3456).

1.3 Допускается проведение первичной (периодической) поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных модулей из состава средства измерений и проведение периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин в соответствии с заявлением владельца средства измерений, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

1.4 Поверка терминала должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.5 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: – косвенный метод измерений, прямой метод измерений, метод сличения с помощью компаратора, метод непосредственного сличения и измерения разности шкал времени по каналам связи и по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (далее также – ГНСС).

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



## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	Да	Да
Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности для терминалов с аналоговыми входами	10.1	Да	Да
Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока	10.2	Да	Да
Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной трехфазной электрической энергии, проверка порога чувствительности и отсутствия самохода	10.3	Да	Да
Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, частоты переменного тока, электрической мощности, коэф-	10.4	Да	Да



Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которой выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
коэффициента электрической мощности, фазового угла между током и напряжением переменного тока для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2			
Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом, а также сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием датчиков ДДТ и переносным устройством ЭКРА-ПКИ	10.5	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом	10.5.1		
Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединений сети с использованием датчиков дифференциальных токов ДДТ-25.30, ДДТ-25.50, ДДТ-40.30, ДДТ- 70.30, ДДТ - 100.30, ДДТ - 150.30	10.5.2	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединения сети переносным устройством ЭКРА-ПКИ	10.5.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик собственных часов терминалов	10.6	Да	Да
Определение смещения собственной шкалы времени терминала относительно национальной шкалы времени UTC в режиме синхронизации от сервера времени по SNTP протоколу с использованием PPS сигнала	10.6.1	Да	Да
Определение смещения собственной шкалы времени терминала относительно национальной шкалы времени UTC в режиме синхронизации от сервера времени по RTP протоколу	10.6.2	Да	Да

Наименование операции поверки	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которой выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
Определение смещения собственной шкалы времени терминала за сутки без внешней синхронизации	10.6.3	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды плюс  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность от 10 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

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

### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Основные средства поверки		
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений силы постоянного тока)	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 2091 в диапазоне воспроизведений силы постоянного тока от -20 до +20 мА.	Калибратор процессов АКИП-7304, рег. № 74162-19.
р. 10 Определение метро-	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Приказу № 1942 или рабочий	Установка многофункциональная измерительная СМС256 plus, рег.



Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
логических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений значений фазного и линейного напряжений переменного тока)	эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне воспроизведений среднеквадратического (действующего) значения фазного напряжения переменного тока от 5 до 145 В.	№ 57750-14.
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока)	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 668 или рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне воспроизведений среднеквадратического (действующего) значения силы переменного тока от 0,01 до 200 А.	Установка многофункциональная измерительная СМС256 plus, рег. № 57750-14. Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03. Шунт токовый PCS71000А, рег. № 68945-17.
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений частоты переменного тока)	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне воспроизведений частоты переменного тока от 45 до 55 Гц.	Установка многофункциональная измерительная СМС256 plus, рег. № 57750-14. Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ», рег. № 52854-13.

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений электрической мощности и коэффициента электрической мощности)	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазонах воспроизведений напряжения переменного тока от 46,16 до 69,24 В, силы переменного тока от 0,01 до 6 А при значениях коэффициента мощности от -1 до +1.	
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений напряжения постоянного тока)	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Приказу № 3457 в диапазоне воспроизведений напряжения постоянного тока от -330 до +330 В.	Установка многофункциональная измерительная СМС256 plus, рег. № 57750-14.
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение метрологических характеристик собственных часов терминалов)	Рабочий эталон 4-го разряда и выше согласно Приказу № 2360 в диапазоне измерений разности шкал времени по каналам связи и по сигналам ГНСС от 0,001 до 1 мс.	Устройство синхронизации единого времени серии СВ, рег. № 74100-19.
р. 10 Определение метрологических характеристик (определение относительной	Рабочий эталон 4-го разряда и выше согласно Приказу № 3456 в диапазоне воспроизведений сопротивления постоянному току от 0,2 до 16000 кОм.	Магазин электрического сопротивления МС-9-01/1, рег. № 51622-12.



Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом, а также сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием датчиков ДДТ и переносным устройством ЭКРА-ПКИ)		
<p>р. 10 Определение метрологических характеристик (определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, частоты перемен-</p>	<p>Диапазон воспроизведений среднеквадратического (действующего) значения фазного напряжения переменного тока от 0 до 1150000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,3</math> В для диапазона значений от 0 до 400 В включ., пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,06</math> % для диапазона значений свыше 400 до 1000 В, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,03</math> % для диапазона значений свыше 1000 до 10000 В, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,003</math> % для диапазона значений свыше 10000 до 1150000 В, диапазон дополнительного программируемого масштабного коэффициента для номинальных значений напряжения переменного тока от 1 до <math>6,25 \cdot 10^4</math>.</p> <p>Диапазон воспроизведений среднеквадратического (действующего) значения силы переменного тока от 0 до 110000 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,001</math> А для диапазона значений от 0,1 до 2,5 А включ., пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,06</math> % для диапазона значений свыше 2,5 до 12,5 А включ.</p>	<p>Комплекс программно-технический измерительный цифровой РЕТОМ<sup>TM</sup>-61850, рег. № 82540-21.</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
ного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности, фазового угла между током и напряжением переменного тока для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2)	<p>пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,01</math> % для диапазона значений свыше 12,5 до 110000 А, диапазон дополнительного программируемого масштабного коэффициента для номинальных значений силы переменного тока от 1 до <math>1,5 \cdot 10^5</math>.</p> <p>Диапазон воспроизведения угла фазового сдвига между током и напряжением от <math>-180</math> до <math>+180</math> °, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,05</math> °.</p> <p>Коэффициент электрической мощности от <math>-1</math> до <math>+1</math>.</p> <p>Диапазон воспроизведений частоты переменного тока от 42,5 до 57,5 Гц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений <math>\pm 0,003</math> Гц.</p>	
Вспомогательные средства поверки		
р. 8 - 10 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке, опробовании средства измерений, проверка программного обеспечения и определении метрологических характеристик)	Диапазон измерений температуры окружающей среды от $+15$ до $+35$ °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 1$ °С, диапазон измерений относительной влажности от 10 до 90 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 3$ %, диапазон измерений атмосферного давления от 80 до 110 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,3$ кПа.	Измеритель параметров микроклимата «МЕТЕОСКОП-М», рег. № 32014-11.
р. 10 Определение метрологических характеристик	Коэффициенты преобразования тока, $K_T = I_1/I_2$ : 0,1; 5; 10	Блок однофазного преобразователя тока РЕТ-10.
р. 10 Определение метрологических характеристик	Диапазон воспроизведений напряжения постоянного тока от 0 до 300 В, пределы абсолютной погрешности $\pm 3$ В, диапазон воспроизведений силы постоянного тока от 0 до 1 А, пределы абсолютной погрешности $\pm 0,1$ А	Источник питания постоянного тока GPR-30H10D, рег. № 20188-07.
р. 10 Определение метрологических характеристик	-	Конвертор сигнала ЕМН-TCS-02-220, 2 шт.



Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
характеристик		
р.8, р.9, р.10 Подготовка к поверке и опробование средства измерений, проверка программного обеспечения средства измерений и определение метрологических характеристик	-	Персональный компьютер IBM PC (далее – ПК, ПЭВМ); наличие интерфейсов Ethernet и USB; диск-вод для чтения CD-ROM; операционная система Windows с установленным программным обеспечением; объем оперативной памяти не менее 1 Гб; объем жесткого диска не менее 10 Гб.

Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений, установленную в документах, регламентирующих требования к поверочным схемам на соответствующую единицу величин и аналогичных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками соответствующими приведенным в таблице 2.

## **6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ**

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

## **7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Терминал допускается к дальнейшей поверке, если:

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

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

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие



подготовительные работы:

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

8.2 Опробование терминала проводят в следующей последовательности:

- надежно заземляют корпус терминала (место подключения заземления отмечено соответствующим знаком);
- подключают кабель питания к разъему на модуле источника питания терминала;
- подают напряжение питания на терминал и убеждаются в наличии индикации напряжения питания;
- после подачи напряжения питания запускается процедура самотестирования. Терминал допускается к дальнейшей поверке, если во время самотестирования терминала не выявлено ошибок.

## 9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверку программного обеспечения терминала проводят путем сличения идентификационных данных отображаемых на дисплее терминала с идентификационными данными указанными в описании типа в следующем порядке:

- включить терминал;
  - дождаться появления главного меню терминала;
  - кнопками перемещения «Вверх» и «Вниз» в главном меню выбрать пункт «Информация» и нажать кнопку «Ввод»;
  - в строке «Версия ПО» зафиксировать номер версии встроенного ПО.
- Терминал допускается к дальнейшей поверке, если программное обеспечение соответствует требованиям, указанным в описании типа.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности для терминалов с аналоговыми входами.

Определяются пределы допускаемой основной погрешности измерений:

- среднеквадратического (действующего) значения фазного ( $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ) и линейного ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ) напряжений переменного тока;
- среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока ( $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ );
- активной ( $P$ ), реактивной ( $Q$ ) и полной ( $S$ ) электрической мощности (фазной и трехфазной);
- частоты сети переменного тока ( $f$ );
- коэффициента электрической мощности ( $\cos\varphi$ ), (фазный и трехфазный).

Основная погрешность измерений определяется при помощи эталонных средств измерений указанные в таблице 2.

Расчет основной погрешности терминала должен производиться по формулам, указанным в разделе 11.



Для определения основной погрешности должны подаваться входные сигналы в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Поверочные сигналы Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений для терминалов с аналоговыми входами

Номер повероч- ной точ- ки	Фазное (линейное) напряжение <sup>1)</sup> , В			Фазный ток <sup>1)</sup> , А			Фазовый угол, градус	cosφ	sinφ	Частота, Гц
	U <sub>A</sub> (U <sub>AB</sub> )	U <sub>B</sub> (U <sub>BC</sub> )	U <sub>C</sub> (U <sub>CA</sub> )	I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>				
1	0,1·U <sub>НОМ</sub>	0,1·U <sub>НОМ</sub>	0,1·U <sub>НОМ</sub>	I <sub>НОМ</sub>	I <sub>НОМ</sub>	I <sub>НОМ</sub>	0 (90) <sup>2)</sup>	1 (0) <sup>2)</sup>	0 (1) <sup>2)</sup>	50
2	U <sub>НОМ</sub>	U <sub>НОМ</sub>	U <sub>НОМ</sub>							
3	1,2·U <sub>НОМ</sub>	1,2·U <sub>НОМ</sub>	1,2·U <sub>НОМ</sub>							
4	2,0·U <sub>НОМ</sub>	2,0·U <sub>НОМ</sub>	2,0·U <sub>НОМ</sub>							
5	2,5·U <sub>НОМ</sub>	2,5·U <sub>НОМ</sub>	2,5·U <sub>НОМ</sub>							
6	U <sub>НОМ</sub>	U <sub>НОМ</sub>	U <sub>НОМ</sub>	0,01·I <sub>НОМ</sub>	0,01·I <sub>НОМ</sub>	0,01·I <sub>НОМ</sub>	0	1	0	
7				0,05·I <sub>НОМ</sub>	0,05·I <sub>НОМ</sub>	0,05·I <sub>НОМ</sub>	60	0,5	-	
8							120	-0,5	-	
9							180	-1	-	
10							0 (90) <sup>2)</sup>	1 (0) <sup>2)</sup>	0 (1) <sup>2)</sup>	
11				I <sub>НОМ</sub>	I <sub>НОМ</sub>	I <sub>НОМ</sub>	60	0,5	-	
12							120	-0,5	-	
13							180	-1	-	
14							0 (90) <sup>2)</sup>	1 (0) <sup>2)</sup>	0 (1) <sup>2)</sup>	
15				1,2·I <sub>НОМ</sub>	1,2·I <sub>НОМ</sub>	1,2·I <sub>НОМ</sub>	60	0,5	-	
16							120	-0,5	-	
17							180	-1	-	
18							0 (90) <sup>2)</sup>	1 (0) <sup>2)</sup>	0 (1) <sup>2)</sup>	
19				20·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>	20·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>	20·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>	0	1	0	
20				40·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>	40·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>	40·I <sub>НОМ</sub> <sup>3)</sup>				

Примечания:

<sup>1)</sup> U<sub>ном</sub>, I<sub>ном</sub> – номинальные значения напряжения и тока.

<sup>2)</sup> При измерении реактивной мощности фазовый угол должен устанавливаться равным 90 градусов (sinφ = 1).

<sup>3)</sup> При проведении испытаний время подачи токов свыше 5·I<sub>ном</sub> не должно превышать 2 с. Между измерениями необходимо выдерживать паузу не менее 5 с.

Определение основной погрешности измерения напряжений должно производиться только при сигналах, указанных в строках 1 – 5.

Определение основной погрешности измерения токов должно производиться только при сигналах, указанных в строках 6, 11, 15, 19, 20. Измерения, указанные в строках 19, 20 производятся только для терминалов с функцией регистратора аварийных событий.

Определение основной погрешности измерения мощности производится при сигналах, указанных в строках 6, 11, 15 для активной и полной электрической мощности; 6, 11, 15 – для реактивной мощности.



Определение абсолютной погрешности измерения коэффициента мощности производится только для терминалов с функцией управления присоединениями при сигналах, указанных в строках 7 – 18

Определение абсолютной погрешности измерения частоты должно производиться только при сигналах, указанных в строке 2 при следующих значениях частоты переменного тока: 45; 47; 50; 53; 55 Гц.

Погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности сохраняются при изменении частоты переменного тока входного аналогового сигнала в диапазоне от 45 до 55 Гц.

Для терминалов, диапазон показаний которых настроен с учетом коэффициентов трансформации по току и напряжению, проверку основной погрешности нужно проводить с учетом расчетных значений в соответствии с формулами (4 – 6), приведенных в разделе 11, где за показания эталонного средства измерения брать расчетные значения, а номинальные значения умножить на соответствующие коэффициенты трансформации.

## 10.2 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений силы и напряжения постоянного тока

Определяется предел допускаемой погрешности измерений силы и напряжения постоянного тока. Основная погрешность определяется методом прямых измерений при помощи эталонных средств измерений.

Расчет основной погрешности терминала должен производиться по формулам, указанным в разделе 11.

Для определения основной погрешности измерений силы и напряжения постоянного тока должны подаваться входные сигналы в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Поверочные сигналы для определения основной погрешности измерений силы и напряжения постоянного тока

Номер поверочной точки	Диапазон измерений, мА					Диапазон измерений, В		
	от -5 до +5	от -20 до +20	от 0 до 5	от 0 до 20	от 4 до 20	от -10 до +10	от -330 до +330	от -0,375 до +0,375
	Значения контрольных точек, мА					Значения контрольных точек, В		
1	+5,0	+20,0	5,0	20,0	20,0	+10,0	+330,0	+0,375
2	+2,0	+8,0	2,0	8,0	8,0	+4,0	+150,0	+0,150
3	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
4	-2,0	-8,0	-	-	-	-4,0	-150,0	-0,150
5	-5,0	-20,0	-	-	-	-10,0	-330,0	-0,375

Для терминалов, диапазон показаний которых настроен в соответствии с диапазоном измерений электрического или неэлектрического параметра на входе датчика или измерительного преобразователя основная погрешность измерений должна вычисляться по формуле (7), приведенной в разделе 11, где за показания эталонного прибора должны браться значения, рассчитанные по формуле (8), приведенной в разделе 11, а нормирующее значение должно выражаться в соответствующих единицах измерения.

## 10.3 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной трехфазной электрической энергии, проверка порога чувствительности и отсутствия самохода

### 10.3.1 Проверка порога чувствительности производится в соответствии с ГОСТ 8.584-2004.



Ток запуска выбирается из расчета 0,2 % от номинального тока  $I_{\text{ном}}$ . Проверка проводится для каждого из направлений при номинальном напряжении переменного тока  $U_{\text{ном}}$  и коэффициенте мощности равном 1. Результаты проверки считают положительными, если при заданном токе запуска терминал продолжает регистрировать показания.

### 10.3.2 Проверка отсутствия самохода

На входы каналов измерения напряжения подают сигнал, равный  $1,15 \cdot U_{\text{ном}}$ . Входные цепи каналов измерения тока оставляют неподключенными. Контролируется отсутствие приращения количества энергии на дисплее терминала за интервал времени – 5 мин.

Результат проверки положительный, если за интервал времени проверки не было зарегистрировано изменение показаний терминала.

### 10.3.3 Определение погрешности измерений активной и реактивной электрической энергии при симметричной и несимметричной нагрузке

Значение основной относительной погрешности терминала при симметричной и несимметричной нагрузке определяют для каждого из направлений измеряемой энергии при номинальном значении напряжения переменного тока.

Основная погрешность измерений определяется при помощи эталонных средств измерений указанных в таблице 2. Проверку погрешности измерения энергии проводят методом измерений фиктивной энергии, формируемой установкой многофункциональной измерительной СМС256 plus (далее - установка СМС256 plus), либо с помощью прибора электроизмерительном эталонном многофункциональном «Энергомонитор-3.1КМ» (далее – прибор «Энергомонитор-3.1КМ») путем сравнения показаний терминала с показаниями прибора «Энергомонитор-3.1КМ», где вид энергии (активная или реактивная) выбирается в меню эталонного прибора.

В случае, если измерение энергии производится с использованием установки СМС256 plus, то за эталонное значение активной и реактивной энергии принимаются значения, рассчитанные по формулам (9 – 13), приведенным в разделе 11.

Рекомендуемое значение интервала измерения приращения электрической энергии от 1 до 6 мин.

Определение погрешностей проводить в следующей последовательности:

- 1) Подключить терминал к эталонному средству измерений.
- 2) Погрешность измерений активной и реактивной электрической энергии прямого и обратного направлений определить следующим образом:
  - установить на выходе установки СМС256 plus сигналы в соответствии с таблицами 5-8;
  - провести поверку при номинальных значениях напряжения переменного тока;

Таблица 5 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений активной электрической энергии (класс точности 0,5S) при симметричной нагрузке

Номер поверочной точки	Значение тока	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении активной электрической энергии, %
1	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 1,0$
2	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 0,5$
3	$I_{\text{ном}}$		
4	$1,2 \cdot I_{\text{ном}}$		
5	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 (инд.)	$\pm 1,0$
6		0,8 (емк.)	
7	$0,10 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 (инд.)	$\pm 0,6$
8		0,8 (емк.)	
9	$I_{\text{ном}}$	0,5 (инд.)	

Номер поверочной точки	Значение тока	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении активной электрической энергии, %
10		0,8 (емк.)	
11	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 (инд.)	
12		0,8 (емк.)	

Таблица 6 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений активной электрической энергии (класс точности 0,5S) при несимметричной нагрузке

Номер поверочной точки	Значение тока	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении активной электрической энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1,0	$\pm 0,6$
2	$I_{\text{НОМ}}$		
3	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		
4	$0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 (инд.)	$\pm 1,0$
5	$I_{\text{НОМ}}$		
6	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		

Примечания

1 Измерения проводить последовательно для каждой фазы.

Таблица 7 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений реактивной электрической энергии (класс точности 1) при симметричной нагрузке

Номер поверочной точки	Значение тока для счётчиков	Коэффициент $\sin \varphi$ (при индуктивной нагрузке)	Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении реактивной электрической энергии, %
1	$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1,0	$\pm 1,5$
2	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 1,0$
3	$I_{\text{НОМ}}$		
4	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		
5	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5	$\pm 1,5$
6	$0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 1,0$
7	$I_{\text{НОМ}}$		
8	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		
9	$0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,25	$\pm 1,5$
10	$I_{\text{НОМ}}$		
11	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		



Таблица 8 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений реактивной электрической энергии (класс точности 1) при несимметричной нагрузке

Номер поверочной точки	Значение тока для счётчиков	Коэффициент $\sin \varphi$ (при индуктивной нагрузке)	Пределы допускаемой относительной основной погрешности при измерении реактивной электрической энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1,0	$\pm 1,5$
2	$I_{\text{НОМ}}$		
3	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		
4	$0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5	
5	$I_{\text{НОМ}}$		
6	$1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$		
Примечание 1 Измерения проводить последовательно для каждой фазы.			

Погрешности измерений активной и реактивной электрической энергии при симметричной и несимметричной нагрузке должны сохраняться в пределах допустимых значений при изменении частоты переменного тока входного аналогового сигнала в диапазоне от 45 до 55 Гц.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения относительной основной погрешности измерений активной электрической энергии прямого и обратного направлений не превышают пределов, приведенных в таблицах 5-8.

10.4 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности, фазового угла между током и напряжением переменного тока для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2

Определяются пределы допускаемой основной погрешности измерений при приеме SV-потоков с количеством выборок 80, 96, 288 на период номинальной частоты:

- среднеквадратического (действующего) значения фазного ( $U_A, U_B, U_C$ ) и линейного ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ) напряжений переменного тока;
- среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока ( $I_A, I_B, I_C$ );
- активной ( $P$ ), реактивной ( $Q$ ) и полной ( $S$ ) электрической мощности (фазной и трехфазной);
- коэффициента электрической мощности ( $\cos \varphi$ , фазный и трехфазный);
- фазового угла между током и напряжением переменного тока основной гармоники ( $\varphi$ );
- частоты сети переменного тока ( $f$ ).

Основная погрешность определяется методом прямых измерений при помощи эталонных средств измерений.

Расчет основной погрешности терминала должен производиться по формулам (14 – 21), приведенным в разделе 11.

Для определения основной погрешности должны подаваться входные сигналы в соответствии с таблицей 9.

При выборе отображаемого параметра с помощью кнопок на передней панели должны фиксироваться показания терминала.

Таблица 9 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2

Номер поверочной точки	Фазное (линейное) напряжение*, В			Фазный ток*, А			Фазовый угол, градус	cosφ	sinφ	Частота, Гц
	$U_A (U_{AB})$	$U_B (U_{BC})$	$U_C (U_{CA})$	$I_A$	$I_B$	$I_C$				
1	1	1	1	6400	6400	6400	0	1	0	50
2	1000	1000	1000							
3	10000	10000	10000							
4	110000	110000	110000							
5	1150000	1150000	1150000	0,01	0,01	0,01	0	1	0	50
6				50000	50000	50000				
7				110000	110000	110000				
8										
9	$0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0 (90**)	1 (0**)	0 (1**)	50
10	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$							
11	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$							
12	$1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$1,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$							
13	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$0,001 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$0,001 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$0,001 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0 (90**)	1 (0**)	0 (1**)	50
14				$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$				
15				$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$				
16	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0	1	0	42,5
17										45
18										48
19										50
20										52
21										55
22										57,5
23	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0	1	-	50
24							60	0.5		
25							90	0		
26							120	-0.5		
27							180	-1		
28							-60	0.5		
29							-90	0		
30							-120	-0.5		
31							-180	-1		

Примечания: \*  $U_{\text{НОМ}}$ ,  $I_{\text{НОМ}}$  – номинальные значения напряжения и тока.

\*\* При измерении реактивной мощности фазовый угол должен устанавливаться равным 90 градусов (sinφ = 1).



Определение основной погрешности измерений силы и напряжения переменного тока должно производиться только при поверочных сигналах, указанных в строках 1 – 8.

Определение основной погрешности измерений мощности (активной, реактивной, полной) должно производиться только при поверочных сигналах, указанных в строках 9 – 15.

Определение абсолютной погрешности измерений частоты должно производиться только при поверочных сигналах, указанных в строках 16 – 22.

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента мощности должно производиться при поверочных сигналах, указанных в 23 – 31.

Определение абсолютной погрешности измерений фазового угла между током и напряжением должно производиться при поверочных сигналах, указанных в строках 23 – 31.

Погрешности измерений фазного тока, фазного и линейного напряжений, мощностей, коэффициента мощности сохраняются при изменении частоты входного аналогового сигнала в диапазоне от 42,5 до 57,5 Гц.

10.5 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом, а также сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием датчиков ДДТ и переносным устройством ЭКРА-ПКИ

10.5.1 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом.

- 1) Собрать схему в соответствии с рисунком 1.
- 2) Подключить мост сопротивлений к положительному полюсу источника питания и установить величину сопротивления 0,2 кОм.
- 3) Установить на выходе источника питания напряжение 110 В/220 В
- 4) Перевести терминал в режим измерения «Контроль полюсов».
- 5) Измерить сопротивление при помощи терминала.
- 6) Изменяя величины сопротивлений резистора моста в соответствии с таблицей 10 повторить измерения.

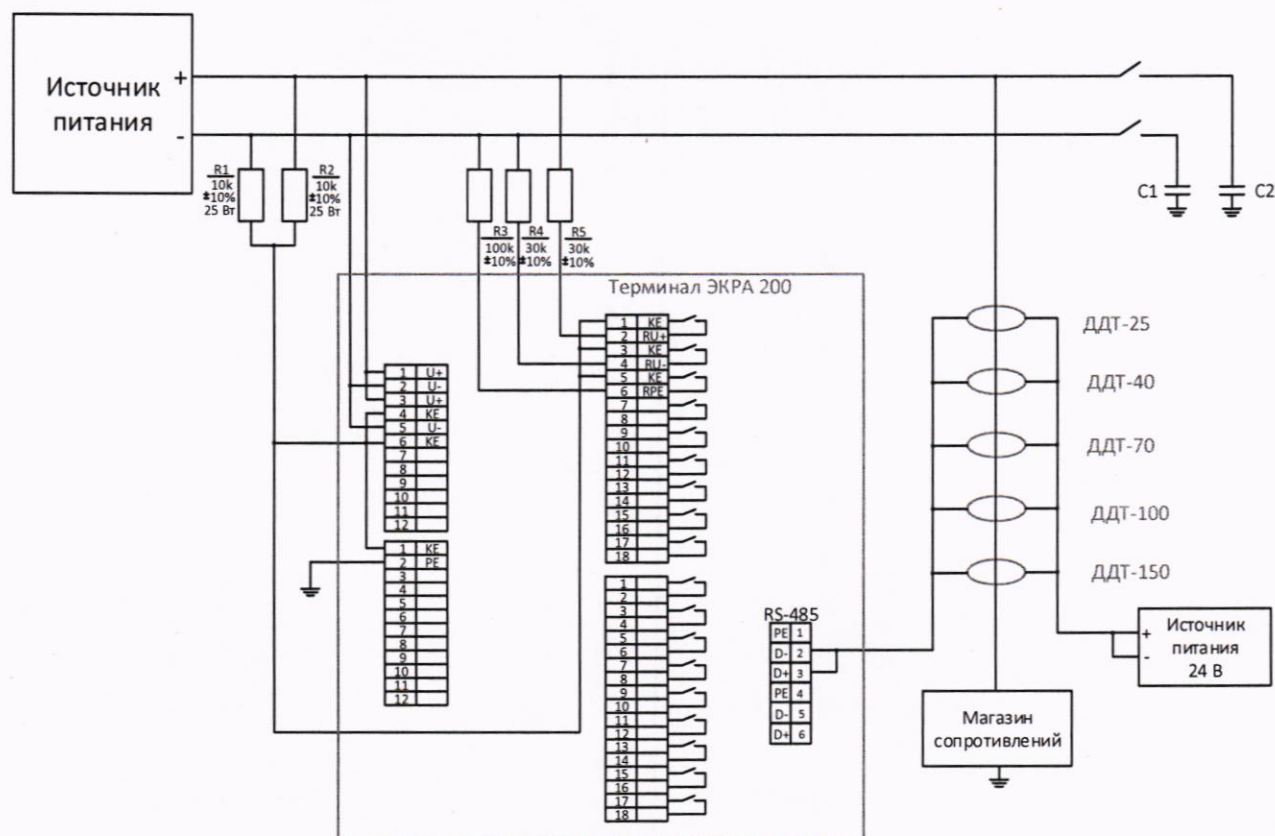


Рисунок 1 – Схема подключения терминала при определении относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом, а также сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием датчиков ДДТ

7) Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле (22), приведенной в разделе 11.

8) Подключить магазин сопротивлений к отрицательному полюсу источника питания и повторить измерения.

9) Подключить два конденсатора емкостью  $100 \text{ мкФ} \pm 10 \%$  согласно рисунку 1. Повторить пункты 1) – 7).

Таблица 10 – Поверочные сигналы для определения относительной основной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом

Полярность подключения к полюсам сети	Значение сопротивления постоянному току, кОм	Предел допускаемой относительной погрешности, %
+	0,2	5 (10*)
+	1	5 (10*)
+	1000	5
+	5000	20
+	16000	50
-	0,2	5 (10*)
-	1	5 (10*)
-	1000	5
-	5000	20
-	16000	50
* - при подключении емкости 200 мкФ		

10.5.2 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединений сети с использованием датчиков дифференциальных токов ДДТ-25.30, ДДТ-25.50, ДДТ- 40.30, ДДТ- 70.30, ДДТ - 100.30, ДДТ - 150.30

1) Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

2) Пропустить провод сквозь окна датчиков, один из выводов которого подключен к полюсу сети, а другой к мосту сопротивлений.

3) Подключить магазин сопротивлений к положительному полюсу источника питания и установить величину сопротивления 0,5 кОм.

4) Установить на выходе источника питания напряжение 110 В/220 В

5) Перевести терминал в режим измерения «Поиск фидеров».

6) Измерить сопротивление при помощи датчиков дифференциальных токов.

7) Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле (22), приведенной в разделе 11

8) Изменяя величины сопротивлений моста в соответствии с таблицей 11 повторить измерения.

9) Подключить мост сопротивлений к отрицательному полюсу источника питания и повторить измерения.

10) Подключить два конденсатора емкостью  $100 \text{ мкФ} \pm 10 \%$  согласно рисунку 1. Повторить пункты 1) – 8).



Таблица 11 - Поверочные сигналы для определения относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединений сети с использованием датчиков дифференциальных токов

Датчик дифференциального тока	Полярность подключения к полюсам сети	Значение сопротивления постоянному току, кОм	Предел допускаемой относительной погрешности, %
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	+	0,5	20
ДДТ-40.30	+	0,5	20
ДДТ-70.30	+	0,5	20
ДДТ-100.30	+	0,5	20
ДДТ-150.30	+	0,5	20
ДДТ-25.30	-	0,5	20
ДДТ-40.30	-	0,5	20
ДДТ-70.30	-	0,5	20
ДДТ-100.30	-	0,5	20
ДДТ-150.30	-	0,5	20
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	+	1	10 (20*)
ДДТ-40.30	+	1	10 (20*)
ДДТ-70.30	+	1	10 (20*)
ДДТ-100.30	+	1	10 (20*)
ДДТ-150.30	+	1	10 (20*)
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	-	1	10 (20*)
ДДТ-40.30	-	1	10 (20*)
ДДТ-70.30	-	1	10 (20*)
ДДТ-100.30	-	1	10 (20*)
ДДТ-150.30	-	1	10 (20*)
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	+	150	10 (20*)
ДДТ-40.30	+	150	10 (20*)
ДДТ-70.30	+	150	10 (20*)
ДДТ-100.30	+	150	10 (20*)
ДДТ-150.30	+	150	10 (20*)
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	-	150	10 (20*)
ДДТ-40.30	-	150	10 (20*)
ДДТ-70.30	-	150	10 (20*)
ДДТ-100.30	-	150	10 (20*)
ДДТ-150.30	-	150	10 (20*)
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	+	500	20
ДДТ-40.30	+	500	20
ДДТ-70.30	+	500	20

Датчик дифференциального тока	Полярность подключения к полюсам сети	Значение сопротивления постоянному току, кОм	Предел допускаемой относительной погрешности, %
ДДТ-100.30	+	500	20
ДДТ-150.30	+	500	20
ДДТ-25.30, ДДТ-25.50	-	500	20
ДДТ-40.30	-	500	20
ДДТ-70.30	-	500	20
ДДТ-100.30	-	500	20
ДДТ-150.30	-	500	20
* - при подключении емкости 200 мкФ			

10.5.3 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции поврежденного присоединения относительно «земли» переносным устройством ЭКРА-ПКИ

1) Собрать схему в соответствии с рисунком 2.

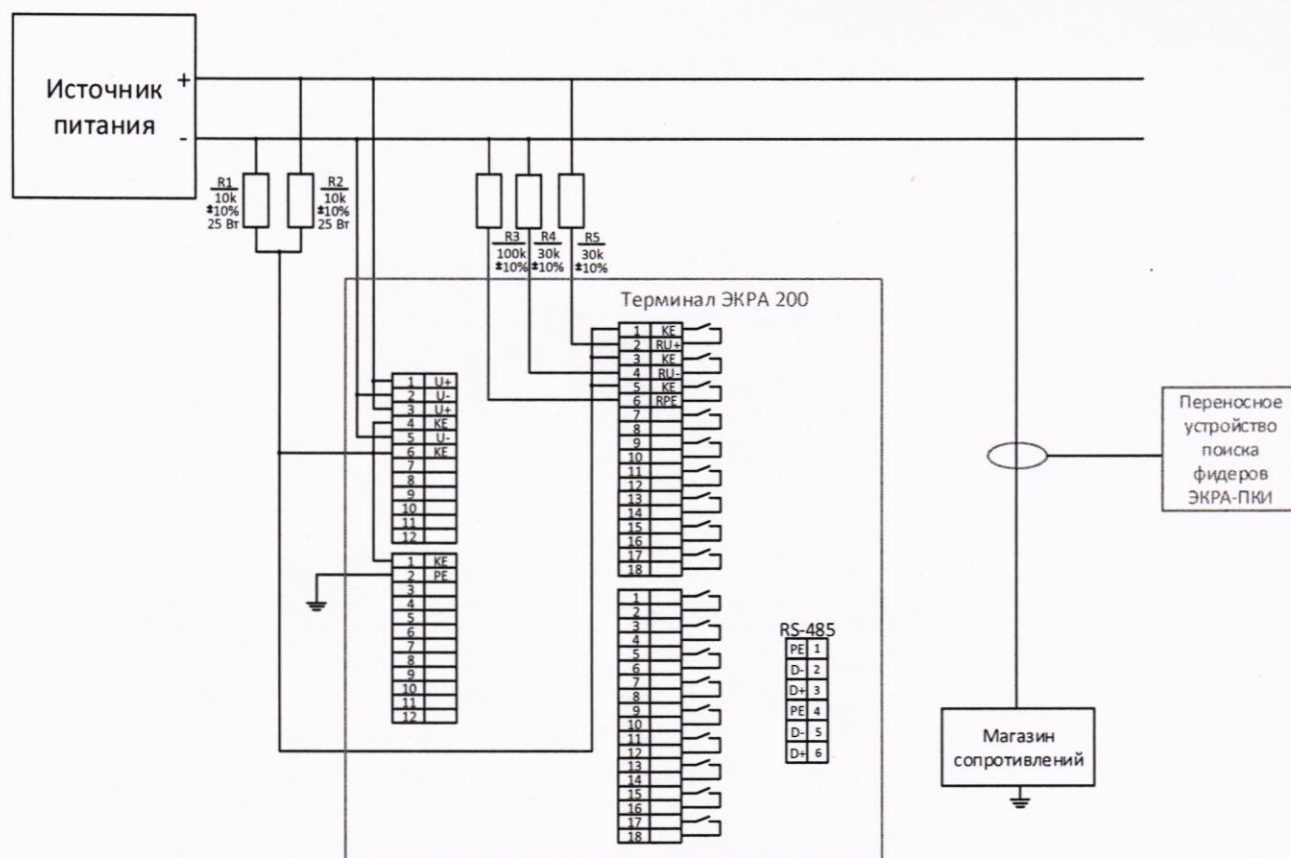


Рисунок 2 – Схема подключения терминала при определении относительной погрешности измерений сопротивления изоляции поврежденного присоединения относительно «земли» переносным устройством ЭКРА-ПКИ

2) Подключить магазин сопротивлений к положительному полюсу источника питания и установить величину сопротивления 5 кОм.

3) Установить на выходе источника питания напряжение 110 В/220 В



- 4) Перевести терминал в режим измерения «Клеши».
- 5) Измерить сопротивление при помощи ЭКРА-ПКИ.
- 6) Изменяя величины сопротивлений моста в соответствии с таблицей 12 повторить измерения.
- 7) Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле (22), приведенной в разделе 11.

Таблица 12 - Поверочные сигналы для определения относительной погрешности измерений сопротивления изоляции поврежденного присоединения относительно «земли» переносным устройством ЭКРА-ПКИ

Полярность подключения к полюсам сети	Значение сопротивления постоянному току, кОм	Предел допускаемой относительной погрешности, %
+	5	$\pm 20$
+	50	$\pm 20$
+	150	$\pm 20$
-	5	$\pm 20$
-	50	$\pm 20$
-	150	$\pm 20$

- 8) Подключить магазин сопротивлений к отрицательному полюсу источника питания и повторить измерения пункты 1) – 6).

#### 10.6 Определение метрологических характеристик собственных часов терминалов

10.6.1 Определение смещения собственной шкалы времени терминала относительно национальной шкалы времени UTC в режиме синхронизации от сервера времени по SNTP протоколу с использованием PPS сигнала.

Определение смещения собственной шкалы времени терминала проводить в следующей последовательности:

- 1) Собрать схему в соответствии с рисунком 3;
- 2) на персональном компьютере (далее - ПК) при помощи программного обеспечения (далее – ПО) «Конфигуратора устройства СВ» установить связь с эталонными серверами времени СВ-04, авторизоваться с правами администратора:
  - в первом сервере времени настроить выдачу SNTP пакетов и PPS-сигналов периодичностью 1 с, сохранить настройку;
  - во втором сервере времени настроить выдачу PPS-сигналов периодичностью 1 с, сохранить настройку;
- 3) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» установить связь с терминалом, авторизовавшись с правами администратора:
  - произвести настройку синхронизации по протоколу SNTP с PPS-импульсами в разделах «Уставки» -> «Цифровые каналы связи» -> «Синхронизация времени» -> «Параметры» и «SNTP»;
  - выбрать дискретный вход (ДВ) в терминале, назначить ДВ на регистрацию в разделе «Уставки» -> «Регистрация и осциллографирование» -> «Дискретные входы»;
  - в разделе «Уставки» -> «Дискретные входы» выставить значение программной задержки равным нулю в столбце «Сраб. DT» ДВ;
  - сохранить уставки;
- 4) убедиться в успешной синхронизации в разделе меню на лицевой части терминала: «Диагностика» -> «Состояние связи» -> выбрать «Протокол: SNTP», о приеме PPS-сигнала сигнализирует моргание светодиода «Синхронизация» (при наличии) на лицевой панели терминала с периодичностью в 1 с;

5) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» в «Регистраторе событий» установить фильтр на отображение изменений событий выбранного ДВ, замерить задержку срабатывания ДВ по меткам времени относительно X секунд 000 миллисекунд, после в разделе «Системные параметры» -> «Параметры терминала» -> «Компенсации времени обработки дискретных входов» установить галочку «Включить коррекцию времени», затем выставить полученное значение задержки срабатывания ДВ «При переходе в 1», сохранить уставки, перезагрузить терминал;

6) убедиться в успешной синхронизации (см. п. 5);

7) при помощи «Конфигуратора устройства СВ» в сервере времени 2 выставить значение смещения начала PPS-сигнала (OFFSET\_PPS) «-1000» мкс;

8) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» войти в раздел: «Регистратор событий», установить фильтр на отображение изменений событий выбранного ДВ, зафиксировать метки времени срабатывания ДВ. За оценку смещения собственной шкалы времени терминала в моменты фиксации на ДВ PPS-импульсов от эталонного устройства синхронизации времени принимают максимальное отклонение зафиксированной метки времени дискретного входа в регистраторе событий от X секунд 999 миллисекунд.

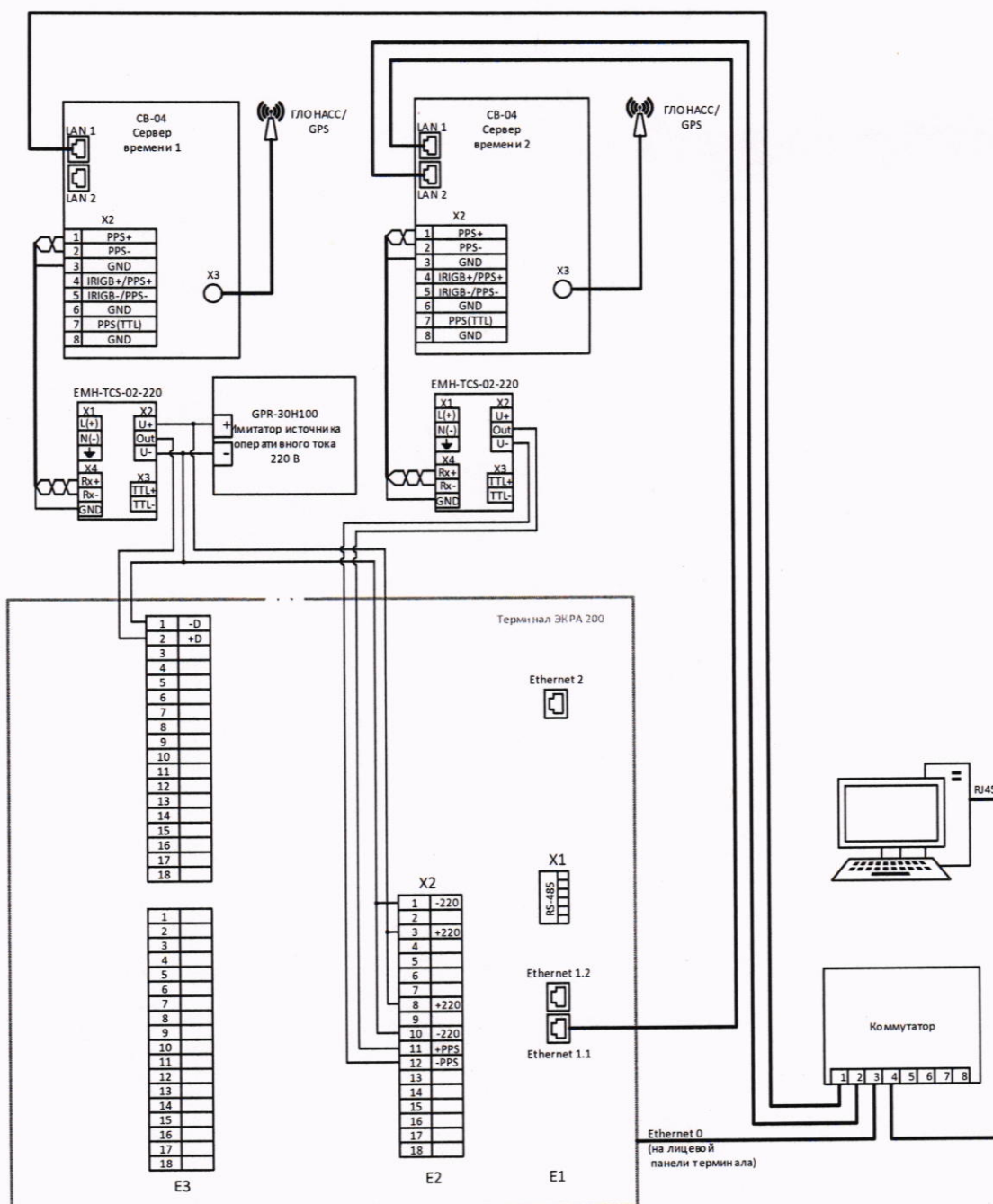




Рисунок 3 – Схема подключения терминала при определении метрологических характеристик собственных часов

10.6.2 Определение смещения собственной шкалы времени терминала относительно национальной шкалы времени UTC в режиме синхронизации от сервера времени по RTP протоколу.

Определение смещения собственной шкалы времени терминала проводить в следующей последовательности:

- 1) собрать схему в соответствии с рисунком 4;
- 2) на ПК при помощи ПО «Конфигуратора устройства СВ» установить связь с эталонным сервером времени СВ-04, авторизоваться с правами администратора, настроить выдачу RTP пакетов и PPS-сигналов периодичностью 1 с, сохранить настройку;
- 3) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» установить связь с терминалом, авторизовавшись с правами администратора:
  - произвести настройку синхронизации по протоколу RTP в разделах «Уставки» -> «Цифровые каналы связи» -> «Синхронизация времени» -> «Параметры» и «RTP»;
  - выбрать дискретный вход (ДВ) в терминале, назначить ДВ на регистрацию в разделе «Уставки» -> «Регистрация и осциллографирование» -> «Дискретные входы»;
  - в разделе «Уставки» -> «Дискретные входы» выставить значение программной задержки равным нулю в столбце «Сраб. ДТ» ДВ;
  - сохранить уставки;
- 4) убедиться в успешной синхронизации в разделе меню на лицевой части терминала: «Диагностика» -> «Синхронизация»;
- 5) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» в «Регистраторе событий» установить фильтр на отображение изменений событий выбранного ДВ, замерить задержку срабатывания ДВ по меткам времени относительно X секунд 000 миллисекунд, после в разделе «Системные параметры» -> «Параметры терминала» -> «Компенсации времени обработки дискретных входов» установить галочку «Включить коррекцию времени», затем выставить полученное значение задержки срабатывания ДВ «При переходе в 1», сохранить уставки, перезагрузить терминал;
- 6) убедиться в успешной синхронизации (см. п 5);
- 7) при помощи «Конфигуратора устройства СВ» в сервере времени СВ-04 выставить значение смещения начала PPS-сигнала (OFFSET\_PPS) «-1000» мкс;
- 8) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» войти в раздел: «Регистратор событий», установить фильтр на отображение изменений событий выбранного ДВ, зафиксировать метки времени срабатывания ДВ. За оценку смещения собственной шкалы времени терминала в моменты фиксации на ДВ PPS-импульсов от эталонного устройства синхронизации времени принимают максимальное отклонение зафиксированной метки времени дискретного входа в регистраторе событий от X секунд 999 миллисекунд.



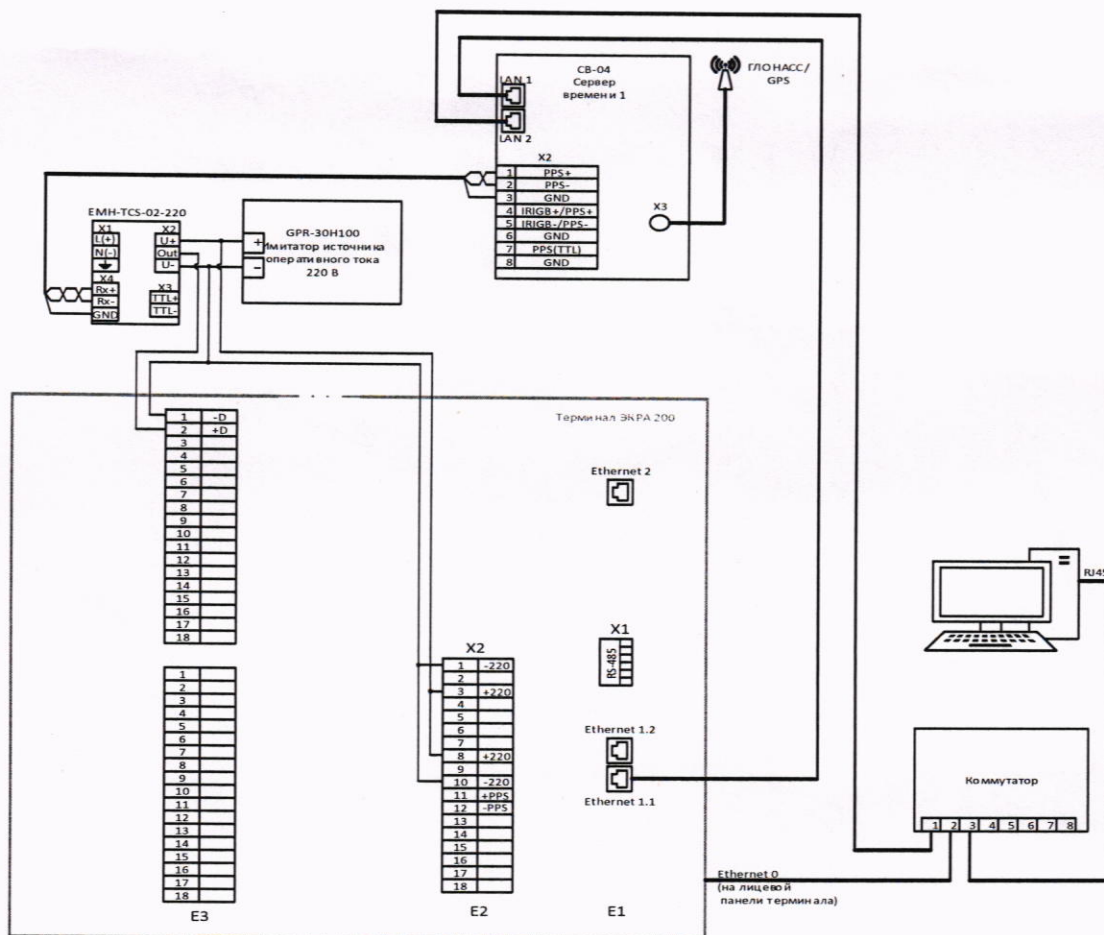


Рисунок 4 – Схема подключения терминала при определении смещения собственной шкалы времени терминала относительно национальной шкалы времени UTC в режиме синхронизации от сервера времени по RTP протоколу

10.6.3 Определение смещения собственной шкалы времени терминала за сутки без внешней синхронизации.

Логика должна быть заранее сконфигурирована для каждого терминала следующим образом: добавлено два элемента счетчика импульсов, для первого счетчика уставка задана 1, для второго – 7201 (7200 секунд), выходы с обоих элементов добавлены в таблицу сигналов с названием Время\_1 и Время\_7201 и назначены на регистрацию изменения событий, на входы «С» счетчиков подведен зарезервированный выход матрицы отключения («Проверка часов»), с входов «R» убрана инверсия и назначена на служебный сигнал «Сброс».

Определение смещения собственной шкалы времени терминала за сутки проводить в следующей последовательности:

1) собрать схему в соответствии с рисунком 3 или 4 (в зависимости от выбранного способа внешней синхронизации);

2) на ПК при помощи ПО «Конфигуратора устройства СВ» установить связь с эталонным сервером времени CB-04, авторизоваться с правами администратора, настроить синхронизацию по протоколу SNTP с PPS-импульсами или RTP, сохранить настройку;

3) на ПК при помощи ПО «АРМ-релейщика» или «Smart Monitor» установить связь с терминалом, авторизоваться с правами администратора, произвести настройку синхронизации по протоколу SNTP с PPS-импульсами или RTP;

4) убедиться в успешной синхронизации в разделе меню на лицевой части терминала: «4 Диагностика» -> «2 Состояние связи» -> выбрать «Протокол: SNTP» или «4 Диагностика» -> «4 Синхронизация» в зависимости от выбранного протокола синхронизации;



5) отключить синхронизацию с эталонным сервером времени (выдернуть патч-корд из порта «Ethernet 1.1» и провода «+PPS» и «-PPS» на разъеме блока питания терминала), подача PPS-сигнала при этом должна сохраниться только на ДВ;

6) убедиться в отсутствии внешней синхронизации (см. п. 5)

7) инициировать сброс счетчиков в логике одновременным нажатием кнопок «F» и «0» на лицевой части терминала;

8) по истечении двух часов на ПК при помощи ПО «APM» или «Smart Monitor» войти в раздел: «Регистратор событий», зафиксировать разницу между появлением сигналов «Время\_7201» ( $t_{7201}$ ) и «Время\_1» ( $t_1$ ), вычислить отклонение собственной шкалы времени терминала ( $\Delta t$ ) по формуле (23), приведенной в разделе 11.

9) рассчитать отклонение  $\Delta t_{\text{сут}}$  относительно 24 ч по формуле (24), приведенной в разделе 11.

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности для терминалов с аналоговыми входами

Расчет основной погрешности терминала должен производиться по формулам:

а) для основных приведенных погрешностей измерений среднеквадратических (действующих) значений фазных и линейных напряжений переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, фазных и суммарных электрических мощностей, в процентах:

$$\gamma = \frac{Y_T - Y_{\Sigma}}{Y_H} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $Y_T$  – значение, измеренное терминалом<sup>1</sup> (сила переменного или постоянного тока, А; напряжение переменного или постоянного тока, В; электрическая мощность Вт; вар; В·А);

$Y_{\Sigma}$  – значение эталонного прибора<sup>1</sup>;

$Y_H$  – нормирующее значение выбирается согласно Приложению А:

- номинальное значение<sup>1</sup>;
- верхнее значение диапазона измерений<sup>1</sup>.

б) для абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока, по формуле:

$$\Delta f = f_x - f_y, \quad (2)$$

где  $f_x$  – значение частоты переменного тока, измеренное терминалом;

$f_y$  – значение частоты переменного тока эталонного прибора.

в) для абсолютной погрешности измерений коэффициента электрической мощности (фазный и суммарный по трем фазам) по формуле:

$$\Delta \cos \varphi = \cos \varphi_x - \cos \varphi_y, \quad (3)$$

где  $\cos \varphi_x$  – значение коэффициента электрической мощности, измеренное терминалом;

$\cos \varphi_y$  – значение коэффициента электрической мощности эталонного прибора, или вычисленное по формуле:  $\cos \varphi_y = P_{\text{ур}}/P_{\text{ys}}$ , где  $P_{\text{ур}}$  – активная мощность эталонного при-

<sup>1</sup> - сила переменного или постоянного тока, А; напряжение переменного или постоянного тока, В; электрическая мощность, Вт; вар; В·А



бора или вычисленная путем расчета на основе значений эталонного прибора;  $P_{ys}$  – полная мощность эталонного прибора или вычисленная путем расчета на основе значений эталонного прибора.

Для терминалов, диапазон показаний которых настроен с учетом коэффициентов трансформации по току и напряжению, проверку основной погрешности нужно проводить с учетом расчетных значений в соответствии с формулами:

а) для фазных и линейных напряжений переменного тока:

$$U = k_{тн} \cdot U_y, \quad (4),$$

где  $k_{тн}$  – коэффициент трансформации напряжения переменного тока;

$U_y$  – значение напряжения переменного тока эталонного средства измерений (или нормирующее).

б) для силы переменного тока:

$$I = k_{тт} \cdot I_y, \quad (5),$$

где  $k_{тт}$  – коэффициент трансформации силы переменного тока;

$I_y$  – значение силы переменного тока эталонного прибора (или нормирующее),

А.

в) для фазных и трехфазных электрических мощностей:

$$P = k_{тт} \cdot k_{тн} \cdot P_y, \quad (6),$$

где  $P_y$  – значение активной, реактивной или полной электрической мощности эталонного прибора (или нормирующее), Вт; вар; В·А.

11.2 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений силы и напряжения постоянного тока

Расчет основных приведенных погрешностей измерений силы и напряжения постоянного тока, в процентах должен производиться по формуле:

$$\gamma_N = \frac{N_x - N_y}{N_{п}} \cdot 100, \quad (7),$$

где  $N_x$  – значение силы постоянного тока или напряжения постоянного тока, измеренное терминалом;

$N_y$  – значение силы постоянного тока или напряжения постоянного тока эталонного прибора;

$N_{п}$  – нормирующее значение силы постоянного тока или напряжения постоянного тока:

– верхний предел диапазона, если нулевое значение входного сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

– сумма модулей пределов измерений, если нулевое значение входного сигнала находится внутри диапазона измерений.

Для терминалов, диапазон показаний которых настроен в соответствии с диапазоном измерений электрического или неэлектрического параметра на входе датчика или измерительного преобразователя основная погрешность измерения должна вычисляться по формуле (7), где за показания эталонного прибора должны браться значения, рассчитанные по формуле (8), а нормирующее значение должно выражаться в соответствующих единицах измерения.



$$N_n = [(b_2 - a_2)/(b_1 - a_1)] \cdot (I_y - a_1) + a_2, \quad (8),$$

где  $N_n$  – расчетное значение сигнала на входе датчика или измерительного преобразователя;

$I_y$  – значение сигнала постоянного тока, измеренное эталонным прибором, мА;

$b_1, a_1$  – верхний и нижний пределы диапазона измерений постоянного тока, мА;

$b_2, a_2$  – верхний и нижний пределы диапазона сигнала на входе датчика или измерительного преобразователя.

### 11.3 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной трехфазной электрической энергии

Расчет основной относительной погрешности измерений активной и реактивной трехфазной электрической энергии с использованием установки СМС256 plus и прибора «Энергомонитор-3.1КМ», в процентах должен производиться по формуле:

$$\delta = \frac{Y_T - Y_Э}{Y_Э} \cdot 100, \quad (9)$$

где  $Y_T$  – значение, измеренное терминалом;

$Y_Э$  – значение эталонного средства измерений (прибор «Энергомонитор-3.1КМ»);

В случае, если поверка измерения энергии производится с использованием установки СМС256 plus, то за эталонное значение активной и реактивной энергии принимаются значения, рассчитанные по формулам:

– для четырехпроводного подключения:

$$W_P = P \cdot t_H = 3 \cdot U_\Phi \cdot I_\Phi \cdot \cos \varphi \cdot t_H, \quad (10)$$

$$W_Q = Q \cdot t_H = 3 \cdot U_\Phi \cdot I_\Phi \cdot \sin \varphi \cdot t_H, \quad (11)$$

где  $P, Q$  – значение активной и реактивной электрической мощности суммарно по трем фазам, выдаваемых установкой СМС256 plus;

$U_\Phi, I_\Phi$  – значение фазного напряжения и фазного тока, выдаваемых установкой СМС256 plus;

$t_H$  – интервал измерения приращения электрической энергии;

– для трехпроводного подключения:

$$W_P = P \cdot t_H = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_\Phi \cdot \cos \varphi \cdot t_H, \quad (12)$$

$$W_Q = Q \cdot t_H = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_\Phi \cdot \sin \varphi \cdot t_H, \quad (13)$$

где  $P, Q$  – значение активной и реактивной электрической мощности суммарно по трем фазам, выдаваемых установкой СМС256 plus;

$U_L, I_\Phi$  – значение линейного напряжения переменного тока и силы переменного тока, выдаваемых установкой СМС256 plus;

$t_H$  – интервал измерения приращения электрической энергии.

### 11.4 Определение пределов допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока, среднеквадратических (действующих) значений фазного и линейного напряжений переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности, фазового угла между током и напряжением переменного тока для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2

Расчет основной погрешности должен производиться по формулам:

а) для относительных погрешностей измерений фазных и линейных напряжений переменного тока, в процентах:

$$\delta_U = \frac{U_x - U_y}{U_y} \cdot 100, \quad (14),$$

где  $U_x$  – значение напряжения переменного тока, измеренное терминалом;

$U_y$  – значение напряжения переменного тока эталонного средства измерений.



б) для абсолютной погрешности измерений фазных и линейных напряжений переменного тока, по формуле:

$$\Delta U = U_x - U_y, \quad (15),$$

где  $U_x$  – значение напряжения переменного тока, измеренное терминалом;  
 $U_y$  – значение напряжения переменного тока эталонного средства измерений.

в) для относительных погрешностей измерений силы переменного тока, в процентах:

$$\delta_I = \frac{I_x - I_y}{I_y} \cdot 100, \quad (16),$$

где  $I_x$  – значение силы переменного тока, измеренное терминалом;  
 $I_y$  – значение силы переменного тока эталонного средства измерений.

г) для абсолютной погрешности измерений силы переменного тока, по формуле:

$$\Delta I = I_x - I_y, \quad (17),$$

где  $I_x$  – значение силы переменного тока, измеренное терминалом;  
 $I_y$  – значение силы переменного тока эталонного средства измерений.

д) для относительных погрешностей измерений фазных и суммарных электрических мощностей, в процентах:

$$\delta_P = \frac{P_x - P_y}{P_y} \cdot 100, \quad (18),$$

где  $P_x$  – значение активной, реактивной или полной электрической мощности, измеренное терминалом;

$P_y$  – значение активной, реактивной или полной электрической мощности вычисленных по формулам:  $P_x = I_x \cdot U_x \cdot \cos\varphi_x$  (для активной и полной электрической мощности) и  $P_x = I_x \cdot U_x \cdot \sin\varphi_x$  (для реактивной электрической мощности) на основе выданных эталонным средством измерений величин.

е) для абсолютной погрешности измерений фазового угла между силой переменного тока и напряжением переменного тока по формуле:

$$\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_y, \quad (19),$$

где  $\varphi_x$  – значение фазового угла между током и напряжением, измеренное терминалом;

$\varphi_y$  – значение фазового угла между током и напряжением эталонного средства измерений.

ж) для абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока по формуле:

$$\Delta f = f_x - f_y, \quad (20),$$

где  $f_x$  – значение частоты переменного тока, измеренное терминалом;  
 $f_y$  – значение частоты переменного тока эталонного средства измерений.

з) для абсолютной погрешности измерений коэффициента мощности по формуле:

$$\Delta_{\cos\varphi} = \cos\varphi_x - \cos\varphi_y, \quad (21),$$

где  $\cos\varphi_x$  – значение коэффициента мощности, измеренное терминалом;

$\cos\varphi_y$  – значение коэффициента мощности вычисленное по формуле:  $\cos\varphi_y = P_{yp}/P_{ys}$ , где  $P_{yp}$  – активная электрическая мощность вычисленная путем расчета на основе значений эталонного средства измерений;  $P_{ys}$  – полная электрическая мощность вычисленная путем расчета на основе значений эталонного средства измерений.

11.5 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети терминалом, а также сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием датчиков ДДТ и переносным устройством ЭКРА-ПКИ



Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле:

$$\delta = ((R_{\text{изм}} - R_{\text{мост}}) / R_{\text{мост}}) \cdot 100, \quad (22)$$

где  $R_{\text{изм}}$  – измеренное значение сопротивления, кОм

$R_{\text{мост}}$  – сопротивление магазина сопротивлений, кОм

11.6 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединений сети с использованием датчиков дифференциальных токов ДДТ-25.30, ДДТ-25.50, ДДТ- 40.30, ДДТ- 70.30, ДДТ - 100.30, ДДТ - 150.30

Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле 22.

11.7 Определение относительной погрешности измерений сопротивления изоляции присоединения сети переносным устройством ЭКРА-ПКИ

Рассчитать относительную погрешность измерения сопротивления изоляции по формуле 22.

11.8 Определение метрологических характеристик собственных часов терминалов

а) Рассчитать точность хода собственных часов по формуле:

$$\Delta_t = t_{7201} - t_1 - 2\text{ч}, \quad (23),$$

где  $t_{7201}$  – сигнал «Время\_7201», измеренное терминалом;

$t_1$  – сигнал «Время\_1», измеренное терминалом.

б) Рассчитать точность хода собственных часов относительно 24 ч по формуле:

$$\Delta_{t\text{сут}} = \Delta_t \cdot \frac{24}{T}, \quad (24),$$

где  $T$  – интервал времени равный двум часам.

Терминал подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения погрешности измерений не превышают пределов, указанных в Приложении А.

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

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

12.2 При проведении поверки в сокращенном объеме (в соответствии с заявлением владельца средства измерений) в сведениях о поверке указывается информация, для каких измерительных каналов / автономных блоков из состава средства измерений / измеряемых величин / поддиапазонов измерений выполнена поверка.

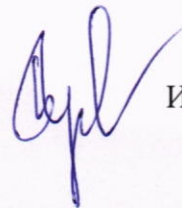
12.3 По заявлению владельца терминала или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда терминал подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением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

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

12.5 Протоколы поверки терминала оформляются по произвольной форме.

12.6 Нанесение знака поверки на приборы в обязательном порядке не предусмотрено.

Инженер 1 категории ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»



И. И. Буров



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Основные метрологические характеристики терминалов

Терминал обеспечивает измерения по аналоговым входам:

- среднеквадратического (действующего) значения фазного ( $U_A, U_B, U_C$ ) и линейного ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ) напряжений переменного тока;
- среднеквадратического (действующего) значения силы переменного тока ( $I_A, I_B, I_C$ );
- активной ( $P$ ), реактивной ( $Q$ ) и полной ( $S$ ) электрической мощности (фазная и трехфазная);
- коэффициента электрической мощности ( $\cos\varphi, \sin\varphi$ ) (фазный и суммарный по трем фазам);
- частоты переменного тока ( $f$ );
- активной ( $W_p$ ) и реактивной ( $W_q$ ) электрической энергии суммарно по фазам в двух направлениях (технический учет) по классу точности 0,5S (по ГОСТ 31819.22-2012) и по классу точности 1 (по ГОСТ 31819.23-2012);
- напряжения и силы постоянного тока.

Номинальные значения входных токов, напряжений и мощностей соответствуют величинам, указанным в таблице 9. Номинальное значение коэффициента активной электрической мощности:  $\cos\varphi_{\text{ном}}=1$ , коэффициента реактивной мощности:  $\sin\varphi_{\text{ном}}=1$ . Номинальное значение частоты переменного тока - 50 Гц.

Для поддержания точного времени в терминалах имеется программная и аппаратная синхронизация от сервера времени по SNTP протоколу с использованием PPS сигнала, сервера времени по RTP протоколу с точностью 1 мс. Точность хода собственных часов без внешней синхронизации не хуже 1 с в сутки.

Таблица А.1 – Номинальные значения входных токов, напряжений и электрических мощностей для аналоговых входов терминала

Номинальное среднеквадратическое (действующее) значение фазного напряжения переменного тока $U_{\text{Фном}}, \text{В}$	Номинальное среднеквадратическое (действующее) значение линейного напряжения переменного тока $U_{\text{Лном}}, \text{В}$	Номинальное среднеквадратическое (действующее) значение силы переменного тока $I_{\text{ном}}, \text{А}$	Номинальная электрическая мощность (активная, реактивная, полная), $P_{\text{ном}}, \text{Вт}; Q_{\text{ном}}, \text{вар}; S_{\text{ном}}, \text{В}\cdot\text{А}$	
			фазная	трехфазная
$100/\sqrt{3}$	100	1	57,74	173,2
		5	288,70	866,1

Примечание: При подключении входных сигналов через внешние измерительные трансформаторы тока и напряжения

а) номинальные значения параметров соответствуют:

1) при измерении силы переменного тока:  $N_I = \kappa_{\text{ТТ}} I_{\text{ном}};$

2) при измерении напряжения переменного тока:  $N_U = \kappa_{\text{ТН}} (U_{\text{Фном}}; U_{\text{Лном}});$

3) при измерении электрической мощности:  $N_{P,Q,S} = \kappa_{\text{ТН}} \kappa_{\text{ТТ}} (P_{\text{ном}}; Q_{\text{ном}}; S_{\text{ном}}),$

где  $N_I$  – номинальное значение параметра при измерении силы переменного тока;

$N_U$  – номинальное значение параметра при измерении напряжения переменного тока;

$N_{P,Q,S}$  – номинальное значение параметра при измерении электрической мощности;

$\kappa_{\text{ТТ}}$  – коэффициент трансформации тока;  $\kappa_{\text{ТН}}$  – коэффициент трансформации напряжения;

б) единицы измерения параметров соответствуют:

1) при измерении силы переменного тока: А; кА;

2) при измерении напряжения переменного тока: кВ;

3) при измерении электрической мощности: кВт; МВт; квар; Мвар; кВ·А; МВ·А



Диапазоны измерений, пределы допускаемой основной погрешности измерений среднеквадратического (действующего) значения силы переменного тока, фазного и линейного напряжений переменного тока, частоты переменного тока, электрической мощности, коэффициента электрической мощности, напряжения и силы постоянного тока соответствуют значениям, указанным в таблице А.2.

Таблица А.2 – Метрологические характеристики терминалов с аналоговыми входами

Измеряемый Параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности <sup>1)</sup> измерений	Дополнительные условия
Среднеквадратическое (действующее) значение силы переменного тока, А	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $1,20 \cdot I_{\text{ном}}$ включ.	$\pm 0,5 \%$ ( $\gamma$ )	—
	св. $1,2 \cdot I_{\text{ном}}$ до $40,0 \cdot I_{\text{ном}}$ включ.	$\pm 1 \%$ ( $\gamma_{\text{верх}}$ )	—
Среднеквадратическое (действующее) значение фазного или линейного напряжения, В	от $0,1 \cdot U_{\text{фном}}(U_{\text{лном}})$ до $2,0 \cdot U_{\text{фном}}(U_{\text{лном}})$ включ.	$\pm 0,5 \%$ ( $\gamma$ )	—
	св. $2,0 \cdot U_{\text{фном}}(U_{\text{лном}})$ до $2,5 \cdot U_{\text{фном}}(U_{\text{лном}})$ включ.	$\pm 0,5 \%$ ( $\gamma_{\text{верх}}$ )	—
Частота переменного тока, Гц	от 45 до 55	$\pm 0,01$ Гц ( $\Delta$ )	$0,1 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,5 \cdot U_{\text{ном}}$
Электрическая мощность (активная, реактивная, полная) фазная и трехфазная, Вт, вар, В·А	от $0,01 \cdot P_{\text{ном}}(Q_{\text{ном}}, S_{\text{ном}})$ до $1,20 \cdot P_{\text{ном}}(Q_{\text{ном}}, S_{\text{ном}})$	$\pm 0,5 \%$ ( $\gamma$ )	$0,8 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 1,20 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,20 \cdot I_{\text{ном}}$
Коэффициент электрической мощности (фазный и суммарный по трем фазам)	от -1 до +1	$\pm 0,01$ ( $\Delta$ )	$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,20 \cdot I_{\text{ном}}$
Сила постоянного тока, мА	от -5 до +5; от 0 до 5	$\pm 0,15 \%$ ( $\gamma$ )	—
	от -20 до +20; от 0 до 20; от 4 до 20	$\pm 0,1 \%$ ( $\gamma$ )	—
Напряжение постоянного тока, В	от -10 до +10, от -330 до +330, от -0,375 до +0,375	$\pm 0,5 \%$ ( $\gamma$ )	—

Нормирующее значение при определении основной приведенной погрешности измерений среднеквадратических (действующих) значений силы, фазного или линейного напряжения, частоты переменного тока, электрической мощности (активной, реактивной, полной) фазной и трехфазной принимается равным номинальному значению измеряемого параметра.

Нормирующее значение при определении основной приведенной погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока принимается равным:



- верхнему пределу диапазона измерений, если нулевое значение входного сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

- сумме модулей пределов измерений, если нулевое значение входного сигнала находится внутри диапазона измерений.

Пределы допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной электрической энергии при симметричной нагрузке соответствуют значениям, указанным в таблице А.3.

Таблица А.3 – Пределы допускаемой основной погрешности измерений активной (класс точности 0,5S) и реактивной (класс точности 1) электрической энергии при симметричной нагрузке для терминалов с аналоговыми входами

Измеряемый параметр	Режим нагрузки	Пределы допускаемой основной погрешности измерений <sup>1)</sup>	Дополнительные условия
Активная электрическая энергия, $W_p$ , МВт·ч	Симметричная	$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=1$
		$\pm 0,5 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,20 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=1$
		$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,5$ (инд.)
		$\pm 0,6 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,5$ (инд.)
		$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,8$ (емк.)
		$\pm 0,6 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,8$ (емк.)
		$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,25$ (инд.)
		$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\cos\varphi=0,5$ (емк.)
Реактивная электрическая энергия, $W_q$ , Мвар·ч	Симметричная	$\pm 1,5 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\sin\varphi=1$
		$\pm 1,0 \%$ ( $\delta$ )	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\sin\varphi=1$

Измеряемый параметр	Режим нагрузки	Пределы допускаемой основной погрешности измерений <sup>1)</sup>	Дополнительные условия
		$\pm 1,5 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\sin \varphi = 0,5$
		$\pm 1,0 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\sin \varphi = 0,5$
		$\pm 1,5 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 1,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\sin \varphi = 0,25$
Примечание: <sup>1)</sup> – обозначение погрешностей: $\delta$ – относительная			

Пределы допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной электрической энергии при несимметричной нагрузке соответствуют значениям, указанным в таблице А.4.

Таблица А.4 – Пределы допускаемой основной погрешности измерений активной (класс точности 0,5S) и реактивной (класс точности 1) электрической энергии при несимметричной нагрузке для терминалов с аналоговыми входами

Измеряемый параметр	Режим нагрузки	Пределы допускаемой основной погрешности измерений <sup>1)</sup>	Дополнительные условия
Активная электрическая энергия, $W_p$ , МВт·ч	Однофазная нагрузка при симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения (несимметричная)	$\pm 0,6 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{ном}}$ $\cos\varphi=1$
		$\pm 1,0 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{ном}}$ $\cos\varphi=0,5$ (инд.)
Реактивная электрическая энергия, $W_q$ , Мвар·ч	Однофазная нагрузка при симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения (несимметричная)	$\pm 1,5 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{ном}}$ $\sin\varphi=1$
		$\pm 1,5 \text{ \% } (\delta)$	$0,8 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 1,2 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 1,2 \cdot I_{\text{ном}}$ $\sin\varphi=0,5$
Примечание: <sup>1)</sup> – обозначение погрешностей: $\delta$ – относительная			

Разность между значениями погрешности измерений активной электрической энергии, определенными при однофазной нагрузке и при симметричной многофазной нагрузке при номинальном токе  $I_{\text{ном}}$  и коэффициенте  $\cos \varphi = 1$  не превышает  $\pm 1,0 \%$ .

Разность между значениями погрешности измерений реактивной электрической энергии, определенными при однофазной нагрузке и при симметричной многофазной нагрузке при номинальном токе  $I_{\text{ном}}$  и коэффициенте  $\sin \varphi = 1$  не превышает  $\pm 2,5 \%$ .

Пределы допускаемой основной погрешности измерений соответствующих параметров (таблицы А.2, А.3, А.4) для терминалов с аналоговыми входами сохраняются при изме-



нении частоты переменного тока входного сигнала в диапазоне от 45 до 55 Гц и (или) в условиях повышенной влажности в пределах рабочих условий и (или) влияния внешнего однородного постоянного или переменного магнитного поля, синусоидально изменяющегося во времени с частотой сети питания, с магнитной индукцией 0,5 мТл при самом неблагоприятном направлении и фазе магнитного поля.

Пределы допускаемой основной погрешности измерений электрической энергии (таблицы А.3, А.4) сохраняются при изменении напряжения электропитания переменного тока в диапазоне  $\pm 10\%$  или частоты электропитания  $\pm 2\%$ .

Пределы допускаемой основной погрешности измерений активной и реактивной электрической мощности (таблица А.2) для терминалов с функцией управления присоединениями сохраняются при изменении коэффициента мощности в диапазонах  $-1 < \cos\varphi$  ( $\sin\varphi$ )  $\leq -0,5$  и  $0,5 \leq \cos\varphi$  ( $\sin\varphi$ )  $< 1$ .

Длительность цикла измерения входных аналоговых сигналов переменного и постоянного тока и напряжения не более 0,02 с.

Терминал с функцией измерения сопротивления изоляции обеспечивает:

- измерение сопротивления изоляции сети постоянного тока (по аналоговым входам);
- измерение сопротивления изоляции отходящих фидеров (по аналоговым входам и информации от датчиков ДДТ по интерфейсу RS485).

Таблица А.5 – Метрологические характеристики терминалов при измерении сопротивления изоляции полюсов сети постоянного тока

Наименование характеристик	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления изоляции полюсов сети постоянного тока, %	Дополнительные условия
Сопротивление изоляции полюсов сети, кОм	от 0,2 до 1000 включ.	$\pm 5$	$C = (0 - 50)$ мкФ
	от 0,2 до 1 включ.	$\pm 10$	$C = (50 - 200)$ мкФ
	св. 1 до 1000 включ.	$\pm 5$	$C = (50 - 200)$ мкФ
	от 1000 до 5000 включ.	$\pm 20$	$C = (0 - 200)$ мкФ
	св. 5000 до 16000 включ.	$\pm 50$	$C = (0 - 200)$ мкФ
Примечание - C - электрическая ёмкость сети			

Таблица А.6 – Метрологические характеристики терминалов при измерении сопротивления изоляции отходящих присоединений с использованием внешних датчиков ДДТ-25.30, ДДТ-25.50, ДДТ- 40.30, ДДТ- 70.30, ДДТ - 100.30, ДДТ - 150.30

Наименование характеристик	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления изоляции отходящих присоединений, %	Дополнительные условия
Сопротивление изоляции отходящих присоединений, кОм	от 0,5 до 1 включ.	$\pm 20$	$C = (0 - 50)$ мкФ
	св. 1 до 150 включ.	$\pm 10$	$C = (0 - 50)$ мкФ
	св. 150 до 500	$\pm 20$	$C = (0 - 50)$ мкФ

Наименование характеристики	Диапазон измерений	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления изоляции отходящих присоединений, %	Дополнительные условия
	включ.		
	от 0,5 до 500 включ.	$\pm 20$	$C = (50 - 200) \text{ мкФ}$
<p>1) <math>C</math> - электрическая ёмкость сети.</p> <p>2) Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления изоляции отходящих присоединений нормируется в диапазоне напряжения контролируемой сети постоянного тока – от 85 до 125 В и от 170 до 245 В.</p>			

Таблица А.7 – Метрологические характеристики переносного устройства поиска фидеров ЭКРА-ПКИ

Наименование характеристики	Значение
Диапазон напряжения контролируемой сети постоянного тока, В	от 85 до 125 от 170 до 245
Диапазон измерений сопротивления изоляции поврежденного присоединения относительно «земли», кОм	от 5 до 150
Пределы относительной погрешности измерений сопротивления изоляции поврежденного присоединения относительно «земли», %	$\pm 20$

Терминал обеспечивает измерения SV-потоков по протоколу МЭК 61850-9-2 с количеством выборок 80, 96, 288 на период номинальной частоты:

- среднеквадратического (действующего) значения фазного ( $U_A, U_B, U_C$ ) и линейного ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ) напряжений переменного тока;
- среднеквадратического (действующего) значения силы переменного тока ( $I_A, I_B, I_C$ );
- активной ( $P$ ), реактивной ( $Q$ ) и полной ( $S$ ) электрической мощности (фазная и трехфазная);
- коэффициента электрической мощности ( $\cos\varphi, \sin\varphi$ ) (фазный и суммарный по трем фазам);
- фазного угла между током и напряжением ( $\varphi$ );
- частоты переменного тока ( $f$ ).

Номинальное значение коэффициента активной электрической мощности:  $\cos\varphi_{\text{ном}}=1$ , коэффициента реактивной электрической мощности:  $\sin\varphi_{\text{ном}}=1$ . Номинальное значение частоты переменного тока - 50 Гц.



Таблица А.8 – Номинальные значения входных значений силы и напряжения переменного тока, и электрической мощности для терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2

Диапазон номинальных среднеквадратических (действующих) значений фазного напряжения переменного тока $U_{\text{ФНОМ}}$ , кВ	Диапазон номинальных среднеквадратических (действующих) значений линейного напряжения переменного тока $U_{\text{ЛНОМ}}$ , кВ	Диапазон номинальных среднеквадратических (действующих) значений силы переменного тока $I_{\text{НОМ}}$ , А	Номинальная электрическая мощность (активная, реактивная, полная), $P_{\text{НОМ}}$ , МВт; $Q_{\text{НОМ}}$ , Мвар; $S_{\text{НОМ}}$ , МВ·А	
			фазная	трехфазная
от $6/\sqrt{3}$ до $1150/\sqrt{3}$	от 6 до 1150	от 400 до 6400	от 1,386 до 4249,3	от 4,157 до 12747,9

Диапазоны измерений, пределы допускаемой основной погрешности измерений фазного тока, фазного и линейного напряжений, частоты, мощности, коэффициента мощности, фазового угла, соответствуют значениям, указанным в таблице А.9.

Таблица А.9 – Метрологические характеристики терминалов с SV-потоками по протоколу МЭК 61850-9-2 с количеством выборок 80, 96, 288 на период номинальной частоты

Наименование характеристики	Диапазон вычисляемых величин	Пределы допускаемой основной погрешности <sup>1)</sup> измерений	Дополнительные условия
Среднеквадратическое (действующее) значение фазного или линейного напряжения переменного тока, напряжение переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, В	от 0 до 400 включ. св. 400 до 1000 включ. св. 1000 до 10000 включ. св. 10000 до 1150000 включ.	$\pm 1$ В ( $\Delta$ ) $\pm 0,2$ % ( $\delta$ ) $\pm 0,1$ % ( $\delta$ ) $\pm 0,01$ % ( $\delta$ )	—
Среднеквадратическое (действующее) значение силы переменного тока прямой, обратной или нулевой последовательности, А	от 0 до 2,5 включ. св. 2,5 до 12,5 включ. св. 12,5 до 110000 включ.	$\pm 0,005$ А ( $\Delta$ ) $\pm 0,2$ % ( $\delta$ ) $\pm 0,04$ % ( $\delta$ )	—
Электрическая мощность (активная, реактивная, полная) фазная и трехфазная, кВт, квар, кВ·А	от 0 до 7360000	$\pm 0,5$ % ( $\delta$ )	от $0,1 \cdot U_{\text{ФНОМ}}$ до $1,5 \cdot U_{\text{ФНОМ}}$ ; от $0,001 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$
Фазовые углы между током и напряжением $\varphi_{\text{UIA}}$ , $\varphi_{\text{UIB}}$ , $\varphi_{\text{UIC}}$ , °	от -180 до +180	$\pm 0,16$ ° ( $\Delta$ )	—
Коэффициент электрической мощности (фазный и суммарный по трем фазам)	от -1 до +1	$\pm 0,02$ ( $\Delta$ )	—

Наименование характеристики	Диапазон вычисляемых величин	Пределы допуска- емой основной погрешности <sup>1)</sup> измерений	Дополнительные условия
Частота переменного тока, Гц	от 42,5 до 57,5	$\pm 0,01$ Гц ( $\Delta$ )	–
Примечание: <sup>1)</sup> – обозначение погрешностей: $\Delta$ – абсолютная; $\delta$ – относительная			