

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор  
ООО «Инженерный центр «Энергосервис»

И.Л. Флейшман



12 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор  
ООО «ИЦРМ»

М.С. Казаков



« 28 » 12 2016 г.

**УСТРОЙСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ESM**

ESM.422160.001 МП

Методика поверки

г. Видное  
2016 г.

## Содержание

1 Вводная часть.....	3
2 Операции поверки .....	3
3 Средства поверки.....	3
4 Требования к квалификации поверителей .....	4
5 Требования безопасности .....	4
6 Условия проведения поверки .....	5
7 Подготовка к поверке.....	5
8 Проведение поверки.....	5
9 Оформление результатов поверки .....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) .....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное).....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ В (рекомендуемое).....	40

## 1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной, периодической и первичной после ремонта поверок устройств измерительных многофункциональных ESM (далее – устройств ESM).

1.2 Устройства ESM подлежат поверке с периодичностью, устанавливаемой потребителем с учётом режимов и интенсивности эксплуатации, но не реже одного раза в 12 лет для модификаций ESM-HV, ESM-ET и не реже одного раза в 16 лет для модификации ESM-SV.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 Операции, выполняемые при поверке устройств ESM, и порядок их выполнения приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции поверки	Номер пункта методики поверки	Необходимость выполнения	
			при первичной поверке и после ремонта	при периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2	Проверка электрического сопротивления изоляции	8.2	Да	Да
3	Опробование	8.3	Да	Да
4	Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.4	Да	Да
5	Проверка метрологических характеристик	8.5	Да	Да

2.2 При получении отрицательного результата в процессе выполнения любой из операций поверки устройства ESM бракуют, их поверку прекращают.

2.3 После устранения недостатков, вызвавших отрицательный результат, устройства ESM вновь представляют на поверку.

## 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Перечень средств измерений, используемых при поверке, приведен в таблице 2.

Таблица 2

Наименование, обозначение	Тип	Требуемые характеристики
Основные средства поверки для модификаций ESM-HV		
Установка поверочная универсальная	УППУ-МЭ 3.1К	Г.р. № 39138-08
Основные средства поверки для модификаций ESM-SV		
Калибратор цифровых сигналов	КЦ61850	Г.р. № 66142-16
Основные средства поверки для модификаций ESM-ET		
Установка поверочная универсальная	УППУ-МЭ 3.1К	Г.р. № 39138-08
Мультиметр <sup>1)</sup>	3458A	Г.р. № 25900-03
Основные средства поверки для модификаций ESM-...-PMU		
Установка многофункциональная измерительная <sup>2)</sup>	СМС256plus	Г.р. № 26170-09

Наименование, обозначение	Тип	Требуемые характеристики
<b>Вспомогательные средства поверки</b>		
Мегаомметр	ЭСО202	Г.р. № 14883-95
Преобразователь фиктивной мощности <sup>1)</sup>	ПФМ	-
Термогигрометр	ИВА-6	Г.р. № 46434-11
Персональный компьютер, программное обеспечение	-	-
Стенд для подключения устройств ESM	ЭНСП-02	-
<p style="text-align: center;"><b>Примечания</b></p> <p><sup>1)</sup> Применяется только при поверке модификации ESM-ET для проверки преобразователя фиктивной мощности ПФМ;</p> <p><sup>2)</sup> Применяется только при проверке погрешности измерения частоты модификации ESM-HV-...-PMU</p>		

3.2 Допускается использование других средств измерений, обеспечивающих измерение соответствующих параметров или установку испытательных сигналов с требуемой точностью.

3.3 Для автоматизации процесса проверки метрологических характеристик устройств ESM применяются:

- ПО «MeterTest», предназначенное для установки испытательных сигналов на генераторах сигналов, считывания и отображения результатов измерений с эталонного и поверяемого устройства, формирования протокола поверки в соответствии с формой в Приложении В;
- стенды ЭНСП-02, предназначенные для одновременного подключения нескольких устройств ESM к эталонному оборудованию.

## **4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ**

4.1 К проведению поверки допускают лица, изучившие эксплуатационные документы поверяемых устройств и применяемых средств поверки, имеющие навык работы на персональном компьютере (далее – ПК).

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

## **5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок».

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

5.3 Должны быть обеспечены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на устройства ESM и применяемые средства поверки.

## **6 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ**

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха – плюс  $(20 \pm 5)$  °С;
- относительная влажность окружающего воздуха – от 30 до 80 %;
- атмосферное давление – от 80 до 106,7 кПа.

## **7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ**

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- провести технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.2.007.0-75;
- выдержать устройства ESM в условиях окружающей среды, указанных в п.6.1, не менее 2 ч, если они находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п.6.1;
- подготовить к работе средства измерений, используемые при поверке, в соответствии с руководствами по их эксплуатации (все средства измерений должны быть исправны и поверены).

## **8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ**

### **8.1 Внешний осмотр**

При внешнем осмотре проверяют соответствие устройств ESM следующим требованиям:

- лицевая панель устройств должна быть чистой и иметь четкую маркировку;
- должны отсутствовать механические повреждения корпуса, крышки, соединительных контактов;
- входные зажимы должны иметь все винты, резьба и шлицы винтов должны быть исправны;
- в комплекте устройства должен быть формуляр.

Результаты проверки считаются положительными, если выполняются все вышеуказанные требования.

### **8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции**

Проверку электрического сопротивления изоляции проводить при помощи мегаомметра ЭСО202 (далее – мегаомметр) испытательным напряжением 500 В с соответствии с ГОСТ 22261-94 между всеми независимыми цепями. К независимым цепям относятся:

- порт заземления;
- соединенные вместе входные цепи напряжения;
- соединенные вместе входные цепи тока;
- соединенные вместе контакты цепей питания;
- соединенные вместе контакты каждого информационного порта.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если измеренное значение электрического сопротивления изоляции составило не менее 100 МОм.

### **8.3 Опробование**

Проверку проводить в следующей последовательности. На устройство ESM подать питание. Должны засветиться светодиодные индикаторы, расположенные на лицевой панели.

Произвести проверку обмена данными с ПК при помощи программного обеспечения (далее – ПО), поставляемого в комплекте с поверяемым устройством.

Результат проверки считается положительным, если осуществляется обмен данными между устройством ESM и ПК.

#### 8.4 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Проверка проводится в следующей последовательности:

- подключить устройство ESM к ПК в соответствии с руководством по эксплуатации;
- включить устройство ESM;
- запустить ПО «ES BootLoader»;
- для соединения с устройством ESM нажать кнопку «Connect», далее перейти во вкладку «Служебные операции» и нажать кнопку «Считать метрологически значимую часть ПО»;
- должно появиться окно, в котором отобразятся наименование и версия программного обеспечения.
- сравнить наименование и версию программного обеспечения, отображаемые в ПО «ES BootLoader», с данными представленными в описании типа.

Результаты проверки считаются положительными, если отображаемые в ПО «ES BootLoader» наименование и версия ПО соответствуют данным, представленным в описании типа.

#### 8.5 Проверка метрологических характеристик

8.5.1 Погрешности измерения, в зависимости от способа нормирования допускаемых погрешностей (допускаемых основных погрешностей), рассчитывают по формулам (1) и (2):

- абсолютную погрешность  $\Delta X$ , в единицах измеряемой величины:

$$\Delta X = X_{ИЗМ} - X_{Э}, \quad (1)$$

где  $X_{ИЗМ}$  – значение измеряемой величины, считанное с поверяемого устройства;

$X_{Э}$  – значение измеряемой величины, установленное по эталонному средству измерения;

- относительную погрешность  $\delta X$ , %:

$$\delta X = \frac{X_{ИЗМ} - X_{Э}}{X_{ИЗМ}} \cdot 100; \quad (2)$$

8.5.2 Проверка погрешности измерений напряжения, силы тока, частоты, углов фазовых сдвигов, электрической мощности и энергии.

##### 8.5.2.1 Проверка модификации ESM-HV

8.5.2.1.1 Проверку погрешности измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов, электрической мощности модификации ESM-HV проводят при помощи установки поверочной универсальной УППУ-МЭ 3.1К (далее – УППУ) в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке Б.1 Приложения Б, без подключения импульсного выхода устройства ESM;
- 2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;
- 3) произвести подключение устройства ESM к ПК при помощи ПО, входящего в комплект;
- 4) при помощи УППУ подать на измерительные входы устройства ESM испытательный сигнал 1 с характеристиками, приведенными в таблице 3 (при частоте переменного тока 50 Гц);

Таблица 3

№ п/п	Параметр	Испытательный сигнал							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	$U_A, В$	$U_{НОМ}$	$2,0 \cdot U_{НОМ}^{1)}$	$1,15 \cdot U_{НОМ}$	$0,9 \cdot U_{НОМ}$	$0,7 \cdot U_{НОМ}$	$0,5 \cdot U_{НОМ}$	$0,25 \cdot U_{НОМ}$	$0,1 \cdot U_{НОМ}$
2	$U_B, В$								
3	$U_C, В$								
4	$I_A, А$	$I_{НОМ}$	$2,0 \cdot I_{НОМ}$	$1,5 \cdot I_{НОМ}$	$0,5 \cdot I_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	$0,01 \cdot I_{НОМ}$	$0,7 \cdot I_{НОМ}$	$0,2 \cdot I_{НОМ}$
5	$I_B, А$								
6	$I_C, А$								
7	$\varphi_{UAB}$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$
8	$\varphi_{UBC}$								
9	$\varphi_{UCA}$								
10	$\varphi_{IAB}$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$
11	$\varphi_{IBC}$								
12	$\varphi_{ICA}$								
13	$\varphi_{UIA}$	$0^\circ$	$60^\circ$	$-60^\circ$	$120^\circ$	$-120^\circ$	$-180^\circ$	$30^\circ$	$-30^\circ$
14	$\varphi_{UIB}$								
15	$\varphi_{UIC}$								

Примечание  
<sup>1)</sup> При проверке модификации ESM-HV690 задается значение равное  $1,15 \cdot U_{НОМ}$

5) при помощи устройства ESM и прибора электроизмерительного эталонного многофункционального Энергомонитор-3.1К (далее – Энергомонитор-3.1К), входящего в состав УППУ, измерить испытательный сигнал, воспроизведенный УППУ;

6) сравнить измеренные значения и рассчитать погрешность измерения по формулам (1) или (2) в зависимости от способа нормирования;

7) повторить пп. 4)-6) для всех испытательных сигналов, представленных в таблице 3;

8) результат проверки занести в протокол поверки, представленный в Приложении В.

Результат проверки считается положительным, если полученные значения погрешностей не превышают пределов, представленных в Приложении А.

#### 8.5.2.1.2 Проверка погрешности измерения частоты переменного тока.

Проверку проводить при помощи УППУ в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке Б.1 Приложения Б, без подключения импульсного выхода устройства ESM;

2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;

3) произвести подключение устройства ESM к ПК при помощи ПО, входящего в комплект;

4) при помощи УППУ воспроизвести испытательный сигнал частоты переменного тока 42,5 Гц со значением напряжения переменного тока, равного  $U_{НОМ}$ ;

5) при помощи Энергомонитора-3.1К и устройства ESM измерить испытательный сигнал, воспроизведенный УППУ;

6) сравнить измеренные значения частоты переменного тока и рассчитать абсолютную погрешность измерения частоты переменного тока по формуле (1);

7) повторить поочередно пп. 4)-6) при значениях частоты переменного тока 45, 50, 55, 57,5 Гц;

8) повторить поочередно пп. 2)-7) при значениях напряжения переменного тока  $0,1 \cdot U_{НОМ}$  и  $2,0 \cdot U_{НОМ}$  (или  $1,15 \cdot U_{НОМ}$  – для модификации ESM-HV690).

Результаты проверки считать положительными, если полученные значения погрешностей не превышают пределы, представленные в Приложении А.

8.5.2.1.3 Для проверки допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты переменного тока модификации ESM-HV-...-PMU в качестве эталонного оборудования применяется установка многофункциональная измерительная СМС256plus. Схема подключения аналогична схеме на рисунке Б.1. Проверка проводится аналогично пп. 4)-8) п.8.5.2.1.2. Результаты измерений устройства ESM-HV-...-PMU сравнить со значениями, заданными на установке СМС256plus.

Результаты проверки считать положительными, если полученные значения погрешностей не превышают пределы, представленные в Приложении А.

8.5.2.1.4 Проверка допускаемых относительных погрешностей измерения активной и реактивной электрической мощности и энергии.

Проверку относительной погрешности при измерении активной (реактивной) мощности и энергии проводить одновременно при помощи УППУ при значениях входного сигнала, указанных в таблицах 4-11 в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке Б.1 Приложения Б;
- 2) подключить считывающее устройство (входящее в состав УППУ) к импульсному выходу устройства ESM;
- 3) установить одинаковые значения постоянной счетчика на УППУ и устройстве ESM;
- 4) последовательно провести испытания для прямого направления активной энергии следующим образом:

– установить на выходе УППУ испытательные сигналы в соответствии с таблицами 4-7 с продолжительностью каждого сигнала не менее 20 с;

– считать с установки УППУ значения погрешностей измерения энергии прямого и обратного направлений  $\delta_w, \%$ ;

5) повторить п.4) для проверки обратного направления активной электрической энергии. Для проверки произвольно выбрать 3 испытательных сигнала для каждой из таблиц 4-7.

6) последовательно провести испытания (таблицы 8-11) для прямого и обратного направлений реактивной энергии, выполнив действия в п. 4)-5).

Результаты проверки считаются положительными, если полученные значения погрешностей измерения активной и реактивной энергии не превышают значений, приведенных в таблицах 4-11.

Таблица 4 – Проверка погрешности измерения активной энергии для устройств ESM класса точности 0,2S при симметричной нагрузке

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
1	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1,0	$\pm 0,4$
2	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,2$
3	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,2$
4	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,2$
5	$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,8 С	$\pm 0,5$
6	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,3$
7	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,3$
8	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,3$
9	$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 L	$\pm 0,5$
10	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,3$
11	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,3$



Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
12	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,3$
Примечания Знаком «L» обозначена индуктивная нагрузка, знаком «C» емкостная нагрузка			

Таблица 5 – Проверка погрешности измерения активной энергии для устройств ESM класса точности 0,2S при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 0,3$
2	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,3$
3	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,3$
3	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 L	$\pm 0,4$
5	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,4$
6	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,4$

Таблица 6 – Проверка погрешности измерения активной энергии для устройств ESM класса точности 0,5S при симметричной нагрузке

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
1	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 1,0$
2	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 0,5$
3	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,5$
4	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,5$
5	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	0,8 C	$\pm 1,0$
6	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 0,6$
7	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,6$
8	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,6$
9	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 L	$\pm 1,0$
10	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 0,6$
11	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,6$
12	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,6$

Таблица 7 – Проверка погрешности измерения активной энергии для устройств ESM класса точности 0,5S при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 0,6$

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении активной энергии, %
2	$I_{\text{ном}}$		$\pm 0,6$
3	$I_{\text{макс}}$		$\pm 0,6$
4	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 L	$\pm 1,0$
5	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,0$
6	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,0$

Таблица 8 – Проверка погрешности измерения реактивной энергии для устройств ESM класса точности 1 при симметричной нагрузке

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент $\sin \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении реактивной энергии, %
1	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 1,5$
2	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 1,0$
3	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,0$
4	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,0$
5	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 L	$\pm 1,5$
6	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$		$\pm 1,0$
7	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,0$
8	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,0$
9	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$	0,25 C	$\pm 1,5$
10	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,5$
11	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,5$

Таблица 9 – Проверка погрешности измерения реактивной энергии для устройств ESM класса точности 1 при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент $\sin \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении реактивной энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 1,5$
2	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,5$
3	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,5$
4	$0,1 \cdot I_{\text{ном}}$	0,5 L	$\pm 1,5$
5	$I_{\text{ном}}$		$\pm 1,5$
6	$I_{\text{макс}}$		$\pm 1,5$

Таблица 10 – Проверка погрешности измерения реактивной энергии при симметричной нагрузке для устройств ESM класса точности 0,5 при симметричной многофазной нагрузке

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент $\sin \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении реактивной энергии, %
1	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	1,0	$\pm 0,8$

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент $\sin \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении реактивной энергии, %
2	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,5$
3	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,5$
4	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,5$
5	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 L	$\pm 0,8$
6	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,5$
7	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,5$
8	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,5$
9	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,25 C	$\pm 0,8$
10	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,8$
11	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,8$

Таблица 11 – Проверка погрешности измерения реактивной энергии при симметричной нагрузке для устройств ESM класса точности 0,5 при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения

Номер испытания	Значение силы тока, А	Коэффициент $\sin \varphi$	Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении реактивной энергии, %
1	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1,0	$\pm 0,5$
2	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,5$
3	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,5$
4	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 L	$\pm 0,8$
5	$I_{\text{НОМ}}$		$\pm 0,8$
6	$I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,8$

#### 8.5.2.2 Проверка модификации ESM-SV

Проверку допускаемых погрешностей измерения проводить аналогично п.8.5.2.1, в качестве эталонного оборудования использовать калибратор цифровых сигналов КЦ61850. Схема проверки представлена на рисунке Б.2 Приложения Б.

При помощи калибратора цифровых сигналов КЦ61850 воспроизвести испытательные сигналы, приведенные в п.8.5.2.1. Проверку измерения активной и реактивной электрической энергии произвести по испытательным сигналам, указанным в таблицах 4, 6, 8, 10, при этом продолжительность каждого испытательного сигнала должна составлять не менее 20 с.

Результаты проверки считать положительными, если полученные значения погрешностей не превышают пределов, установленных в Приложении А.

#### 8.5.2.3 Проверка модификации ESM-ET

8.5.2.3.1 Определение коэффициентов деления каналов напряжения преобразователя фиктивной мощности ПФМ (далее – ПФМ) проводится следующим образом:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке Б.3 Приложения Б;
- 2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;
- 3) при помощи УППУ воспроизвести испытательный сигнал напряжения переменного тока частотой 50 Гц равный  $U'_{\text{НОМ}}$ . При этом  $U'_{\text{НОМ}}$  определяется по формуле:

$$U'_{ном} = K_{U(ПФМ)}^* \cdot U_{U(ET)ном}, \quad (3)$$

где  $U_{U(ET)ном}$  – номинальное значение входного напряжения устройства ESM-ET по каналам напряжения, В;

$K_{U(ПФМ)}^*$  – номинальный коэффициент деления каналов напряжения ПФМ, указанный в паспорте.

4) при помощи Энергомонитора 3.1К, входящего в состав УППУ, и мультиметра 3458А (далее – 3458А) произвести измерение напряжения переменного тока на входе и выходе ПФМ соответственно;

5) действительные значения коэффициентов деления каналов напряжения ПФМ рассчитываются по формуле:

$$K_{U(ПФМ)} = \frac{U_{УППУ}}{U_{3458А}}, \quad (4)$$

где  $U_{УППУ}$  – значение напряжения переменного тока, измеренное при помощи Энергомонитора 3.1К, В;

$U_{3458А}$  – значение напряжения переменного тока, измеренное при помощи 3458А, В.

6) Повторить пункты 3)-5) при значениях частоты переменного тока 42,5 и 57,5 Гц.

7) Повторить пункты 3)-6) при значениях напряжения переменного тока  $0,1 \cdot U'_{ном}$ ,  $0,5 \cdot U'_{ном}$ ,  $1,5 \cdot U'_{ном}$ ,  $2 \cdot U'_{ном}$ .

8) Рассчитать среднее значение коэффициентов деления каналов напряжения ПФМ и присвоить данное значение поканально. Результат занести в протокол поверки.

8.5.2.3.2 Определение значений сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ проводится следующим образом:

1) собрать схему, представленную на рисунке Б.3 Приложения Б;

2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;

3) при помощи УППУ воспроизвести испытательный сигнал силы переменного тока частотой 50 Гц равный  $I'_{ном}$ . При этом  $I'_{ном}$  определяется по формуле:

$$I'_{ном} = \frac{U_{I(ET)ном}}{R_{I(ПФМ)}^*}, \quad (5)$$

где  $U_{I(ET)ном}$  – номинальное значение входного напряжения устройства ESM-ET по каналам тока, В;

$R_{I(ПФМ)}^*$  – номинальное значение сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ, указанное в паспорте.

4) при помощи Энергомонитора 3.1К произвести измерение силы переменного тока на входе, при помощи 3458А произвести измерение напряжения на выходе ПФМ;

5) действительные значения сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ рассчитываются по формуле:

$$R_{I(\text{ПФМ})} = \frac{U_{3458A}}{I_{\text{УППУ}}}, \quad (6)$$

где  $I_{\text{УППУ}}$  – значение силы переменного тока, измеренное при помощи Энергомонитора 3.1К, В;

$U_{3458A}$  – значение напряжения переменного тока, измеренное при помощи 3458А, В.

6) Повторить пункты 3)-5) при значениях частоты переменного тока 42,5 Гц и 57,5 Гц.

7) Повторить пункты 3)-6) при значениях силы переменного тока  $0,01 \cdot I'_{\text{ном}}$ ,  $0,5 \cdot I'_{\text{ном}}$ ,  $1,5 \cdot I'_{\text{ном}}$ ,  $2 \cdot I'_{\text{ном}}$ .

8) Рассчитать средние значения сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ и присвоить данное значение поканально. Результат занести в протокол поверки.

8.5.2.3.3 Проверку допускаемых погрешностей измерения проводить следующим образом:

1) проверку допускаемых погрешностей измерения проводить аналогично п.8.5.2.1 по схеме, представленной на рисунке Б.4 Приложения Б.

2) перед проверкой установить в устройстве ESM значения коэффициентов масштабного преобразования для каналов напряжения, равные  $K_{U(\text{ПФМ})}$ , где  $K_{U(\text{ПФМ})}$  – значения, полученные по формуле (4), и для каналов тока, равные  $\frac{1}{R_{I(\text{ПФМ})}}$ , где  $R_{I(\text{ПФМ})}$  – значения, полученные по формуле (6).

3) задать испытательные сигналы, установленные в п.8.5.2.1, при этом в качестве номинального значения напряжения использовать значение  $U'_{\text{ном}}$ , в качестве номинального значения тока – значение  $I'_{\text{ном}}$ , в качестве максимального значения тока – значение  $I'_{\text{макс}}$ , которое определяется по формуле:

$$I'_{\text{макс}} = \frac{U_{I(ET)\text{макс}}}{R_{I(\text{ПФМ})}^*}, \quad (7)$$

где  $U_{I(ET)\text{макс}}$  – максимальное значение входного напряжения устройства ESM-ET по каналам тока, В;

$R_{I(\text{ПФМ})}^*$  – номинальное значение сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ, указанное в паспорте.

4) снять показания измерений с устройства ESM и сравнить со значениями, измеренными Энергомонитором 3.1К;

5) рассчитать погрешности измерений, в зависимости от способа нормирования допускаемых основных погрешностей, по формулам (1) и (2);

6) занести результаты измерений в протокол поверки.

Результаты проверки считаются положительными, если полученные значения погрешностей не превышают пределов, представленных в Приложении А.

## **9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ**

9.1 Устройство ESM, прошедшее поверку с положительными результатами, признают годным и наносят на него оттиск клейма поверителя или знак поверки в виде наклейки.

9.2 Положительные результаты поверки оформляются записью в свидетельстве о поверке или в соответствующем разделе формуляра, заверяются подписью и оттиском клейма поверителя.

9.3 Результаты поверки вносят в протокол поверки, оформленный по форме, приведенной в приложении В.

9.4 Устройство ESM, прошедшее поверку с отрицательными результатами, бракуют. Клеймо предыдущей поверки гасят, а устройство отправляют в ремонт. В формуляр вносят запись о непригодности с указанием причин.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)**

Метрологические характеристики устройств ESM

Таблица А.1 – Основные метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-HV

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
<b>Параметры электрической энергии</b>				
1	Активная электрическая энергия $W_P$ , кВт·ч	ГОСТ 31819.22-2012	Класс точности: 0,2S	...-02...
			Класс точности: 0,5S	...-05...
2	Активная трехфазная энергия основной частоты $W_{P(1)}$ , активная энергия прямой последовательности $W_{P1}$ , кВт·ч	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$ <sup>8)</sup>	$\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ ; где $K_P = P/S$	...-02...
			$\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$	
			$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$	
			$\pm 0,3 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$	
			$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	
			$\pm 1,0 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ ;	...-05...
			$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$	
			$\pm 1,0 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$	
			$\pm 0,6 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$	

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$\pm 1,0$ ( $\delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	
3	Реактивная электрическая энергия $W_Q$ , квар·ч	ГОСТ 31819.23-2012	Класс точности: $0,5^2$	...-02...
			Класс точности: 1,0	...-05...
4	Реактивная трехфазная энергия основной частоты $W_{Q(1)}$ , реактивная энергия прямой последовательности $W_{Q1}$ , квар·ч	от $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ <sup>8)</sup>	$\pm 0,8$ ( $\delta$ ) для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,5$ ( $\delta$ ) для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,8$ ( $\delta$ ) для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,5$ ( $\delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,8$ ( $\delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	...-02...
			$\pm 1,5$ ( $\delta$ ) для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 1,0$ ( $\delta$ ) для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 1,5$ ( $\delta$ ) для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 1,0$ ( $\delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$	...-05...



№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$\pm 1,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	
<b>Параметры напряжения и силы переменного тока</b>				
5	Среднеквадратическое значение фазного (линейного) напряжения $U_{\text{ном}}$ , В <sup>3)</sup>	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$ <sup>8)</sup>	$\pm(0,1+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$	-...A
			$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$	-...S
6	Среднеквадратическое значение напряжения прямой последовательности $U_1$ , В	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$ <sup>8)</sup>	$\pm(0,1+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$	-...A
			$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$	-...S
7	Среднеквадратическое значение напряжения обратной $U_2$ , нулевой $U_0$ последовательности, В	от 0 до $2 \cdot U_{\text{ном}}$ <sup>8)</sup>	$\pm 0,1 (\gamma)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ ; $K_{2U} < 15\%$ ; $K_{0U} < 15\%$	-...A
			$\pm 0,2 (\gamma)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ ; $K_{2U} < 15\%$ ; $K_{0U} < 15\%$	-...S
8	Положительное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(+)}$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
9	Отрицательное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(-)}$ , %	от 0 до 90	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
10	Установившееся отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_y$ , %	от -90 до 100	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
11	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{(n)}$ <sup>4)</sup> ( $n=2 \dots 50$ ), В	от 0 до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,0005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$ для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A
			$\pm 5 (\delta)$ для $U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	-...S
12	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2 \dots 50$ ), %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{U(n)} < 1\%$	-...A
			$\pm 5 (\delta)$ для $K_{U(n)} \geq 1\%$	-...S
13	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$ , %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_U < 1\%$	-...A
			$\pm 5 (\delta)$ для $K_U \geq 1\%$	-...S
14	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A
			$\pm 0,3 (\Delta)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	-...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
15	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A
			$\pm 0,3 (\Delta)$ для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	-...S
16	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5 \dots 49,5$ ), В	от 0 до $0,15 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$ для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A -...S
			$\pm 5 (\delta)$ для $U_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	
17	Угол фазового сдвига между фазными напряжениями основной частоты $\varphi_U$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A -...S
18	Частота переменного тока $f$ , Гц	от 42,5 до 57,5	$\pm 0,01 (\Delta)^7$	-...A -...S
19	Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц	от -7,5 до +7,5	$\pm 0,01 (\Delta)^7$	-...A -...S
20	Среднеквадратическое значение силы переменного тока, $A^5$	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$	$\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$	-...A
			$\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$	-...S
21	Среднеквадратическое значение силы переменного тока прямой последовательности $I_1$ основной частоты, А	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$	$\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$	-...A
			$\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$	-...S
22	Среднеквадратическое значение силы переменного тока обратной $I_2$ , нулевой $I_0$ последовательности основной частоты, А	от 0 до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$	$\pm 0,1 (\gamma)$	-...A
			$\pm 0,2 (\gamma)$	-...S
23	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей силы переменного тока $I_{(n)}$ , А	от 0 до $0,5 \cdot I_{\text{ном}}$	$\pm 0,0005 \cdot I_{\text{ном}} (\Delta)$ для $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	-...A -...S
			$\pm 5 (\delta)$ для $I_{(n)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	
24	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно) $K_{I(n)}$ %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{I(n)} < 1 \%$	-...A -...S
			$\pm 5 (\delta)$ для $K_{I(n)} \geq 1 \%$	
25	Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_I < 1 \%$	-...A -...S
			$\pm 5 (\delta)$ для $K_I \geq 1 \%$	
		от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$	-...A

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
26	Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности $K_{21}$ , %		$\pm 0,3 (\Delta)$	-...S
27	Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности $K_{01}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,3 (\Delta)$	-...S
28	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного тока $I_{isg(m)}$ ( $m=0,5 \dots 49,5$ ), А	от 0 до $0,15 \cdot I_{ном}$	$\pm 0,005 \cdot I_{ном} (\Delta)$ для $I_{isg(m)} < 0,01 \cdot I_{ном}$ $\pm 5 (\delta)$ для $I_{isg(m)} \geq 0,01 \cdot I_{ном}$	-...A -...S
29	Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты $\varphi_I$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2 \cdot I_{ном}$ $\pm 0,5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$	-...A -...S
30	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты $\varphi_{UI(1)}$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2 \cdot I_{ном}$ $\pm 1 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$	-...A -...S
31	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой $\varphi_{U11}$ , обратной $\varphi_{U212}$ , нулевой $\varphi_{U010}$ последовательности, °	от -180 до 180	$\pm 1,5 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2 \cdot I_{ном}$ $\pm 5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$	-...A -...S
32	Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока $\varphi_{UI(n)}$ , °	от -180 до 180	$\pm 5 (\Delta)$	-...A -...S
<b>Параметры провалов и перенапряжений, фликера</b>				
33	Длительность провала напряжения $\Delta t_n$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A -...S
34	Глубина провала напряжения $\delta U_n$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,2 (\Delta)$	-...A
			$\pm 1,0 (\Delta)$	-...S
35	Длительность прерывания напряжения $\Delta t_{пер}$ , с	от 0,02 до 60	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A -...S
36	Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{пер}$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,002 (\Delta)$	-...S
		от 1,0 до 2,0	$\pm 0,002 (\Delta)$	-...A

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
37	Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер}$ , отн. ед.	от 1,0 до 1,4	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...S
38	Кратковременная $P_{St}$ и длительная $P_{Lt}$ доза фликера, отн. ед.	от 0,2 до 10	$\pm 5 (\delta)$	-...A
		от 0,4 до 4	$\pm 10 (\delta)$	-...S
<b>Параметры электрической мощности</b>				
39	Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>6)</sup>	от -1 до -0,1 от 0,1 до 1	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A -...S
40	Активная фазная и трехфазная мощность $P$ , активная фазная и трехфазная мощность основной частоты $P_{(1)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{ном}$ до $2,0 \cdot I_{ном}$ от $0,2 \cdot U_{ном}$ до $2,0 \cdot U_{ном}$ <sup>8)</sup> $0,25 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,05 \cdot I_{ном}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,3 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	-...A -...S
41	Активная мощность прямой $P_{1(1)}$ , нулевой $P_{0(1)}$ , обратной $P_{2(1)}$ последовательности, Вт	от $0,01 \cdot I_{ном}$ до $2,0 \cdot I_{ном}$ от $0,2 \cdot U_{ном}$ до $2,0 \cdot U_{ном}$ <sup>8)</sup>	$\pm 0,5 (\delta)$	-...A -...S
42	Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $P_{(n)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{ном}$ до $0,5 \cdot I_{ном}$ от $0,1 \cdot U_{ном}$ до $0,5 \cdot U_{ном}$ $0,5 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$	-...A -...S
43	Реактивная фазная и трехфазная мощность $Q$ , реактивная фазная и трехфазная мощность основной частоты $Q_{(1)}$ , вар	от $0,02 \cdot I_{ном}$ до $2,0 \cdot I_{ном}$ от $0,2 \cdot U_{ном}$ до $2,0 \cdot U_{ном}$ <sup>8)</sup> $0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{ном} \leq I < 0,05 \cdot I_{ном}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для	-...A -...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$ $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	
44	Реактивная мощность прямой $Q_{1(1)}$ , нулевой $Q_{0(1)}$ , обратной $Q_{2(1)}$ последовательности, вар	от $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^8$	$\pm 0,8 (\delta)$	-...A -...S
45	Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $Q_{(n)}$ , вар	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$	-...A -...S
46	Полная фазная и трехфазная мощность $S$ , полная фазная и трехфазная мощность основной частоты $S_{(1)}$ , В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^8$	$\pm 0,5 (\delta)$	-...A -...S
47	Полная мощность прямой $S_{1(1)}$ , нулевой $S_{0(1)}$ , обратной $S_{2(1)}$ последовательности, В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^8$	$\pm 0,5 (\delta)$	-...A -...S
48	Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $S_{(n)}$ , В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 5,0 (\delta)$	-...A -...S

**Примечания**

<sup>1)</sup> При расчете приведенной погрешности в качестве нормирующего значения принимается номинальное.

<sup>2)</sup> Диапазоны измерения и пределы допускаемых погрешностей для класса точности 0,5 представлены в таблицах с А.4 по А.5.

<sup>3)</sup> К среднеквадратическому значению напряжения относят среднеквадратическое значение напряжения основной частоты  $U_{(1)}$ , среднеквадратическое значение напряжения с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала  $U$ , среднее значение

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
<p>среднеквадратического значения напряжения <math>U_{cp}</math> (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).</p> <p>4) Дополнительно измеряется максимальное значение характеристики за период времени согласно ГОСТ 33073-2014.</p> <p>5) К среднеквадратическому значению силы переменного тока относят среднеквадратическое значение силы переменного тока основной частоты <math>I_{(1)}</math>, среднеквадратическое значение силы переменного тока с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала <math>I</math>, среднее значение среднеквадратического значения силы переменного тока <math>I_{cp}</math> (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).</p> <p>6) <math>K_P = \cos \varphi</math> при синусоидальном сигнале.</p> <p>7) Для модификации ESM-...-PMU пределы абсолютной погрешности измерений частоты <math>\pm 0,001</math> Гц.</p> <p>8) Для модификации ESM-HV690 <math>U</math> не более <math>1,15 \cdot U_{ном}</math>.</p> <p>Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые <math>\pm 10</math> °С от нормальных условий, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.</p> <p>Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной влиянием внешнего однородного постоянного или переменного магнитного поля (синусоидально изменяющегося во времени с частотой сети питания) с магнитной индукцией 0,5 мТл, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.</p>				

Таблица А.2 – Основные метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-SV

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
Параметры электрической энергии				
1	Активная трехфазная энергия $W_P$ , активная трехфазная энергия основной частоты $W_{P(1)}$ , активная энергия прямой последовательности $W_{P1}$ , кВт·ч	от $0,01 \cdot I_{ном}$ до $2,0 \cdot I_{ном}$ от $0,2 \cdot U_{ном}$ до $2,0 \cdot U_{ном}$	$\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,05 \cdot I_{ном}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ ; где $K_P = P/S$  $\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$	...-02...

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$\pm 0,3 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$ $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	
2	Реактивная трехфазная энергия $W_Q$ , реактивная трехфазная энергия основной частоты $W_{Q(1)}$ , реактивная энергия прямой последовательности $W_{Q1}$ , квар·ч	от $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 1,0 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ ; $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$ $\pm 0,6 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$ $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	...-05...
			$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$ $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$ $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$ $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$	...-02...

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	
			$\pm 1,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$ $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$	
			$\pm 1,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$	...-05...
			$\pm 1,0 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$	
			$\pm 1,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	
<b>Параметры напряжения и силы переменного тока</b>				
3	Среднеквадратическое значение фазного (линейного) напряжения $U_{\text{ном}}$ , В <sup>2</sup> )	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm(0,1+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )	-...A
			$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )	-...S
4	Среднеквадратическое значение напряжения прямой последовательности $U_1$ , В	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm(0,1+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )	-...A
			$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )	-...S
5	Среднеквадратическое значение напряжения обратной $U_2$ , нулевой $U_0$ последовательности, В	от 0 до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,1 (\gamma)$	-...A
			$\pm 0,2 (\gamma)$	-...S
6	Положительное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(+)}$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
7	Отрицательное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(-)}$ , %	от 0 до 90	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
		от -90 до 100	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A



№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
8	Установившееся отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_U$ , %		$\pm 0,2 (\Delta)$	-...S
9	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{(n)}$ <sup>3)</sup> ( $n=2\dots 50$ ), В	от 0 до $U_{\text{ном}}$	$\pm 0,0005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$ для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$  $\pm 5 (\delta)$ для $U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A -...S
10	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2\dots 50$ ), %	от 0 до 100	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{U(n)} < 1 \%$  $\pm 5 (\delta)$ для $K_{U(n)} \geq 1 \%$	-...A -...S
11	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_U < 1 \%$  $\pm 5 (\delta)$ для $K_U \geq 1 \%$	-...A -...S
12	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,3 (\Delta)$	-...S
13	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15 (\Delta)$	-...A
			$\pm 0,3 (\Delta)$	-...S
14	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5\dots 49,5$ ), В	от 0 до $0,15 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$ для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$  $\pm 5 (\delta)$ для $U_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$	-...A -...S
15	Угол фазового сдвига между фазными напряжениями основной частоты $\varphi_U$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A -...S
16	Частота переменного тока $f$ , Гц	от 42,5 до 57,5	$\pm 0,01 (\Delta)$ <sup>6)</sup>	-...A -...S
17	Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц	от -7,5 до +7,5	$\pm 0,01 (\Delta)$ <sup>6)</sup>	-...A -...S
18	Среднеквадратическое значение силы переменного тока, А <sup>4)</sup>	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$	$\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 )$ ( $\delta$ )	-...A
			$\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 )$ ( $\delta$ )	-...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
19	Среднеквадратическое значение силы переменного тока прямой последовательности $I_1$ основной частоты, А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm(0,1+0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}}/I-1 )$ ( $\delta$ )	-...А
			$\pm(0,2+0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}}/I-1 )$ ( $\delta$ )	-...S
20	Среднеквадратическое значение силы переменного тока обратной $I_2$ , нулевой $I_0$ последовательности основной частоты, А	от 0 до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,1$ ( $\gamma$ )	-...А
			$\pm 0,2$ ( $\gamma$ )	-...S
21	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей силы переменного тока $I_{(n)}$ , А	от 0 до $I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,0005 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ( $\Delta$ ) для $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $I_{(n)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-...А -...S
22	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно) $K_{I(n)}$ %	от 0 до 100	$\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_{I(n)} < 1$ % $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_{I(n)} \geq 1$ %	-...А -...S
23	Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_I < 1$ % $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_I \geq 1$ %	-...А -...S
	Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности $K_{21}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15$ ( $\Delta$ )	-...А
			$\pm 0,3$ ( $\Delta$ )	-...S
24	Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности $K_{01}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,15$ ( $\Delta$ )	-...А
			$\pm 0,3$ ( $\Delta$ )	-...S
25	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного тока $I_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5 \dots 49,5$ ), А	от 0 до $0,15 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,005 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ( $\Delta$ ) для $I_{\text{isg}(m)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $I_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-...А -...S
26	Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты $\varphi_1$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1$ ( $\Delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 0,5$ ( $\Delta$ ) для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-...А -...S
27	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты $\varphi_{U_{I(1)}}$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1$ ( $\Delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 1$ ( $\Delta$ ) для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-...А -...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
28	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой $\varphi_{U_{111}}$ , обратной $\varphi_{U_{212}}$ , нулевой $\varphi_{U_{010}}$ последовательности, °	от -180 до 180	$\pm 1,5 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{ном}}$  $\pm 5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$	-...A -...S
29	Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока $\varphi_{U(n)}$ , °	от -180 до 180	$\pm 5 (\Delta)$	-...A -...S
<b>Параметры провалов и перенапряжений, фликера</b>				
30	Длительность провала напряжения $\Delta t_p$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A -...S
31	Глубина провала напряжения $\delta U_p$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,2 (\Delta)$	-...A
			$\pm 1,0 (\Delta)$	-...S
32	Длительность прерывания напряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с	от 0,02 до 60	$\pm 0,1 (\Delta)$	-...A -...S
33	Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A -...S
34	Коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{пер}}$ , отн. ед.	от 1,0 до 2,0	$\pm 0,002 (\Delta)$	-...A
		от 1,0 до 1,4	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...S
35	Кратковременная $P_{St}$ и длительная $P_{Lt}$ доза фликера, отн. ед.	от 0,2 до 10	$\pm 5 (\delta)$	-...A
		от 0,4 до 4	$\pm 10 (\delta)$	-...S
<b>Параметры электрической мощности</b>				
36	Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>5)</sup>	от -1 до +1	$\pm 0,01 (\Delta)$	-...A -...S
37	Активная фазная и трехфазная мощность $P$ , активная фазная и трехфазная мощность основной частоты $P_{(1)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ $0,25 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,3 (\delta)$ для	-...A -...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
			$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$	
38	Активная мощность прямой $P_{1(1)}$ , нулевой $P_{0(1)}$ , обратной $P_{2(1)}$ последовательности, Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,5 (\delta)$	-...A -...S
39	Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $P_{(n)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $U_{\text{НОМ}}$ $0,5 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$	-...A -...S
40	Реактивная фазная и трехфазная мощность $Q$ , реактивная фазная и трехфазная мощность основной частоты $Q_{(1)}$ , вар	от $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$	-...A -...S
41	Реактивная мощность прямой $Q_{1(1)}$ , нулевой $Q_{0(1)}$ , обратной $Q_{2(1)}$ последовательности, вар	от $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,8 (\delta)$	-...A -...S
42	Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $Q_{(n)}$ , вар	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $U_{\text{НОМ}}$ $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$	-...A -...S
43	Полная фазная и трехфазная мощность $S$ , полная	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,5 (\delta)$	-...A -...S

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)	Модификация
	фазная и трехфазная мощность основной частоты $S_{(1)}$ , В·А	от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$		
44	Полная мощность прямой $S_{1(1)}$ , нулевой $S_{0(1)}$ , обратной $S_{2(1)}$ последовательности, В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,5$ ( $\delta$ )	-...А -...S
45	Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $S_{(n)}$ , В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $I_{\text{ном}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{ном}}$	$\pm 5,0$ ( $\delta$ )	-...А -...S

**Примечания**

<sup>1)</sup> При расчете приведенной погрешности в качестве нормирующего значения принимается номинальное.

<sup>2)</sup> К среднеквадратическому значению напряжения относят среднеквадратическое значение напряжения основной частоты  $U_{(1)}$ , среднеквадратическое значение напряжения с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала  $U$ , среднее значение среднеквадратического значения напряжения  $U_{\text{ср}}$  (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).

<sup>3)</sup> Дополнительно измеряется максимальное значение характеристики за период времени согласно ГОСТ 33073-2014.

<sup>4)</sup> К среднеквадратическому значению силы переменного тока относят среднеквадратическое значение силы переменного тока основной частоты  $I_{(1)}$ , среднеквадратическое значение силы переменного тока с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала  $I$ , среднее значение среднеквадратического значения силы переменного тока  $I_{\text{ср}}$  (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).

<sup>5)</sup>  $K_p = \cos \varphi$  при синусоидальном сигнале.

<sup>6)</sup> Для модификации ESM-...-PMU пределы абсолютной погрешности измерений частоты  $\pm 0,001$  Гц.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые  $\pm 10$  °С от нормальных условий, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной влиянием внешнего однородного постоянного или переменного магнитного поля (синусоидально изменяющегося во времени с частотой сети питания) с магнитной индукцией 0,5 мТл, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.

Таблица А.3 – Основные метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-ET

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
<b>Параметры электрической энергии</b>			
1	Активная электрическая энергия $W_P$ , кВт·ч	ГОСТ Р 56750-2015	Класс точности: 0,5S
2	Активная трехфазная энергия основной частоты $W_{P(1)}$ , активная энергия прямой последовательности $W_{P1}$ , кВт·ч	от $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 1,0 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ ;  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$  $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,6 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$ $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$
3	Реактивная электрическая энергия $W_Q$ , квар·ч	ГОСТ Р 56750-2015	Класс точности: 1,0
4	Реактивная трехфазная энергия основной частоты $W_{Q(1)}$ , реактивная энергия прямой последовательности $W_{Q1}$ , квар·ч	от $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 1,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 1,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 1,0 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 1,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
<b>Параметры напряжения и силы переменного тока</b>			
5	Среднеквадратическое значение фазного (линейного) напряжения $U_{\text{ном}}$ , В <sup>2)</sup>	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )
6	Среднеквадратическое значение напряжения прямой последовательности $U_1$ , В	от $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm(0,2+0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 )$ ( $\delta$ )
7	Среднеквадратическое значение напряжения обратной $U_2$ , нулевой $U_0$ последовательности, В	от 0 до $2 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,2$ ( $\gamma$ ) для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ ; $K_{2U} < 15\%$ ; $K_{0U} < 15\%$
8	Положительное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(+)}$ , %	от 0 до 100	$\pm 0,2$ ( $\Delta$ )
9	Отрицательное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(-)}$ , %	от 0 до 90	$\pm 0,2$ ( $\Delta$ )
10	Установившееся отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_y$ , %	от -90 до 100	$\pm 0,2$ ( $\Delta$ )
11	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{(n)}$ <sup>3)</sup> ( $n=2 \dots 50$ ), В	от 0 до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,0005 \cdot U_{\text{ном}}$ ( $\Delta$ ) для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$  $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$
12	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2 \dots 50$ ), %	от 0 до 50	$\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_{U(n)} < 1\%$  $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_{U(n)} \geq 1\%$
13	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$ , %	от 0 до 50	$\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_U < 1\%$  $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_U \geq 1\%$
14	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,3$ ( $\Delta$ ) для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$
15	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0U}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,3$ ( $\Delta$ ) для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$
16	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5 \dots 49,5$ ), В	от 0 до $0,15 \cdot U_{\text{ном}}$	$\pm 0,005 \cdot U_{\text{ном}}$ ( $\Delta$ ) для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$  $\pm 5$ ( $\delta$ ) для $U_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
17	Угол фазового сдвига между фазными напряжениями основной частоты $\varphi_U$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$
18	Частота переменного тока $f$ , Гц	от 42,5 до 57,5	$\pm 0,01 (\Delta)$
19	Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц	от -7,5 до +7,5	$\pm 0,01 (\Delta)$
20	Среднеквадратическое значение силы переменного тока, А <sup>4)</sup>	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}} / I - 1 ) (\delta)$
21	Среднеквадратическое значение силы переменного тока прямой последовательности $I_1$ основной частоты, А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}} / I - 1 ) (\delta)$
22	Среднеквадратическое значение силы переменного тока обратной $I_2$ , нулевой $I_0$ последовательности основной частоты, А	от 0 до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,2 (\gamma)$
23	Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей силы переменного тока $I_{(n)}$ , А	от 0 до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,0005 \cdot I_{\text{НОМ}} (\Delta)$ для $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 5 (\delta)$ для $I_{(n)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$
24	Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно) $K_{I(n)}$ , %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{I(n)} < 1 \%$ $\pm 5 (\delta)$ для $K_{I(n)} \geq 1 \%$
25	Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %	от 0 до 50	$\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_I < 1 \%$ $\pm 5 (\delta)$ для $K_I \geq 1 \%$
26	Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности $K_{2I}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,3 (\Delta)$
27	Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности $K_{0I}$ , %	от 0 до 20	$\pm 0,3 (\Delta)$
28	Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного тока $I_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5 \dots 49,5$ ), А	от 0 до $0,15 \cdot I_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,005 \cdot I_{\text{НОМ}} (\Delta)$ для $I_{\text{isg}(m)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 5 (\delta)$ для $I_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$
29	Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты $\varphi_I$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 0,5 (\Delta)$



№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
			для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$
30	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты $\varphi_{UI(1)}$ , °	от -180 до 180	$\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 1 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$
31	Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой $\varphi_{UI11}$ , обратной $\varphi_{UI212}$ , нулевой $\varphi_{UI010}$ последовательности, °	от -180 до 180	$\pm 1,5 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$ $\pm 5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$
32	Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока $\varphi_{UI(n)}$ , °	от -180 до 180	$\pm 5 (\Delta)$
<b>Параметры провалов и перенапряжений, фликера</b>			
33	Длительность провала напряжения $\Delta t_{\text{п}}$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$
34	Глубина провала напряжения $\delta U_{\text{п}}$ , %	от 0 до 100	$\pm 1,0 (\Delta)$
35	Длительность прерывания напряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с	от 0,02 до 60	$\pm 0,1 (\Delta)$
36	Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с	от 0,01 до 60	$\pm 0,01 (\Delta)$
37	Коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{пер}}$ , отн. ед.	от 1,0 до 1,4	$\pm 0,01 (\Delta)$
38	Кратковременная $P_{\text{St}}$ и длительная $P_{\text{Lt}}$ доза фликера, отн. ед.	от 0,4 до 4	$\pm 10 (\delta)$
<b>Параметры электрической мощности</b>			
39	Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>5)</sup>	от -1 до -0,1 от 0,1 до 1	$\pm 0,01 (\Delta)$
40	Активная фазная и трехфазная мощность $P$ , активная фазная и трехфазная мощность основной частоты $P_{(1)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,25 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ $\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  K_P  \leq 1$ $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
			$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,3 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  K_P  < 0,5$
41	Активная мощность прямой $P_{1(1)}$ , нулевой $P_{0(1)}$ , обратной $P_{2(1)}$ последовательности, Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,5 (\delta)$
42	Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $P_{(n)}$ , Вт	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,5 \leq  K_P  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$
43	Реактивная фазная и трехфазная мощность $Q$ , реактивная фазная и трехфазная мощность основной частоты $Q_{(1)}$ , вар	от $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$  $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ; $0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$
44	Реактивная мощность прямой $Q_{1(1)}$ , нулевой $Q_{0(1)}$ , обратной $Q_{2(1)}$ последовательности, вар	от $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,8 (\delta)$
45	Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $Q_{(n)}$ , вар	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$	$\pm 5,0 (\delta)$
46	Полная фазная и трехфазная мощность $S$ , полная фазная и	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,5 (\delta)$

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %, приведенной $\gamma^1$ , %)
	трехфазная мощность основной частоты $S_{(1)}$ , В·А		
47	Полная мощность прямой $S_{1(1)}$ , нулевой $S_{0(1)}$ , обратной $S_{2(1)}$ последовательности, В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 0,5$ ( $\delta$ )
48	Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $S_{(n)}$ , В·А	от $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$ от $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$\pm 5,0$ ( $\delta$ )

**Примечания**

1) При расчете приведенной погрешности в качестве нормирующего значения принимается номинальное.

2) К среднеквадратическому значению напряжения относят среднеквадратическое значение напряжения основной частоты  $U_{(1)}$ , среднеквадратическое значение напряжения с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала  $U$ , среднее значение среднеквадратического значения напряжения  $U_{\text{ср}}$  (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).

3) Дополнительно измеряется максимальное значение характеристики за период времени согласно ГОСТ 33073-2014.

4) К среднеквадратическому значению силы переменного тока относят среднеквадратическое значение силы переменного тока основной частоты  $I_{(1)}$ , среднеквадратическое значение силы переменного тока с учетом всех спектральных составляющих входного сигнала  $I$ , среднее значение среднеквадратического значения силы переменного тока  $I_{\text{ср}}$  (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).

5)  $K_p = \cos \varphi$  при синусоидальном сигнале.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые  $\pm 10$  °С от нормальных условий, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности, вызванной влиянием внешнего однородного постоянного или переменного магнитного поля (синусоидально изменяющегося во времени с частотой сети питания) с магнитной индукцией 0,5 мТл, составляют 0,5 пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности устройств ESM класса точности 0,5 при измерении реактивной энергии в нормальных условиях при симметричной трехфазной нагрузке соответствуют значениям, указанным в таблице А.4.

Таблица А.4

Значение силы тока	Коэффициент $\sin \varphi$ (при индуктивной или емкостной нагрузке)	Пределы допускаемой основной относительной погрешности, %, для класса точности 0,5
$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1	$\pm 0,8$
$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,5$
$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,10 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5	$\pm 0,8$
$0,10 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$		$\pm 0,5$

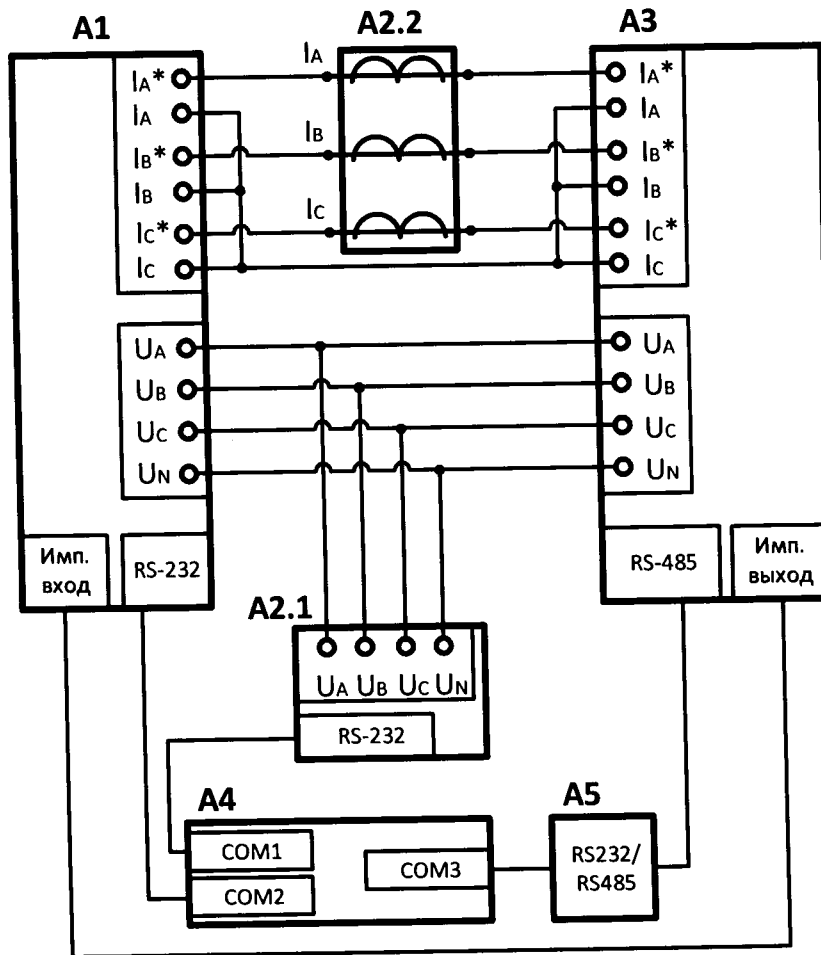
Значение силы тока	Коэффициент $\sin \varphi$ (при индуктивной или ем- костной нагрузке)	Пределы допускаемой основ- ной относительной погрешно- сти, %, для класса точности 0,5
$0,10 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$	0,25	$\pm 0,8$

Пределы допускаемой основной относительной погрешности устройств ESM класса точности 0,5 при измерении реактивной энергии при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений, приложенных к цепям напряжения, соответствуют значениям, указанным в таблице А.5.

Таблица А.5

Значение силы тока	Коэффициент $\sin \varphi$ (при индуктивной или ем- костной нагрузке)	Пределы допускаемой основ- ной относительной погрешности, %, для класса точности 0,5
$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$	1	$\pm 0,5$
$0,10 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$	0,5	$\pm 0,8$

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)**  
Схемы подключения устройств

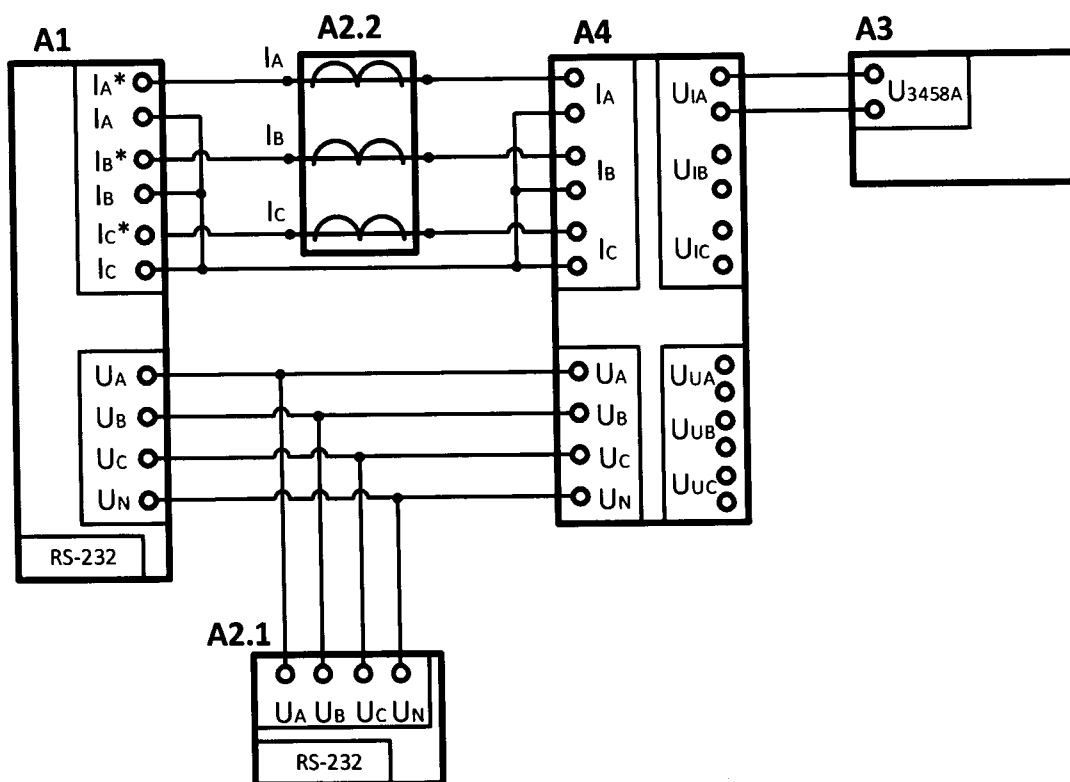


- A1 – источник переменного тока и напряжения трехфазный;
- A2 – прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный;
- A3 – устройство ESM-HV;
- A4 – ПК;
- A5 – преобразователь RS232/RS485.

Рисунок Б.1 – Структурная схема проверки допускаемых погрешностей измерения для модификаций ESM-HV

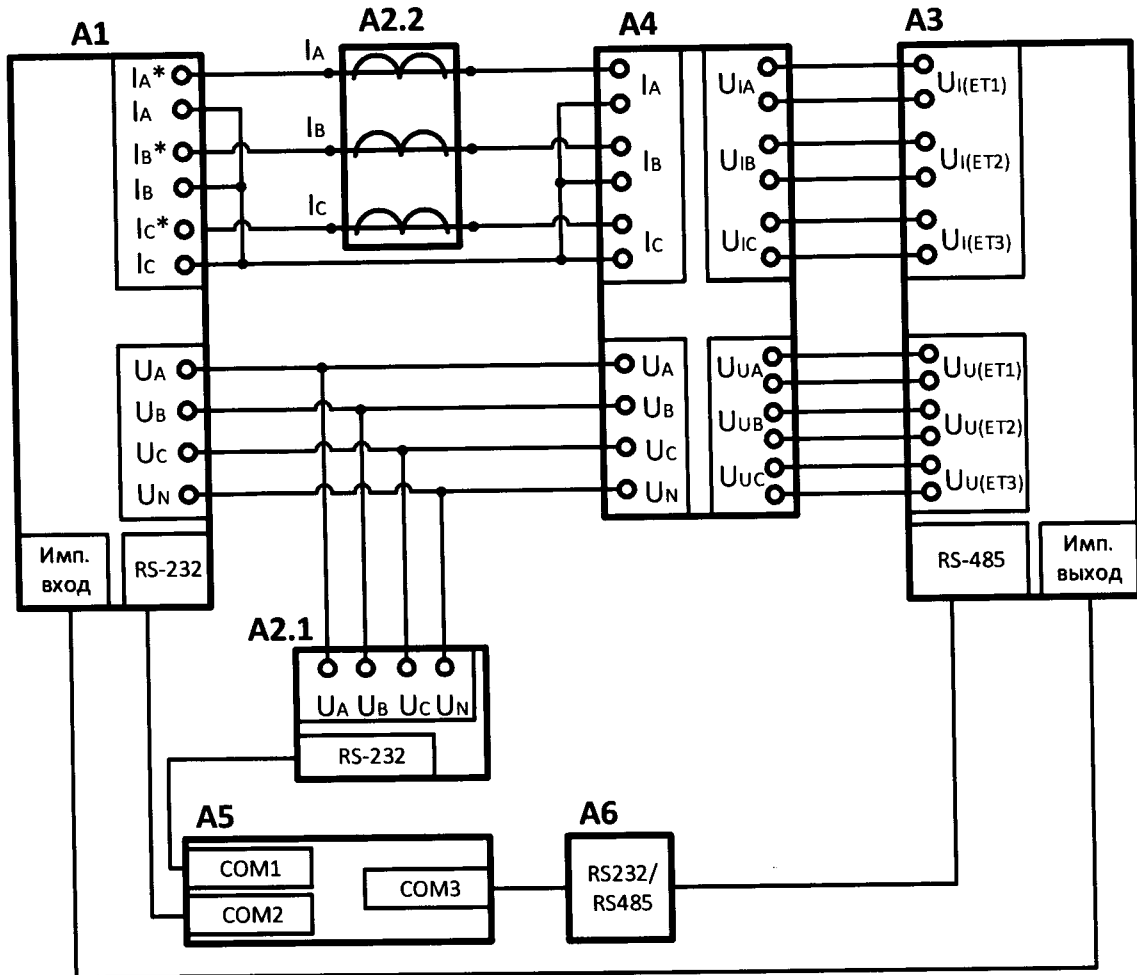


Рисунок Б.2 – Структурная схема проверки допускаемых погрешностей измерения для модификаций ESM-SV



- A1 – источник переменного тока и напряжения трехфазный;
- A2 – прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный;
- A3 – мультиметр 3458А;
- A4 – преобразователь фиктивной мощности ПФМ.

Рисунок Б.3 – Структурная схема проверки коэффициента масштабного преобразования ПФМ



- A1 – источник переменного тока и напряжения трехфазный;  
 A2 – прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный;  
 A3 – устройство ESM-ET;  
 A4 – преобразователь фиктивной мощности ПФМ;  
 A5 – ПК;  
 A6 – преобразователь RS232/RS485.

Рисунок Б.4 – Структурная схема проверки допускаемых погрешностей измерения для модификаций ESM-ET

## ПРИЛОЖЕНИЕ В (рекомендуемое)

### ПРОТОКОЛ

Поверки устройства измерительного многофункционального ESM

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

#### 1 Поверяемый прибор:

ESM-\_\_\_\_-\_\_\_\_-\_\_\_\_-\_\_\_\_

Серийный номер: \_\_\_\_\_

Год выпуска: \_\_\_\_\_

Методика поверки: \_\_\_\_\_

#### 2 Эталонное оборудование:

Установка для поверки счетчиков электроэнергии УППУ-МЭ 3.1 К № \_\_\_\_\_ в составе:  
- прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор 3.1К» № \_\_\_\_\_;

#### 3 Условия поверки:

Температура окружающей среды: \_\_\_\_\_

Относительная влажность воздуха: \_\_\_\_\_

Атмосферное давление: \_\_\_\_\_

#### 4 Результаты поверки:

4.1 Внешний осмотр

годен/не годен

4.2 Опробование

годен/не годен

4.3 Проверка погрешности измерений напряжения, силы тока, частоты, углов фазовых сдвигов, электрической мощности и энергии

годен/не годен

4.3.1 Измерение фазного напряжения

годен/не годен

4.3.2 Измерение линейного напряжения

годен/не годен

4.3.3 Измерение силы тока

годен/не годен

4.3.4 Измерение углов фазовых сдвигов

годен/не годен

4.3.5 Измерение частоты

годен/не годен

4.3.6 Измерение активной мощности и энергии при симметричной нагрузке

годен/не годен

4.3.7 Измерение активной мощности и энергии при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений

годен/не годен

4.3.8 Измерение реактивной мощности и энергии при симметричной нагрузке

годен/не годен

4.3.9 Измерение реактивной мощности и энергии при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений

годен/не годен



#### 4.3.1 Измерение фазного напряжения

№	$U, В$	$U_{\Sigma}, В$	$U_{изм}, В$	$\Delta U, В$	$\delta U, \%$	Допуск $\delta U, \%$
1	$0,1 \cdot U_{ном}$					
2	$0,25 \cdot U_{ном}$					
3	$0,5 \cdot U_{ном}$					
4	$0,7 \cdot U_{ном}$					
5	$0,9 \cdot U_{ном}$					
6	$U_{ном}$					
7	$1,15 \cdot U_{ном}$					
8	$2,0 \cdot U_{ном}$					

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.2 Измерение линейного напряжения

№	$U, В$	$U_{\Sigma}, В$	$U_{изм}, В$	$\Delta U, В$	$\delta U, \%$	Допуск $\delta U, \%$
1	$0,1 \cdot U_{ном л}$					
2	$0,25 \cdot U_{ном л}$					
3	$0,5 \cdot U_{ном л}$					
4	$0,7 \cdot U_{ном л}$					
5	$0,9 \cdot U_{ном л}$					
6	$U_{ном л}$					
7	$1,15 \cdot U_{ном л}$					
8	$2,0 \cdot U_{ном л}$					

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.3 Измерение силы тока

№	$I, А$	$I_{\Sigma}, А$	$I_{изм}, А$	$\Delta I, А$	$\delta I, \%$	Допуск $\delta I, \%$
1	$0,01 \cdot I_{ном}$					
2	$0,1 \cdot I_{ном}$					
3	$0,2 \cdot I_{ном}$					
4	$0,5 \cdot I_{ном}$					
5	$0,7 \cdot I_{ном}$					
6	$I_{ном}$					
7	$1,5 \cdot I_{ном}$					
8	$2,0 \cdot I_{ном}$					

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.4 Измерение углов фазовых сдвигов

№	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\varphi_{UIЭ}, ^\circ$	$\varphi_{UIИЗМ}, ^\circ$	$\Delta\varphi_{UI}, ^\circ$	Допуск $\Delta\varphi_{UI}, ^\circ$
1	0				
2	30				
3	60				
4	120				
5	-180				
6	-120				
7	-60				
8	-30				

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.5 Измерение частоты

№	$U, В$	$f, Гц$	$fЭ, Гц$	$fИЗМ, Гц$	$\Delta f, Гц$	Допуск $\Delta f, Гц$
1	$U_{НОМ}$	42,5				
2		45				
3		50				
4		55				
5		57,5				
6	$0,1 \cdot U_{НОМ}$	42,5				
7		45				
8		50				
9		55				
10		57,5				
11	$2,0 \cdot U_{НОМ}$	42,5				
12		45				
13		50				
14		55				
15		57,5				

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.6 Измерение активной мощности и энергии при симметричной нагрузке

№	$U, В$	$I, А$	$\cos\varphi$	$W_{PЭ}, Вт \cdot ч$	$W_{PИЗМ}, Вт \cdot ч$	$\Delta W_P, Вт \cdot ч$	$\delta W_P, \%$	Допуск, $\delta W_P, \%$
1	$U_{НОМ}$	$0,01 \cdot I_{НОМ}$	1					
2	$U_{НОМ}$	$0,05 \cdot I_{НОМ}$	1					
3	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	1					
4	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	1					

5	$U_{НОМ}$	$0,02 \cdot I_{НОМ}$	0,8 С					
6	$U_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	0,8 С					
7	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	0,8 С					
8	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	0,8 С					
9	$U_{НОМ}$	$0,02 \cdot I_{НОМ}$	0,5 L					
10	$U_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	0,5 L					
11	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	0,5 L					
12	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	0,5 L					

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.7 Измерение активной мощности и энергии при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений

№	$U, В$	$I, А$	$\cos\varphi$	$W_{PЭ}, Вт \cdot ч$	$W_{PИЗМ}, Вт \cdot ч$	$\Delta W_P, Вт \cdot ч$	$\delta W_P, \%$	Допуск, $\delta W_P, \%$
1	$U_{НОМ}$	$0,05 \cdot I_{НОМ}$	1					
2	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	1					
3	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	1					
4	$U_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	0,5 L					
5	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	0,5 L					
6	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	0,5 L					

Вывод: **годен/не годен**

#### 4.3.8 Измерение реактивной мощности и энергии при симметричной нагрузке

№	$U, В$	$I, А$	$\sin\varphi$	$W_{QЭ}, вар \cdot ч$	$W_{QИЗМ}, вар \cdot ч$	$\Delta W_Q, вар \cdot ч$	$\delta W_Q, \%$	Допуск, $\delta W_Q, \%$
1	$U_{НОМ}$	$0,01 \cdot I_{НОМ}$	1					
2	$U_{НОМ}$	$0,05 \cdot I_{НОМ}$	1					
3	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	1					
4	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	1					
5	$U_{НОМ}$	$0,02 \cdot I_{НОМ}$	0,5 L					
6	$U_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	0,5 L					
7	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	0,5 L					
8	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	0,5 L					
9	$U_{НОМ}$	$0,1 \cdot I_{НОМ}$	0,25 С					
10	$U_{НОМ}$	$I_{НОМ}$	0,25 С					
11	$U_{НОМ}$	$I_{МАКС}$	0,25 С					

Вывод: **годен/не годен**

4.3.9 Измерение реактивной мощности и энергии при однофазной нагрузке и симметрии многофазных напряжений

№	$U, В$	$I, А$	$\sin\varphi$	$W_{QЭ}, \text{вар}\cdot\text{ч}$	$W_{Q\text{изм}}, \text{вар}\cdot\text{ч}$	$\Delta W_Q, \text{вар}\cdot\text{ч}$	$\delta W_Q, \%$	Допуск, $\delta W_Q, \%$
1	$U_{\text{НОМ}}$	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	1					
2	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	1					
3	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{МАКС}}$	1					
4	$U_{\text{НОМ}}$	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0,5 L					
5	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0,5 L					
6	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{МАКС}}$	0,5 L					

Вывод: годен/не годен

Результат:

По результатам поверки устройство измерительное многофункциональное ESM признано годным к применению, соответствует техническим условиям ТУ 4221-604-53329198-16.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.  
дата

\_\_\_\_\_   
подпись поверителя