

СОГЛАСОВАНО

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

 **М. С. Казаков**



«09» 06 2023 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений
Устройства измерительные multifunctional ESM**

Методика поверки

ESM.422160.002 МП

С изменением № 1

г. Москва
2023 г.

Содержание

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений.....	3
3 Требования к условиям проведения поверки	5
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	6
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	8
7 Внешний осмотр средства измерений	8
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8
9 Проверка программного обеспечения средства измерений.....	9
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	10
11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	17
12 Оформление результатов поверки.....	18

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на устройства измерительные многофункциональные ESM (далее – устройства ESM), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «Инженерный центр «Энергосервис» (ООО «Инженерный центр «Энергосервис»)), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость устройства ESM к ГЭТ 153-2019 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2021 г. № 1436.

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

1.4 Допускается проведение первичной поверки устройств ESM при выпуске из производства до ввода в эксплуатацию на основании выборки по ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007. Проведение выборочной первичной поверки устройств ESM проводится по одноступенчатому выборочному плану для общего контрольного уровня I при приемлемом уровне качества AQL, равном 0,1 %, по ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007. В зависимости от объема партии количество предоставляемых на поверку устройств ESM выбирается согласно таблице 1.

Таблица 1 – Количество предоставляемых устройств ESM

Объем партии, шт.	Объем выборки, шт.	Приемочное число Ac	Браковочное число Re
от 2 до 8 включ.	2	0	1
от 9 до 15 включ.	2		
от 16 до 25 включ.	3		
от 26 до 50 включ.	5		
от 51 до 90 включ.	5		
от 91 до 150 включ.	8		
от 151 до 280 включ.	13		
от 281 до 500 включ.	20		
от 501 до 1200 включ.	32		
от 1201 до 3200 включ.	50		

1.5 Поверка устройства ESM должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.6 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки, – метод непосредственного сличения, косвенный метод измерений/метод сличения с помощью компаратора.

1.7 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в разделе 11.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Нет	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение метрологических характеристик модификации ESM-HV	Да	Да	10.1
Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов	Да	Да	10.1.1
Определение погрешности измерений частоты переменного тока	Да	Да	10.1.2.1 или 10.1.2.2
Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности	Да	Да	10.1.3.1 или 10.1.3.2
Определение метрологических характеристик модификации ESM-SV	Да	Да	10.2
Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов	Да	Да	10.2.1 или 10.2.4.1
Определение погрешности измерений частоты переменного тока	Да	Да	10.2.2.1 или 10.2.2.2 или 10.2.4.2.1 или 10.2.4.2.2
Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности	Да	Да	10.2.3.1 или 10.2.3.2 или 10.2.4.3
Определение метрологических характеристик модификации ESM-ET	Да	Да	10.3
Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов	Да	Да	10.3.1.1
Определение погрешности измерений частоты переменного тока	Да	Да	10.3.1.2.1 или 10.3.1.2.2

Наименование операции	Необходимость выполнения при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности	Да	Да	10.3.1.3.1 или 10.3.1.3.2
Определение метрологических характеристик модификации ESM-ET при помощи генератора и делителя ПФМ	Да	Да	10.3.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды плюс (20 ± 5) °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

4.2 К проведению поверки допускаются лица, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

4.3 Поверка должна проводиться поверителем, прошедшим инструктаж по технике безопасности и имеющим удостоверение, подтверждающее право работы на установках до 1000 В, с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 3 – 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 для модификации ESM-HV		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне частот переменного тока от 42,5 до 57,5 Гц (диапазон измерений электрической мощности от 0,001 до 4600 Вт (вар); диапазон измерений напряжения основных гармоник от 5,7 до 460 В; диапазон измерений силы тока основных гармоник от 0,01 до 10 А; диапазон измерений угла сдвига фаз от -180° до +180°)	Прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ», рег. № 52854-13 Установка многофункциональная измерительная СМС 256 plus, рег. № 26170-09
Основные средства поверки для модификации ESM-SV		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне частот переменного тока от 42,5 до 57,5 Гц (диапазон измерений электрической мощности от 0,001 до 1154 Вт (вар); диапазон измерений напряжения основных гармоник от 5,7 до 115,4 В; диапазон измерений силы тока основных гармоник от 0,01 до 10 А; диапазон измерений угла сдвига фаз от -180° до +180°)	Прибор электроизмерительный многофункциональный «Энергомонитор-61850», рег. № 73445-18 Калибратор цифровых сигналов «МарсГен-61850», рег. № 76741-19
Основные средства поверки для модификации ESM-ET		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 1436 в диапазоне частот переменного тока от 42,5 до 57,5 Гц (диапазон измерений электрической мощности от 0,001 до 225 Вт (вар); диапазон измерений напряжения основных гармоник от 0,015 до 15 В; диапазон измерений силы тока основных гармоник от 0,0015 до 15 А; диапазон измерений угла сдвига фаз от -180° до +180°)	Прибор электроизмерительный многофункциональный Энергомонитор-3.1КМ-Э, рег. № 86936-22 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
Вспомогательные средства поверки		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Диапазоны воспроизведений: напряжение переменного тока от 0,015 до 460 В (пределы относительной погрешности $\pm 10\%$); сила переменного тока от 0,0015 до 15 А (пределы относительной погрешности $\pm 30\%$ от 0,0015 до 0,1 А; $\pm 5\%$ от 0,1 до 15 А); частота переменного тока от 42,5 до 57,5 Гц (пределы относительной погрешности $\pm 5\%$); угол сдвига фаз от -180° до $+180^\circ$ (пределы абсолютной погрешности $\pm 3^\circ$)	Генератор сигналов произвольной формы трехфазный «Энергоформа 3.1» с усилителями сигнала Установка многофункциональная измерительная СМС 256 plus, рег. № 26170-09
	Диапазон измерений напряжения переменного тока от 2,8 до 480,0 В (пределы относительной погрешности $\pm 0,0002\%$)	Мультиметр цифровой 3458А, рег. № 25900-03 ¹⁾
	Счетчик импульсов	Преобразователь тока и напряжения в частоту (далее – ПТНЧ) ПТНЧ (ПТНЧ-М, ПТНЧ-МЛ)
	-	Преобразователь фиктивной мощности ПФМ ¹⁾
	-	Стенд для подключения устройств ESM ЭНСП-02
р.8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Диапазон воспроизведений напряжения постоянного тока от 12 до 220 В (пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведений $\pm 5\%$)	Источник напряжения постоянного тока
р. 9 Проверка программного обеспечения средства измерений	Диапазон измерений температуры окружающей среды от $+15^\circ\text{C}$ до $+25^\circ\text{C}$ (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 1^\circ\text{C}$); диапазон измерений относительной влажности от 30% до 80% (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 3\%$)	Прибор комбинированный ТКА-ПКМ, исп. ТКА-ПКМ (43), рег. № 24248-09
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	-	Персональный компьютер IBM PC; наличие интерфейсов Ethernet и USB; операционная система Windows с установленным программным обеспечением «ES Конфигуратор», «ESMTest», «MeterTest»
¹⁾ Применяется только при поверке модификации ESM-ET для проверки преобразователя фиктивной мощности ПФМ.		

Таблица 3 (Измененная редакция, Изм. № 1)

Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений в соответствии с таблицей 3.

Для автоматизации процесса проверки метрологических характеристик устройств ESM применяются:

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

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», «Правилами техники безопасности, при эксплуатации электроустановок потребителей», «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок». Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые устройства ESM и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Устройство ESM допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид устройства ESM соответствует описанию типа;
- лицевая панель устройств ESM чистая и имеет четкую маркировку;
- отсутствуют механические повреждения корпуса, крышки, соединительных контактов;
- входные зажимы имеют все винты, резьба и шлицы винтов исправны.

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 устройство ESM допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, устройство ESM 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 поверяемое устройство ESM и на применяемые средства поверки;
- выдержать устройство ESM 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 3.

8.2 Опробование устройства ESM

Опробование проводить в следующей последовательности:

- на устройство ESM подать питание. Должны засветиться светодиодные индикаторы, расположенные на лицевой панели;
- подключить устройство ESM к персональному компьютеру (далее – ПК) в

соответствии с руководством по эксплуатации;

– произвести проверку обмена данными с ПК при помощи ПО, поставляемого в комплекте с поверяемым устройством ESM. Например, подключиться к устройству ESM при помощи ПО «ESMTest» или идентифицировать устройство ESM и прочитать настройки при помощи ПО «ES Конфигуратор».

Устройство ESM допускается к дальнейшей поверке, если при опробовании осуществляется обмен данными между устройством ESM и ПК.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверку проводить при помощи ПО «ES Конфигуратор» в следующей последовательности:

- на устройство ESM подать питание;
- подключить устройство ESM к ПК в соответствии с руководством по эксплуатации;
- запустить на ПК ПО «ES Конфигуратор» (ПО можно скачать с сайта производителя <https://enip2.ru/support/software/>);
- для соединения с устройством ESM в появившемся окне ввести пароль в соответствии с руководством по эксплуатации (по умолчанию пароль для уровня «Администратор» – “222222”) и нажать кнопку «Идентифицировать» (рисунок 1);

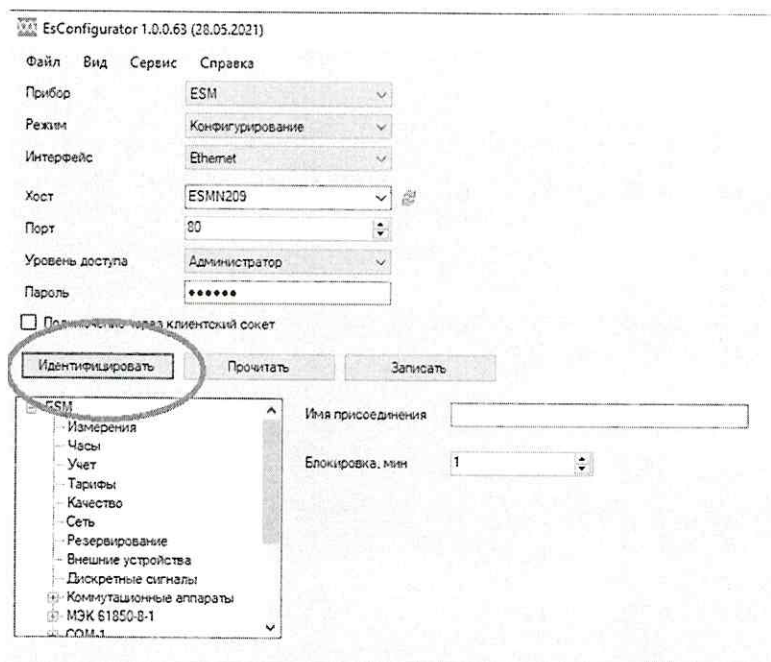


Рисунок 1 – ПО «ES Конфигуратор»

- в появившемся окне считать отображаемый номер версии ПО (рисунок 2) и сравнить его с номером версии ПО, указанным в описании типа;

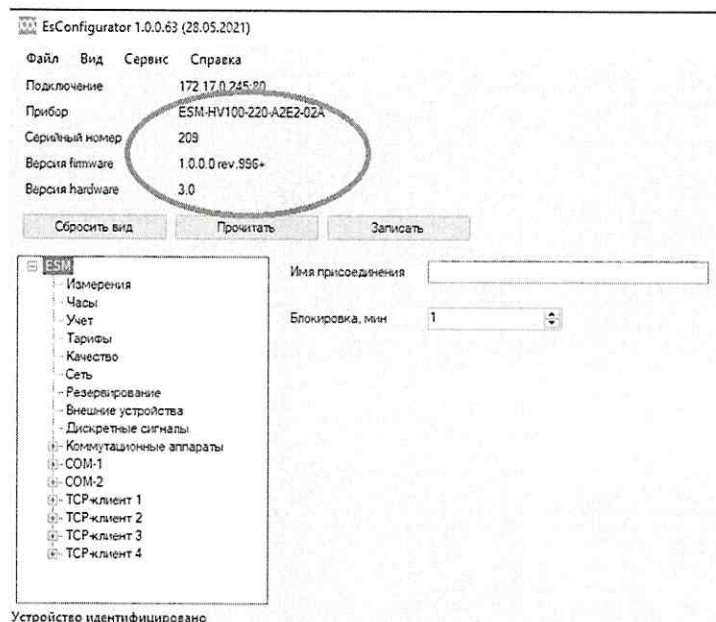


Рисунок 2 – Пример версии ПО СИ в «ES Конфигуратор»

Устройство ESM допускается к дальнейшей поверке, если отображаемый в окне ПО «ES Конфигуратор» номер версии ПО соответствует требованиям, указанным в описании типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение метрологических характеристик для модификации ESM-HV

10.1.1 Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов модификации ESM-HV проводить при помощи прибора электроизмерительного эталонного multifunctional «Энергомонитор-3.1КМ» (далее – Эталон) и генератора сигналов произвольной формы трехфазного «Энергоформа 3.1» (далее – Генератор) в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке А.1, 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 генератора подать на измерительные входы устройства ESM испытательный сигнал 1 с характеристиками, приведенными в таблице 4 (при частоте переменного тока 50 Гц);

Таблица 4 – Проверка погрешности устройства ESM

№ п/п	Испытательный сигнал					
	U, В	I, А	$\varphi_U, ^\circ$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos(\varphi_{UI})$	$\sin(\varphi_{UI})$
1	$U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	120	0	1	0
2	$U_{\text{МАКС}}$	$I_{\text{МАКС}}$	120	60	0,5	0,87
3	$1,15 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	-60	0,5	-0,87
4	$0,9 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	120	-0,5	0,87
5	$0,7 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	-120	-0,5	-0,87
6	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	-180	-1	0
7	$0,25 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,7 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	30	0,87	0,5
8	$0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$0,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	-30	0,87	-0,5

5) при помощи устройства ESM и Эталона, измерить испытательный сигнал, воспроизведенный Генератором;

6) рассчитать значения погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов для каждой фазы по формулам (1) или (2), приведенным в разделе 11, в зависимости от способа нормирования;

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

8) результаты занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п.п. 4.4.1 – 4.4.4).

10.1.2.1 Определение погрешности измерений частоты переменного тока

Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке А.1, 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 Генератора воспроизвести испытательный сигнал частоты переменного тока 42,5 Гц со значением напряжения переменного тока, равным $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$;

5) при помощи Эталона и устройства ESM измерить испытательный сигнал, воспроизведенный Генератором;

6) рассчитать абсолютную погрешность измерений частоты переменного тока для каждой фазы по формуле (1), приведенной в разделе 11;

7) повторить поочередно п.п. 4)-6) при значениях частоты переменного тока 50 и 57,5 Гц.

8) повторить поочередно п.п. 2)-7) при значениях напряжения переменного тока $U_{\text{ном}}$ и $U_{\text{макс}}$;

9) результаты занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п. 4.4.5).

10.1.2.2 Для определения допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока модификации ESM-HV с поддержкой синхронизированных векторных измерений в качестве эталонного оборудования применяется установка многофункциональная измерительная СМС256plus. Схема подключения аналогична схеме на рисунке А.1. Проверка проводится аналогично п.п. 4)-9) п.10.1.2.1.

10.1.3.1 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности с использованием счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительной погрешности измерений активной (реактивной) электрической мощности и энергии, полной электрической мощности проводить одновременно при значениях входного сигнала, указанных в таблице 5 (таблице 6) в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке А.1;

2) подключить считывающее устройство ПТНЧ к импульсному выходу устройства ESM и Эталону;

3) установить значения постоянной счетчика на Эталоне и устройстве ESM. Время подачи испытательного сигнала не менее 4 секунд. При этом рекомендуется устанавливать значение постоянной счетчика таким, чтобы количество импульсов от поверяемого устройства было не менее 5 для каждого из генерируемых сигналов;

4) установить на выходе генератора испытательный сигнал № 1 в соответствии с таблицей 5 (таблицей 6);

5) при помощи устройства ESM и Эталона, считать полученные значения активной (реактивной) электрической мощности и энергии, полной электрической мощности;

6) рассчитать значения погрешностей измерений суммарной и пофазной активной электрической мощности δP , суммарной и пофазной реактивной электрической мощности δQ , суммарной полной электрической мощности δS , активной электрической энергии δW_P , реактивной электрической энергии δW_Q по формулам (1) или (2), приведенным в разделе 11, в зависимости от способа нормирования;

7) повторить п.п. 4)-6) для всех испытательных сигналов, представленных в таблице 5 (таблице 6);

Примечание – Проверку проводить в прямом или обратном направлении (для активной и реактивной электрической энергии) при симметричной нагрузке.

8) результаты занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п.п. 4.4.6 – 4.4.9).

10.1.3.2 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительной погрешности измерений активной (реактивной) электрической мощности и энергии, полной электрической мощности проводить одновременно при значениях входного сигнала, указанных в таблице 5 (таблице 6) в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке А.1, без подключения ПТНЧ;

2) установить значения подаваемых импульсов на устройстве ESM. При этом рекомендуется устанавливать значение постоянной счетчика таким, чтобы количество импульсов от поверяемого устройства было не менее 5 для каждого из генерируемых сигналов, а время, затраченное на импульсы, не должно быть менее 4 с;

3) установить на выходе генератора испытательный сигнал № 1 в соответствии с таблицей 5 (таблицей 6);

4) считать значение мощности с Эталона в заданной точке;

5) вычислить расчетное время Эталона, требуемого для генерации заданного количества энергии;

6) по окончании генерации с устройства ESM считать фактическое время, затраченное на подачу импульсов;

7) рассчитать значения погрешностей измерений активной электрической энергии δW_P и реактивной электрической энергии δW_Q , используя расчетное и фактическое время из п.п. 5)-6);

8) рассчитать значения погрешностей измерений суммарной и пофазной активной электрической мощности δP , суммарной и пофазной реактивной электрической мощности δQ , суммарной полной электрической мощности δS по формулам (1) или (2), приведенным в разделе 11, в зависимости от способа нормирования;

9) повторить п.п. 3)-8) для всех испытательных сигналов, представленных в таблице 5 (таблице 6);

Примечание – Проверку проводить в прямом или обратном направлении (для активной и реактивной электрической энергии) при симметричной нагрузке.

10) результаты занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п.п. 4.4.6 – 4.4.9).

Таблица 5 – Определение погрешности измерения активной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности для устройств ESM

№ п/п	U, В	I, А	$\varphi_U, ^\circ$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos(\varphi_{UI})$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	120	0	1,00
2				30	0,87
3				180	-1,00
4				-150	-0,87
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	120	0	1,00
6				30	0,87

№ п/п	U, В	I, А	$\varphi_U, ^\circ$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos(\varphi_{UI})$
7	$U_{\text{НОМ}}$	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	120	-0,50
8				180	-1,00
9				-150	-0,87
10				-60	0,50
11	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	120	0	1,00
12				30	0,87
13				120	-0,50
14				180	-1,00
15				-150	-0,87
16				-60	0,50
17	$0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{МАКС}}$	120	0	1,00
18				30	0,87
19				120	-0,50
20				180	-1,00
21				-150	-0,87
22				-60	0,50

Таблица 6 – Определение погрешности измерения реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности для устройств ESM

№ п/п	U, В	I, А	$\varphi_U, ^\circ$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\sin(\varphi_{UI})$
1	$U_{\text{МАКС}}$	$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	90	1,00
2				120	0,87
3				-90	-1,00
4				-60	-0,87
5	$U_{\text{НОМ}}$	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	120	30	0,50
6				90	1,00
7				120	0,87
8				-150	-0,50
9				-90	-1,00
10				-60	-0,87
11	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	120	30	0,50
12				90	1,00
13				120	0,87
14				-150	-0,50
15				-90	-1,00
16				-60	-0,87
17	$0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{МАКС}}$	120	30	0,50
18				90	1,00
19				120	0,87
20				-150	-0,50
21				-90	-1,00
22				-60	-0,87

Примечание – Определение полной электрической мощности проводить в точках со значением $\sin(\varphi_{UI})$, равным 1,00 и -1,00 (испытательные сигналы №№ 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21).

10.2 Определение метрологических характеристик для модификации ESM-SV

10.2.1 Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов модификации ESM-SV проводить аналогично п. 10.1.1, используя установку многофункциональную измерительную СМС 256 Plus в качестве Генератора, а прибор элек-

троизмерительный многофункциональный Энергомонитор-61850 в качестве Эталона. Схема подключения представлена на рисунке А.2.

В качестве номинальных значений использовать 1 А и 57,7 (100) В соответственно. В качестве максимальных значений использовать 10 А и 115,4 (200) В соответственно.

10.2.2.1 Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить аналогично п. 10.1.2.1. Схема подключения представлена на рисунке А.2.

10.2.2.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока модификации ESM-SV с поддержкой синхронизированных векторных измерений проводится аналогично п.п. 4)-9) п.10.1.2.1. Схема аналогична схеме на рисунке А.2.

10.2.3.1 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности с использованием счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности проводить аналогично п. 10.1.3.1. Схема подключения представлена на рисунке А.2.

10.2.3.2 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ проводить аналогично п. 10.1.3.2. Схема подключения представлена на рисунке А.2.

10.2.4 Определение метрологических характеристик для модификации ESM-SV с использованием калибратора цифровых сигналов

10.2.4.1 Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов модификации ESM-SV проводить аналогично п. 10.1.1, используя калибратор цифровых сигналов «МарсГен-61850» в качестве Генератора и Эталона. Схема подключения представлена на рисунке А.3.

В качестве номинальных значений использовать 1 А и 57,7 (100) В соответственно. В качестве максимальных значений использовать 10 А и 115,4 (200) В соответственно.

10.2.4.2.1 Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить аналогично п. 10.1.2.1. Схема подключения представлена на рисунке А.3.

10.2.4.2.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока модификации ESM-SV с поддержкой синхронизированных векторных измерений проводится аналогично п.п. 4)-9) п. 10.1.2.1. Схема аналогична схеме на рисунке А.3.

10.2.4.3 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ проводить аналогично п. 10.1.3.2. Схема подключения представлена на рисунке А.3.

10.3 Определение метрологических характеристик для модификации ESM-ET

10.3.1 Определение метрологических характеристик для модификации ESM-ET при помощи генератора низковольтных сигналов напряжения

10.3.1.1 Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов модификации ESM-ET проводить аналогично п. 10.1.1, используя установку многофункциональную измерительную СМС 256 Plus в качестве Генератора, а прибор электроизмерительный многофункциональный «Энергомонитор-3.1КМ-Э» в качестве Эталона. Схема подключения представлена на рисунке А.4.

10.3.1.2.1 Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить аналогично п. 10.1.2.1. Схема подключения представлена на рисунке А.4.

10.3.1.2.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока модификации ESM-ЕТ с поддержкой синхронизированных векторных измерений проводится аналогично п.п. 4)-9) п.10.1.2.1. Схема аналогична схеме на рисунке А.4.

10.3.1.3.1 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности с использованием счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности проводить аналогично п. 10.1.3.1. Схема подключения представлена на рисунке А.4.

10.3.1.3.2 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ

Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ проводить аналогично п. 10.1.3.2. Схема подключения представлена на рисунке А.4.

10.3.2 Определение метрологических характеристик модификации ESM-ЕТ при помощи генератора и делителя ПФМ

10.3.2.1 Определение коэффициентов деления каналов напряжения преобразователя фиктивной мощности ПФМ (далее – ПФМ), используя генератор сигналов произвольной формы трехфазный «Энергоформа 3.1» в качестве Генератора, а прибор электроизмерительный multifunctional «Энергомонитор-3.1КМ» в качестве Эталона, проводить в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке А.5;
- 2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;
- 3) при помощи Генератора с учетом коэффициента преобразования ПФМ подать испытательный сигнал $U'_{ном}$ с частотой 42,5 Гц таким образом, чтобы ожидаемое напряжение на выходе ПФМ было равно номинальному значению входного напряжения для поверяемого устройства ESM-ЕТ. При этом $U'_{ном}$ определяется по формуле (3), приведенной в разделе 11;
- 4) при помощи Эталона и мультиметра 3458А (далее – 3458А) произвести измерение напряжения переменного тока на входе и выходе ПФМ соответственно;
- 5) действительные значения коэффициентов деления каналов напряжения ПФМ рассчитать по формуле (4), приведенной в разделе 11;
- 6) повторить п.п. 3)-5) при значениях частоты переменного тока 50 и 57,5 Гц;
- 7) повторить п.п. 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 средние значения коэффициентов деления для каждого канала напряжения ПФМ (3 шт.);
- 9) рассчитать значение коэффициента корректировки для каждого канала напряжения по формуле (5), приведенной в разделе 11;

Примечание – При использовании коэффициента корректировки на него умножаются значения, считанные с Эталона (задаваемые Генератором), или делятся значения, считанные с поверяемого устройства модификации ESM-ЕТ.

10) коэффициенты деления и/или коэффициенты корректировки занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п.п. 4.4.10).

10.3.2.2 Определение значений сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ прово-

дить в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке А.5;
- 2) подготовить к работе и включить приборы согласно руководствам по эксплуатации;
- 3) при помощи Генератора с учетом сопротивления шунтов ПФМ подать испытательный сигнал $I'_{\text{ном}}$ с частотой 42,5 Гц таким образом, чтобы ожидаемое напряжение на выходе ПФМ было равно номинальному значению входного напряжения для поверяемого устройства ESM-ЕТ. При этом $I'_{\text{ном}}$ определяется по формуле (6), приведенной в разделе 11;
- 4) при помощи Эталона произвести измерение силы переменного тока на входе, при помощи 3458А произвести измерение напряжения на выходе ПФМ;
- 5) рассчитать действительные значения сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ по формуле (7), приведенной в разделе 11;
- 6) повторить п.п. 3)-5) при значениях частоты переменного тока 50 Гц и 57,5 Гц.
- 7) повторить п.п. 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 для каждого канала тока ПФМ (3 шт.);
- 9) поскольку в формуле (6) сопротивление шунта находится в делителе, рассчитать значение коэффициента корректировки для каждого канала напряжения по формуле (8), приведенной в разделе 11;

Примечание – При использовании коэффициента корректировки на него умножаются значения, полученные с Эталона (задаваемые Генератором), или делятся значения, полученные с поверяемого устройства ESM-ЕТ.

10) действительные значения сопротивления шунтов и/или коэффициенты корректировки занести в протокол поверки, представленный в Приложении Б (п.п. 4.4.11).

Примечание – Допускается в качестве Генератора и делителя ПФМ использовать генератор со встроенным делителем, например, установку многофункциональную измерительную СМС 256 Plus с возможностью выдавать сигнал через низкоуровневые выходы. Схема подключения представлена на рисунке А.6.

10.3.2.3 Определение погрешностей измерений напряжения, силы тока, углов фазовых сдвигов проводить аналогично п. 10.1.1. Схема подключения представлена на рисунке А.5. При генерации сигнала в качестве номинальных значений напряжения и силы тока использовать значения $U'_{\text{ном}}$ и $I'_{\text{ном}}$, рассчитанные по формулам (3) и (6) соответственно. При задании сигнала Генератором (или при считывании сигнала Эталонном и устройством ESM) необходимо учитывать рассчитанные по формулам (5) и (8) значения коэффициентов корректировки для каждого из каналов тока и напряжения.

10.3.2.4.1 Определение погрешности измерений частоты переменного тока проводить аналогично п. 10.1.2.1. Схема подключения представлена на рисунке А.5. При генерации сигнала в качестве номинального значения напряжения переменного тока использовать значение $U'_{\text{ном}}$, рассчитанное по формуле (3). При задании сигнала Генератором (или при считывании сигнала Эталонном и устройством ESM) необходимо учитывать рассчитанные по формуле (5) значения коэффициентов корректировки для каждого из каналов напряжения.

10.3.2.4.2 Определение допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты переменного тока модификации ESM-ЕТ с поддержкой синхронизированных векторных измерений проводится аналогично п.п. 4)-9) п.10.1.2.1. Схема аналогична схеме на рисунке А.5. При генерации сигнала в качестве номинального значения напряжения переменного тока использовать значение $U'_{\text{ном}}$, рассчитанное по формуле (3). При задании сигнала Генератором (или при считывании сигнала Эталонном и устройством ESM) необходимо учитывать рассчитанные по формуле (5) значения коэффициентов корректировки для каждого из каналов напряжения.

10.3.2.5.1 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности с использованием счетчика импульсов ПТНЧ проводить аналогично п. 10.1.3.1. Схема подключения представлена на рисунке А.5. При генерации сигнала в качестве номинальных значений напряжения и силы тока использовать значения $U'_{\text{ном}}$ и $I'_{\text{ном}}$, рассчитанные по формулам (3) и (6) соответственно. При задании сигнала Генератором (или при считывании сигнала Эталон и устройством ESM) необходимо учитывать рассчитанные по формулам (5) и (8) значения коэффициентов корректировки для каждого из каналов тока и напряжения.

10.3.2.5.2 Определение относительных погрешностей измерений активной и реактивной электрической мощности и энергии, полной электрической мощности без использования счетчика импульсов ПТНЧ проводить аналогично п. 10.1.3.2. Схема подключения представлена на рисунке А.5. При генерации сигнала в качестве номинальных значений напряжения и силы тока использовать значения $U'_{\text{ном}}$ и $I'_{\text{ном}}$, рассчитанные по формулам (3) и (6) соответственно. При задании сигнала Генератором (или при считывании сигнала Эталон и устройством ESM) необходимо учитывать рассчитанные по формулам (5) и (8) значения коэффициентов корректировки для каждого из каналов тока и напряжения.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Формулы, используемые при расчетах:

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}, \quad (1)$$

где $X_{\text{изм}}$ – значение измеряемой величины, считанное с поверяемого устройства;
 $X_{\text{эт}}$ – значение измеряемой величины, установленное по эталонному средству измерения.

$$\delta X = \frac{X_{\text{изм}} - X_{\text{эт}}}{X_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $X_{\text{изм}}$ – значение измеряемой величины, считанное с поверяемого устройства;
 $X_{\text{эт}}$ – значение измеряемой величины, установленное по эталонному средству измерения.

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

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

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

$$K_{U(\text{ПФМ})} = \frac{U_{\text{эталона}}}{U_{3458A}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{эталона}}$ – значение напряжения переменного тока, измеренное при помощи Эталона, В;

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

$$K_U = \frac{K_{U(\text{ПФМ})}}{K_{U(\text{ПФМ})}^*}, \quad (5)$$

где $K_{U(\text{ПФМ})}$ – действительное значение коэффициента деления канала напряжения ПФМ, рассчитанное по формуле (4);

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

$$I'_{\text{ном}} = \frac{U_{I(ET)\text{ном}}}{R_{I(\text{ПФМ})}^*}, \quad (6)$$

где $U_{I(ET)\text{ном}}$ – номинальное 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.

$$R_{I(\text{ПФМ})} = \frac{U_{3458A}}{I_{\text{этало́на}}}, \quad (7)$$

где $I_{\text{этало́на}}$ – значение силы переменного тока, измеренное при помощи Этало́на, В;
 U_{3458A} – значение напряжения переменного тока, измеренное при помощи 3458A, В.

$$K_I = \frac{R_{I(\text{ПФМ})}^*}{R_{I(\text{ПФМ})}}, \quad (8)$$

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

$R_{I(\text{ПФМ})}$ – действительное значение сопротивления шунтов в каналах тока ПФМ, рассчитанное по формуле (7).

11.2 Устройство ESM подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения погрешностей не превышают пределов, указанных в описании типа.

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

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

12.2 При проведении первичной поверки устройств при выпуске из производства до ввода в эксплуатацию на основании выборки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений передаются сведения о результатах поверки всех средств измерений, входящих в партию средств измерений, из которых осуществлялась выборка.

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

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

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

12.6 Протоколы поверки устройства оформляются по форме, приведенной в Приложении Б.

Технический директор ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»

Инженер 2 категории ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»

М. С. Казаков

С. Р. Гиоргадзе

ПРИЛОЖЕНИЕ А **Схемы подключения устройств**

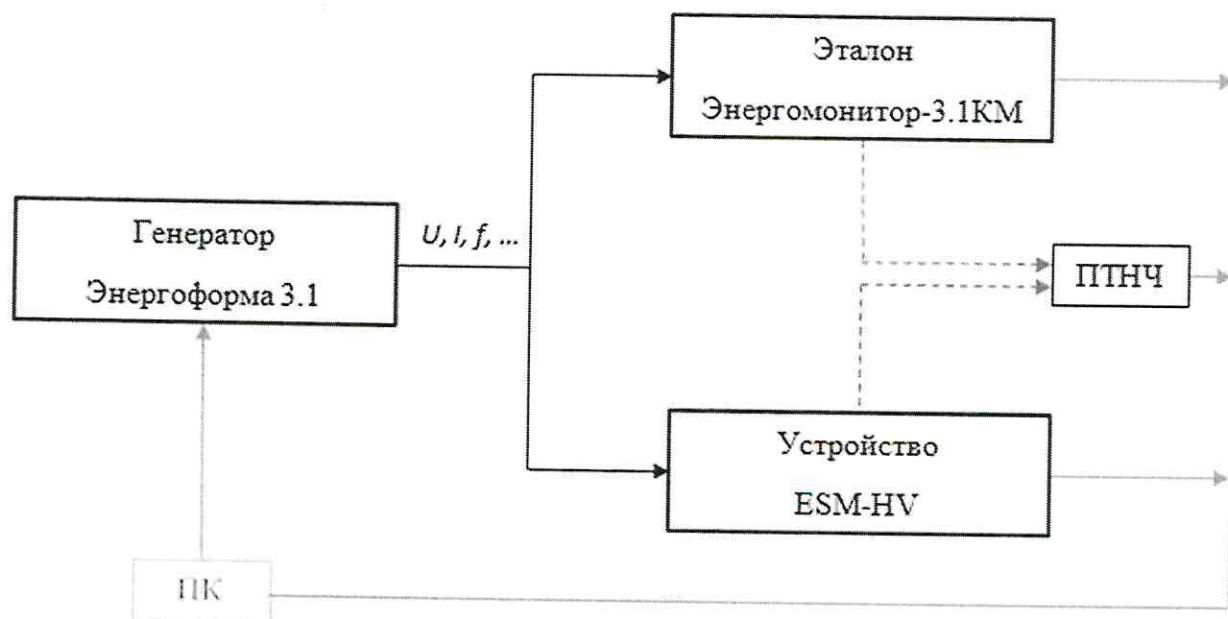


Рисунок А.1 – Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификаций ESM-HV

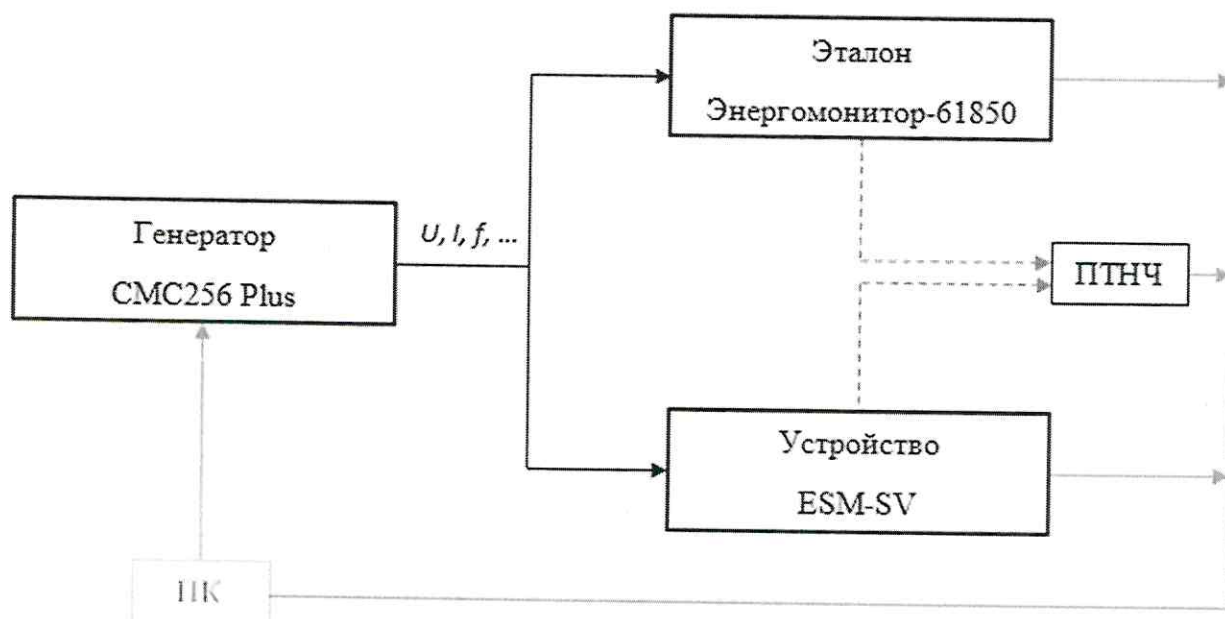


Рисунок А.2 – Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификаций ESM-SV

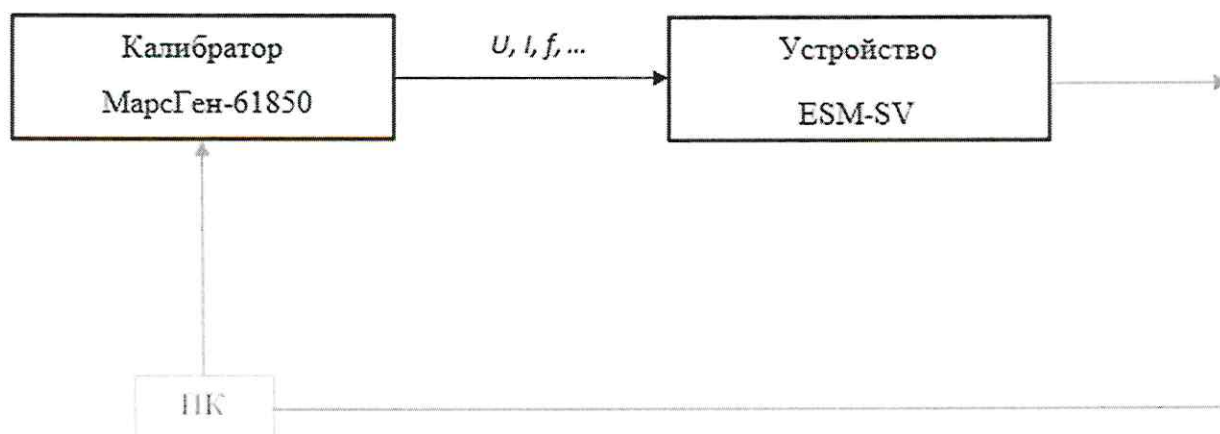


Рисунок А.3– Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификации ESM-SV с помощью калибратора цифровых сигналов

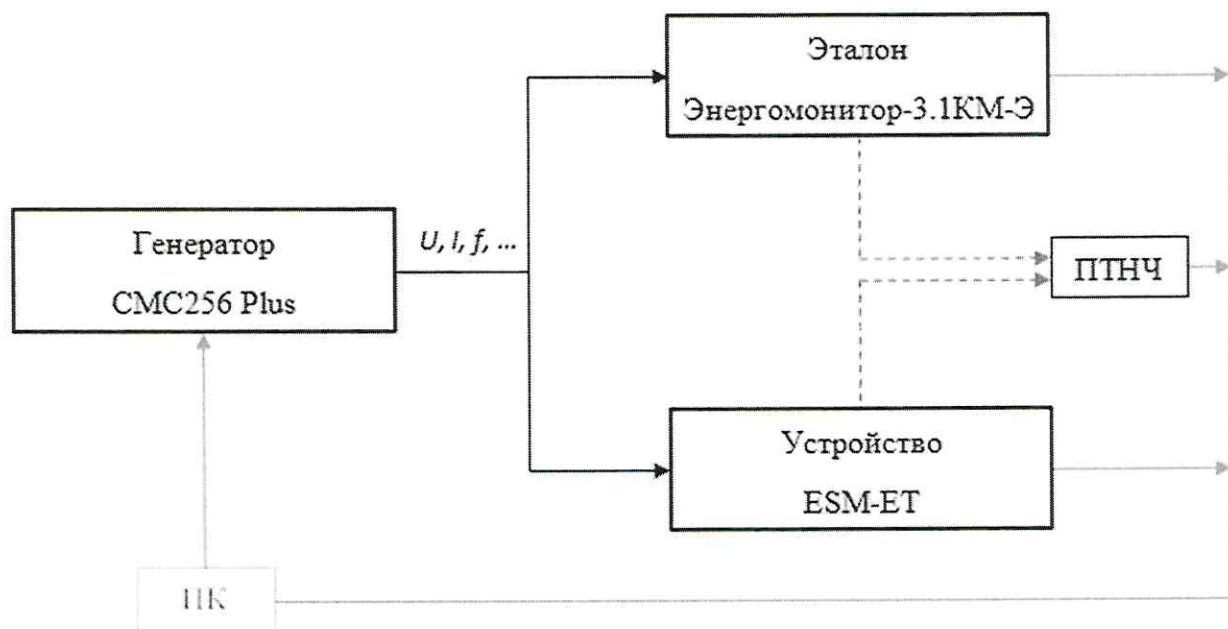


Рисунок А.4 – Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификаций ESM-ET при помощи генератора низкочастотных сигналов

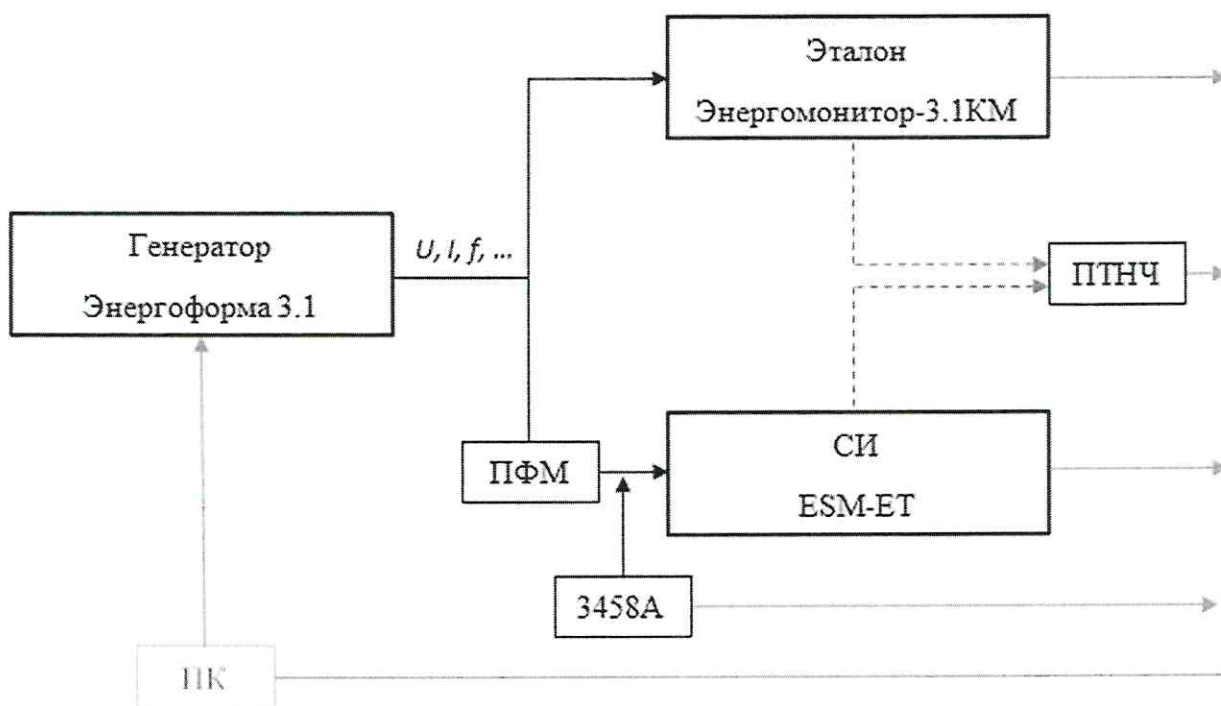


Рисунок А.5 – Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификации ESM-ET при помощи генератора и делителя ПФМ

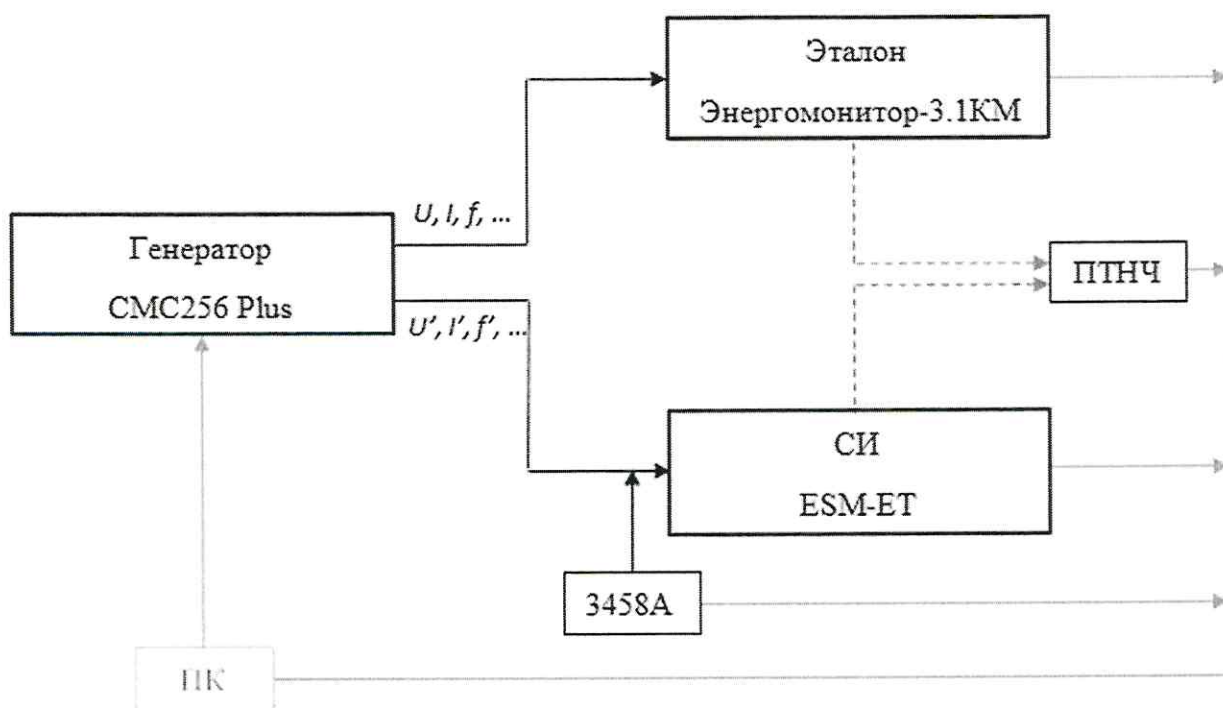


Рисунок А.6 – Схема подключения при проверке метрологических характеристик модификации ESM-ET при помощи генератора со встроенным делителем

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Рекомендуемая форма)

Протокол

поверки устройства измерительного многофункционального ESM

от «__» _____ 202__ г.

1 Поверяемый прибор:

ESM-____-____-____-____

Заводской номер: _____

Год выпуска: _____

Методика поверки: _____

2 Эталонное оборудование:

_____ зав. № _____;

3 Условия поверки:

Температура окружающей среды: _____

Относительная влажность воздуха: _____

Атмосферное давление: _____

4 Результаты поверки:

4.1 Внешний осмотр	соответствует/не соответствует
4.2 Опробование	соответствует/не соответствует
4.3 Идентификация программного обеспечения	соответствует/не соответствует
4.4 Проверка погрешности измерений напряжения, силы тока, частоты, углов фазовых сдвигов, электрической мощности и энергии	соответствует/не соответствует
4.4.1 Измерение фазного напряжения	соответствует/не соответствует
4.4.2 Измерение линейного напряжения	соответствует/не соответствует
4.4.3 Измерение силы тока	соответствует/не соответствует
4.4.4 Измерение углов фазовых сдвигов	соответствует/не соответствует
4.4.5 Измерение частоты	соответствует/не соответствует
4.4.6 Измерение активной мощности	соответствует/не соответствует
4.4.7 Измерение реактивной мощности	соответствует/не соответствует
4.4.8 Измерение суммарной полной мощности	соответствует/не соответствует
4.4.9 Измерение энергии	соответствует/не соответствует
4.4.10 Коэффициенты деления и коэффициенты корректировки каналов напряжения ПФМ	соответствует/не соответствует
4.4.11 Действительные значения сопротивления шунтов и коэффициенты корректировки каналов тока ПФМ	соответствует/не соответствует

4.4.1 Измерение фазного напряжения

4.4.1.1 Измерение напряжения фаза А

№	U_a , В	U_a э, В	U_a изм, В	ΔU_a , В	δU_a , %	Допуск δU_a , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном}}$					
6	$U_{\text{ном}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном}}$					
8	$U_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.1.2 Измерение напряжения фаза В

№	U_b , В	U_b э, В	U_b изм, В	ΔU_b , В	δU_b , %	Допуск δU_b , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном}}$					
6	$U_{\text{ном}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном}}$					
8	$U_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.1.3 Измерение напряжения фаза С

№	U_c , В	U_c э, В	U_c изм, В	ΔU_c , В	δU_c , %	Допуск δU_c , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном}}$					
6	$U_{\text{ном}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном}}$					
8	$U_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.2 Измерение линейного напряжения

4.4.2.1 Измерение линейного напряжения АВ

№	U_{ab} , В	U_{ab} э, В	U_{ab} изм, В	ΔU_{ab} , В	δU_{ab} , %	Допуск δU_{ab} , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном л}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном л}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном л}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном л}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном л}}$					
6	$U_{\text{ном л}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном л}}$					
8	$U_{\text{макс л}}$					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.2.1 Измерение линейного напряжения ВС

№	U_{bc} , В	U_{bc} э, В	U_{bc} изм, В	ΔU_{bc} , В	δU_{bc} , %	Допуск δU_{bc} , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном л}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном л}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном л}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном л}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном л}}$					
6	$U_{\text{ном л}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном л}}$					
8	$U_{\text{макс л}}$					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.2.1 Измерение линейного напряжения СА

№	U_{ca} , В	U_{ca} э, В	U_{ca} изм, В	ΔU_{ca} , В	δU_{ca} , %	Допуск δU_{ca} , %
1	$0,1 \cdot U_{\text{ном л}}$					
2	$0,25 \cdot U_{\text{ном л}}$					
3	$0,5 \cdot U_{\text{ном л}}$					
4	$0,7 \cdot U_{\text{ном л}}$					
5	$0,9 \cdot U_{\text{ном л}}$					
6	$U_{\text{ном л}}$					
7	$1,15 \cdot U_{\text{ном л}}$					
8	$U_{\text{макс л}}$					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.3 Измерение силы тока

4.4.3.1 Измерение силы тока фаза А

№	I_a, A	$I_a \text{ э}, A$	$I_a \text{ изм}, A$	$\Delta I_a, A$	$\delta I_a, \%$	Допуск $\delta I_a, \%$
1	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
2	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
3	$0,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
4	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
5	$0,7 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
6	$I_{\text{НОМ}}$					
7	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
8	$I_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.3.2 Измерение силы тока фаза В

№	I_b, A	$I_b \text{ э}, A$	$I_b \text{ изм}, A$	$\Delta I_b, A$	$\delta I_b, \%$	Допуск $\delta I_b, \%$
1	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
2	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
3	$0,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
4	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
5	$0,7 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
6	$I_{\text{НОМ}}$					
7	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
8	$I_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.3.3 Измерение силы тока фаза С

№	I_c, A	$I_c \text{ э}, A$	$I_c \text{ изм}, A$	$\Delta I_c, A$	$\delta I_c, \%$	Допуск $\delta I_c, \%$
1	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
2	$0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
3	$0,2 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
4	$0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
5	$0,7 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
6	$I_{\text{НОМ}}$					
7	$1,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$					
8	$I_{\text{макс}}$					

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.4 Измерение углов фазовых сдвигов

4.4.4.1 Измерение угла фазового сдвига фаза А

№	$\varphi_a, ^\circ$	$\varphi_{a \text{ э}}, ^\circ$	$\varphi_{a \text{ изм}}, ^\circ$	$\Delta\varphi_a, ^\circ$	Допуск $\Delta\varphi_a, ^\circ$
1	0				
2	30				
3	60				
4	120				
5	-180				
6	-120				
7	-60				
8	-30				

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.4.2 Измерение угла фазового сдвига фаза В

№	$\varphi_b, ^\circ$	$\varphi_{b \text{ э}}, ^\circ$	$\varphi_{b \text{ изм}}, ^\circ$	$\Delta\varphi_b, ^\circ$	Допуск $\Delta\varphi_b, ^\circ$
1	0				
2	30				
3	60				
4	120				
5	-180				
6	-120				
7	-60				
8	-30				

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.4.3 Измерение угла фазового сдвига фаза С

№	$\varphi_c, ^\circ$	$\varphi_{c \text{ э}}, ^\circ$	$\varphi_{c \text{ изм}}, ^\circ$	$\Delta\varphi_c, ^\circ$	Допуск $\Delta\varphi_c, ^\circ$
1	0				
2	30				
3	60				
4	120				
5	-180				
6	-120				
7	-60				
8	-30				

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.5 Измерение частоты

№	U , В	f , Гц	$f_{\text{э}}$, Гц	$f_{\text{изм}}$, Гц	Δf , Гц	Допуск Δf , Гц
1	$U_{\text{ном}}$	42,5				
2		50				
3		57,5				
4	$0,1 \cdot U_{\text{ном}}$	42,5				
5		50				
6		57,5				
7	$U_{\text{макс}}$	42,5				
8		50				
9		57,5				

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.6 Измерение активной мощности

4.4.6.1 Измерение суммарной активной мощности

№	U , В	I , А	φ_{UI} , °	$\cos\varphi$	P_{Σ} , Вт	$P_{изм}$, Вт	ΔP , Вт	δP , %	Допуск, δP , %
1	$U_{\max}$	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
2			30	0,87					
3			180	-1					
4			-150	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
6			30	0,87					
7			120	-0,5					
8			180	-1					
9			-150	-0,87					
10			-60	0,5					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	0	1					
12			30	0,87					
13			120	-0,5					
14			180	-1					
15			-150	-0,87					
16			-60	0,5					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\max}$	0	1					
18			30	0,87					
19			120	-0,5					
20			180	-1					
21			-150	-0,87					
22			-60	0,5					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.6.2 Измерение активной мощности фаза А

№	$U, В$	$I_a, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos\varphi$	$P_{a \text{ э}}, Вт$	$P_{a \text{ изм}}, Вт$	$\Delta P_a, Вт$	$\delta P_a, \%$	Допуск, $\delta P_a, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0	1					
2			30	0,87					
3			180	-1					
4			-150	-0,87					
5	$U_{\text{НОМ}}$	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0	1					
6			30	0,87					
7			120	-0,5					
8			180	-1					
9			-150	-0,87					
10			-60	0,5					
11	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0	1					
12			30	0,87					
13			120	-0,5					
14			180	-1					
15			-150	-0,87					
16			-60	0,5					
17	$0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{макс}}$	0	1					
18			30	0,87					
19			120	-0,5					
20			180	-1					
21			-150	-0,87					
22			-60	0,5					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.6.2 Измерение активной мощности фаза В

№	U , В	I_b , А	φ_{UI} , °	$\cos\varphi$	$Pb_{\text{э}}$, Вт	$Pb_{\text{изм}}$, Вт	ΔPb , Вт	δPb , %	Допуск, δPb , %
1	$U_{\text{макс}}$	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
2			30	0,87					
3			180	-1					
4			-150	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
6			30	0,87					
7			120	-0,5					
8			180	-1					
9			-150	-0,87					
10			-60	0,5					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	0	1					
12			30	0,87					
13			120	-0,5					
14			180	-1					
15			-150	-0,87					
16			-60	0,5					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	0	1					
18			30	0,87					
19			120	-0,5					
20			180	-1					
21			-150	-0,87					
22			-60	0,5					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.6.3 Измерение активной мощности фаза С

№	$U, В$	$I_c, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos\varphi$	$P_c \text{ э, Вт}$	$P_c \text{ изм, Вт}$	$\Delta P_c, Вт$	$\delta P_c, \%$	Допуск, $\delta P_c, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
2			30	0,87					
3			180	-1					
4			-150	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
6			30	0,87					
7			120	-0,5					
8			180	-1					
9			-150	-0,87					
10			-60	0,5					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	0	1					
12			30	0,87					
13			120	-0,5					
14			180	-1					
15			-150	-0,87					
16			-60	0,5					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	0	1					
18			30	0,87					
19			120	-0,5					
20			180	-1					
21			-150	-0,87					
22			-60	0,5					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.7 Измерение реактивной мощности

4.4.7.1 Измерение суммарной реактивной мощности

№	$U, В$	$I, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\sin\varphi$	$Q_{\Sigma}, \text{вар}$	$Q_{\text{изм}}, \text{вар}$	$\Delta Q, \text{вар}$	$\delta Q, \%$	Допуск, $\delta Q, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	90	1					
2			120	0,87					
3			-90	-1					
4			-60	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	30	0,5					
6			90	1					
7			120	0,87					
8			-150	-0,5					
9			-90	-1					
10			-60	-0,87					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	30	0,5					
12			90	1					
13			120	0,87					
14			-150	-0,5					
15			-90	-1					
16			-60	-0,87					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	30	0,5					
18			90	1					
19			120	0,87					
20			-150	-0,5					
21			-90	-1					
22			-60	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.7.2 Измерение реактивной мощности фаза А

№	$U, В$	$I_a, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\sin\varphi$	$Qa, \text{вар}$	$Qa_{\text{изм}}, \text{вар}$	$\Delta Qa, \text{вар}$	$\delta Qa, \%$	Допуск, $\delta Qa, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	90	1					
2			120	0,87					
3			-90	-1					
4			-60	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	30	0,5					
6			90	1					
7			120	0,87					
8			-150	-0,5					
9			-90	-1					
10			-60	-0,87					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	30	0,5					
12			90	1					
13			120	0,87					
14			-150	-0,5					
15			-90	-1					
16			-60	-0,87					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	30	0,5					
18			90	1					
19			120	0,87					
20			-150	-0,5					
21			-90	-1					
22			-60	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.7.3 Измерение реактивной мощности фаза В

№	$U, В$	$I_b, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\sin\varphi$	$Qb, \text{вар}$	$Qb_{\text{изм}}, \text{вар}$	$\Delta Qb, \text{вар}$	$\delta Qb, \%$	Допуск, $\delta Qb, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	90	1					
2			120	0,87					
3			-90	-1					
4			-60	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	30	0,5					
6			90	1					
7			120	0,87					
8			-150	-0,5					
9			-90	-1					
10			-60	-0,87					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	30	0,5					
12			90	1					
13			120	0,87					
14			-150	-0,5					
15			-90	-1					
16			-60	-0,87					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	30	0,5					
18			90	1					
19			120	0,87					
20			-150	-0,5					
21			-90	-1					
22			-60	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.7.4 Измерение реактивной мощности фаза С

№	U , В	I_c , А	φ_{UI} , °	$\sin\varphi$	Q_c , вар	Q_c изм, вар	ΔQ_c , вар	δQ_c , %	Допуск, δQ_c , %
1	$U_{\text{макс}}$	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	90	1					
2			120	0,87					
3			-90	-1					
4			-60	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	30	0,5					
6			90	1					
7			120	0,87					
8			-150	-0,5					
9			-90	-1					
10			-60	-0,87					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	30	0,5					
12			90	1					
13			120	0,87					
14			-150	-0,5					
15			-90	-1					
16			-60	-0,87					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	30	0,5					
18			90	1					
19			120	0,87					
20			-150	-0,5					
21			-90	-1					
22			-60	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.8 Измерение суммарной полной мощности

№	$U, В$	$I, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	$S_{\Sigma}, В \cdot А$	$S_{изм}, В \cdot А$	$\Delta S, В \cdot А$	$\delta S, \%$	Допуск, $\delta, \%$
1	$U_{\max}$	$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0	1	0					
2		$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	30	0,87	0,5					
3		$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	90	0	1					
4		$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	180	-1	0					
5		$0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-150	-0,87	-0,5					
6		$0,02 \cdot I_{\text{НОМ}}$	-90	0	-1					
7	$U_{\text{НОМ}}$	$0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$	0	1	0					
8			30	0,87	0,5					
9			90	0	1					
10			120	-0,5	0,87					
11			180	-1	0					
12			-150	-0,87	-0,5					
13			-90	0	-1					
14			-60	0,5	-0,87					
15	$0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\text{НОМ}}$	0	1	0					
16			30	0,87	0,5					
17			90	0	1					
18			120	-0,5	0,87					
19			180	-1	0					
20			-150	-0,87	-0,5					
21			-90	0	-1					
22			-60	0,5	-0,87					
23	$0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$	$I_{\max}$	0	1	0					
24			30	0,87	0,5					
25			90	0	1					
26			120	-0,5	0,87					
27			180	-1	0					
28			-150	-0,87	-0,5					
29			-90	0	-1					
30			-60	0,5	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.9 Измерение энергии

4.4.9.1 Измерение активной энергии при симметричной нагрузке

№	$U, В$	$I, А$	$\varphi_{UI}, ^\circ$	$\cos\varphi$	$W_{PЭ}, Вт$	$W_{РИЗМ}, Вт$	$\Delta W_P, Вт$	$\delta W_P, \%$	Допуск, $\delta W_P, \%$
1	$U_{\text{макс}}$	$0,01 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
2			30	0,87					
3			180	-1					
4			-150	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	0	1					
6			30	0,87					
7			120	-0,5					
8			180	-1					
9			-150	-0,87					
10			-60	0,5					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	0	1					
12			30	0,87					
13			120	-0,5					
14			180	-1					
15			-150	-0,87					
16			-60	0,5					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	0	1					
18			30	0,87					
19			120	-0,5					
20			180	-1					
21			-150	-0,87					
22			-60	0,5					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.9.2 Измерение реактивной энергии при симметричной нагрузке

№	U , В	I , А	φ_{UI} , °	$\sin\varphi$	$W_{QЭ}$, Вт	$W_{QИЗМ}$, Вт	ΔW_Q , Вт	δW_Q , %	Допуск, δW_Q , %
1	$U_{\text{макс}}$	$0,02 \cdot I_{\text{ном}}$	90	1					
2			120	0,87					
3			-90	-1					
4			-60	-0,87					
5	$U_{\text{ном}}$	$0,05 \cdot I_{\text{ном}}$	30	0,5					
6			90	1					
7			120	0,87					
8			-150	-0,5					
9			-90	-1					
10			-60	-0,87					
11	$0,5 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{ном}}$	30	0,5					
12			90	1					
13			120	0,87					
14			-150	-0,5					
15			-90	-1					
16			-60	-0,87					
17	$0,2 \cdot U_{\text{ном}}$	$I_{\text{макс}}$	30	0,5					
18			90	1					
19			120	0,87					
20			-150	-0,5					
21			-90	-1					
22			-60	-0,87					

Вывод: соответствует/не соответствует

4.4.10 Коэффициенты деления и коэффициенты корректировки каналов напряжения ПФМ

Среднее значение коэффициента деления (для каждого канала напряжения ПФМ):

Значение коэффициента корректировки (для каждого канала напряжения ПФМ):

Вывод: **соответствует/не соответствует**

4.4.11 Действительные значения сопротивления шунтов и коэффициенты корректировки каналов тока ПФМ

Среднее значение сопротивления шунтов (для каждого канала тока ПФМ):

Значение коэффициента корректировки (для каждого канала напряжения ПФМ):

Вывод: **соответствует/не соответствует**

Результат:

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

«__» _____ 202__ г.
дата

подпись поверителя