

---

# Многофункциональное измерительное устройство ESM

---

Руководство по эксплуатации

# Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Введение .....</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>Обозначения и сокращения .....</b>                  | <b>5</b>  |
| <b>1 Описание устройства .....</b>                     | <b>6</b>  |
| 1.1 Общие положения .....                              | 6         |
| 1.2 Модификации и условное обозначение.....            | 7         |
| 1.3 Конструкция и габаритные размеры .....             | 11        |
| <b>2 Метрологические характеристики .....</b>          | <b>15</b> |
| 2.1 Общие положения .....                              | 15        |
| 2.2 ESM-HV.....  | 19        |
| 2.3 ESM-SV .....                                       | 26        |
| 2.4 ESM-ET .....                                       | 31        |
| <b>3 Технические характеристики .....</b>              | <b>38</b> |
| 3.1 Условия эксплуатации.....                          | 38        |
| 3.2 Встроенное программное обеспечение.....            | 39        |
| 3.3 ЭМС .....  | 39        |
| 3.4 Встроенные часы .....                              | 41        |
| 3.5 Питание устройства.....                            | 41        |
| <b>4 Устройство и функциональные возможности .....</b> | <b>43</b> |
| 4.1 Основные сведения.....                             | 43        |
| 4.2 Модули расширения .....                            | 44        |
| 4.3 Интерфейсы и протоколы обмена данными .....        | 44        |
| 4.4 Журналы событий.....                               | 46        |
| 4.5 Мониторинг качества э/э .....                      | 47        |
| 4.6 ESM-ET: низкоуровневые входы .....                 | 47        |
| 4.7 ESM-SV: приём потоков МЭК 61850 9-2 .....          | 49        |
| 4.8 Телесигнализация .....                             | 51        |
| 4.9 Телеуправление.....                                | 52        |
| 4.10 Логические выражения .....                        | 52        |
| <b>5 Модуль индикации .....</b>                        | <b>55</b> |
| <b>6 Комплектность .....</b>                           | <b>56</b> |
| <b>7 Использование по назначению .....</b>             | <b>57</b> |
| 7.1 Указания по эксплуатации.....                      | 57        |
| 7.2 Эксплуатационные ограничения .....                 | 57        |
| 7.3 Подготовка к монтажу.....                          | 57        |
| 7.4 Общие указания по монтажу .....                    | 57        |
| <b>8 Настройка.....</b>                                | <b>59</b> |
| 8.1 Уровни доступа к прибору.....                      | 59        |
| 8.2 Обновление прошивки .....                          | 59        |
| 8.3 Конфигурирование через ПО «ES Конфигуратор» .....  | 60        |
| 8.4 Конфигурирование через WEB-интерфейс.....          | 60        |
| 8.5 Восстановление настроек по умолчанию.....          | 60        |
| <b>9 Техническое обслуживание и ремонт.....</b>        | <b>62</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 9.1 Общие указания .....   | 62        |
| 9.2 Меры безопасности .....  | 62        |
| 9.3 Порядок технического обслуживания.....                                   | 62        |
| <b>10 Маркировка.....</b>  | <b>65</b> |
| <b>11 Пломбирование .....</b>  | <b>66</b> |
| <b>12 Транспортировка и хранение .....</b>                                   | <b>67</b> |
| <b>13 Упаковка .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>Приложение А1. Схемы подключения модификации ESM-HV.....</b>              | <b>69</b> |
| <b>Приложение А2. Структурные схемы подключения модификации ESM-SV .....</b> | <b>71</b> |
| <b>Приложение А3. Структурная схема подключения модификации ESM-ET.....</b>  | <b>74</b> |
| <b>Приложение Б. Схемы пломбировки устройств ESM .....</b>                   | <b>75</b> |

## Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) многофункциональных измерительных устройств ESM (далее – устройств ESM) предназначено для обеспечения потребителя всеми сведениями, необходимыми для правильной эксплуатации устройств. РЭ содержит технические характеристики, описание работы, указания по использованию, техническому обслуживанию, упаковке, транспортированию и хранению, а также схемы подключения устройств ESM к измерительным цепям, цепям питания и цифровым интерфейсам. До начала работы с устройствами ESM необходимо ознакомиться с настоящим РЭ.

### Целевая группа

Настоящее РЭ предназначено для персонала, осуществляющего проектирование, установку, наладку устройств.

### Поддержка

Если у Вас возникли вопросы, относящиеся к устройствам ESM, обращайтесь, пожалуйста, в службу технической поддержки: ООО «Инженерный центр «Энергосервис»:

Официальный сайт: [www.enip2.ru](http://www.enip2.ru)

Телефон: +7 (8182) 65-75-65

Электронная почта: [enip2@ens.ru](mailto:enip2@ens.ru)



**Примечания:** Используйте устройства ESM только по назначению, как указано в настоящем Руководстве. Установка и обслуживание устройств ESM осуществляется только квалифицированным и обученным персоналом.

Устройства ESM должны быть сохранены от ударов.

Подключайте устройства ESM только к источнику питания с напряжением, соответствующим указанному на маркировке.



**Внимание!** В связи с постоянной работой по совершенствованию прибора, в конструкцию и программное обеспечение могут быть внесены изменения, не влияющие на его технические характеристики и не отраженные в настоящем документе.

## Обозначения и сокращения

В настоящем руководстве по эксплуатации применяются следующие обозначения и сокращения:

- DSP – цифровой сигнальный процессор;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- МК – микроконтроллер;
- ПКЭ – показатели качества электроэнергии;
- ПО – программное обеспечение;
- ЭМС – электромагнитная совместимость.

# 1 Описание устройства

## 1.1 Общие положения

### 1.1.1 Устройства ESM предназначены для:

- измерения параметров электрического напряжения, тока, частоты, углов фазовых сдвигов, электрической мощности в трехфазных трехпроводных и четырехпроводных электрических сетях переменного тока с номинальной частотой 50 Гц;
- измерения и контроля показателей качества электроэнергии (далее – ПКЭ) в трехфазных сетях в соответствии с ГОСТ 30804.4.30-2013, ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 30804.4.7-2013 (класс I), ГОСТ Р 8.655-2009, ГОСТ 33073-2014, ГОСТ Р 51317.4.15-2012;
- измерения активной и реактивной электрической энергии в трехфазных сетях переменного тока (коммерческий или технический учет) в соответствии с требованиями ГОСТ 31818.11-2012, ГОСТ 31819.22-2012 и ГОСТ 31819.23-2012;
- передачи измеренных параметров по цифровым интерфейсам RS-485, Ethernet и USB.

### 1.1.2 Устройства ESM могут применяться в составе различных автоматизированных систем, включая системы технологического управления, системы учета электроэнергии, системы мониторинга качества электроэнергии и др.

### 1.1.3 Устройства ESM могут применяться в качестве:

- счетчиков электрической энергии для учета активной энергии в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 31819.22-2012, по классам точности 0,2S или 0,5S, учета реактивной энергии в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ 31819.23-2012, по классам точности 0,5 или 1 в прямом и обратном направлениях;
- средств измерений ПКЭ в соответствии с классами характеристик процесса измерений A или S в соответствии с ГОСТ 30804.4.30-2013, классом I по ГОСТ 30804.4.7-2013;
- щитовых приборов в комплекте с модулем индикации;
- цифровых измерительных преобразователей для измерения и вычисления фазного тока, фазного и линейного напряжения, частоты, углов фазовых сдвигов между фазными токами, фазными напряжениями, напряжением и током фаз, коэффициентов мощности (пофазно и среднего), активной, реактивной и полной мощности (пофазно и суммарных величин).

### 1.1.4 ESM зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений (рег. №66884-17).

### 1.1.5 ESM соответствует требованиям ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» (декларация о соответствии ТС №RU Д-RU.ME83.B.00265 от 25.08.2016 г.).

## 1.2 Модификации и условное обозначение

1.2.1 Устройства ESM выпускаются в 3 основных модификациях, отличающихся видом входного сигнала:

- ESM-HV – подключение к трансформаторам тока по ГОСТ 7746-2001, трансформаторам напряжения по ГОСТ 1983-2001 или прямого включения цепей напряжения;
- ESM-ET – подключение к электронным трансформаторам тока, электронным трансформаторам напряжения, включая электронные трансформаторы тока по ГОСТ Р МЭК 60044-8-2010, электронные трансформаторы напряжения по ГОСТ Р МЭК 60044-7-2010, первичные преобразователи тока малой мощности типа LPCT, датчики тока на основе катушки Роговского, емкостные и резистивные датчики напряжения;
- ESM-SV – подключение к шине процесса согласно IEC 61850-9-2.

1.2.2 Также устройства ESM отличаются набором интерфейсов, напряжением питания, классом характеристик процесса измерений ПКЭ, классами точности по учету электрической энергии.

### Модификация ESM-HV



Рисунок 1.1. Модификация ESM-HV100-220-A2E2-02A.

Данная модификация имеет:

- универсальные токовые входы для подключения к трансформаторам тока по ГОСТ 7746-2001 с номинальным вторичным током 1 А или 5 А;
- входы напряжения, рассчитанные (в зависимости от модификации) для подключения к измерительным трансформаторам напряжения по ГОСТ 1983-2001 с номинальным напряжением вторичных обмоток 57,7 (100) В или прямого включения к сетям с номинальным напряжением 230 (400) В или 400 (690) В.

## Модификация ESM-ET



Рисунок 1.2. Модификация ESM-ET75-220-A2E4-05S.

Модификация ESM-ET предназначена для подключения к электронным трансформаторам тока, электронным трансформаторам напряжения. Подключение производится ко входам ET1, ET2, ET3, ET4.



## Модификация ESM-SV

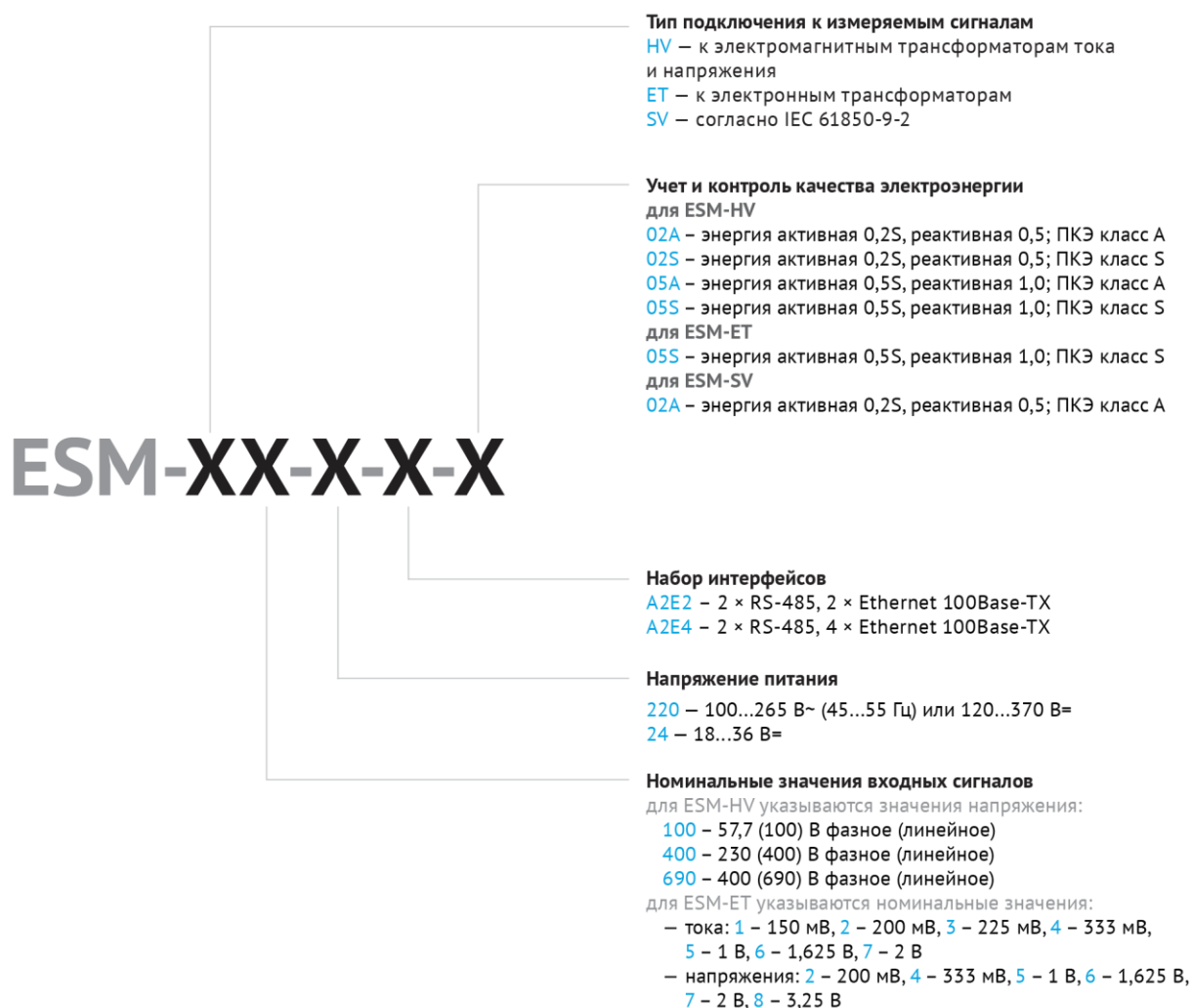


Рисунок 1.3. Модификация ESM-SV-220-A2E4-02A.

Модификация ESM-SV предназначена для подключения к шине процесса согласно IEC 61850-9-2.

Для подключения используются порты «LAN5», «LAN6», «LAN7» – (SV input).

## Структура условного обозначения



Пример записи обозначения устройства ESM:

для подключения к трансформаторам тока по ГОСТ 7746-2001 и трансформаторам напряжения по ГОСТ 1983-2001, с номинальным значением входного напряжения 57,7 (100) В, напряжением питания 100...265 В~, 45...55 Гц или 120...370 В=, с 2 портами RS-485, 4 портами Ethernet 100Base-T, классом точности 0,2S по учету активной энергии, 0,5 по учету реактивной энергии, классом характеристик процесса измерений А при его заказе и в документации другой продукции, в которой он может быть применен:

**«Многофункциональное измерительное устройство**

**ESM-HV100-220-A2E4-02A ТУ 4221-604-53329198-16».**

## Устройство ESM с модулем индикации



Рисунок 1.4. Устройство ESM с модулем индикации ЭНМИ-5.

Любые модификации ESM могут комплектоваться модулем индикации, на котором отображаются результаты измерений и вспомогательная информация. Устройство ESM с модулем индикации предназначено для щитового монтажа.

## 1.3 Конструкция и габаритные размеры

1.3.1 Конструктивно устройства ESM выполнены в литом корпусе из пластмассы, не поддерживающей горение, предназначенном для крепления на DIN-рельс 35 мм. Дополнительно устройства ESM могут комплектоваться модулем индикации, на котором отображаются результаты измерений и вспомогательная информация. Устройства ESM с модулем индикации имеют щитовое крепление (размер отверстия в панели 111x111 мм, толщина панели не более 6 мм). Для обеспечения пломбирования измерительных и интерфейсных цепей может быть применена накладная прозрачная крышка с отверстиями под пломбы. Для осуществления поверки предусмотрены импульсный и оптический выходы.

1.3.2 Габаритные размеры, масса, способ монтажа и степень защиты по ГОСТ 14254-96 (код IP) устройств ESM приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

| Параметр                        | Устройство ESM  | Устройство ESM с модулем индикации ЭНМИ-5                                   |
|---------------------------------|-----------------|---|
| Масса, кг, не более             | 0,6             | 0,9   |
| Габаритные размеры ВШГ, мм      | 75x100x124,5    | 120,2x120,2x151,4   |
| Монтаж                          | DIN-рельс 35 мм | щитовой, размер отверстия в панели 111x111 мм, толщина панели не более 6 мм |
| Степень защиты по ГОСТ 14254-96 | IP40            | IP51 по лицевой панели  |

### 1.3.3 Чертежи устройства ESM и устройства ESM, совмещенного с модулем индикации ЭНМИ-5, приведены на рисунках 1.5., 1.6.

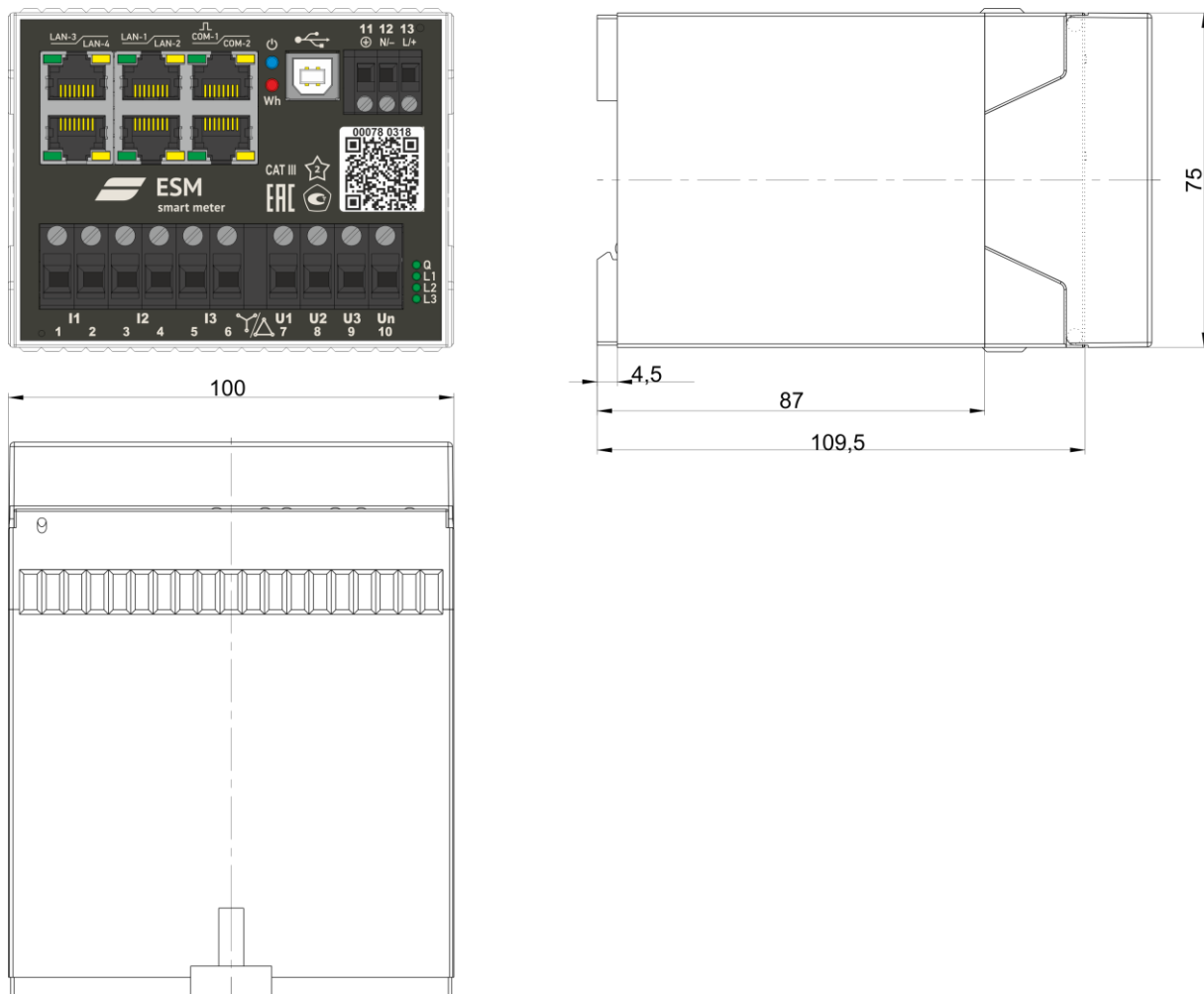


Рисунок 1.5. Габаритные размеры устройства ESM

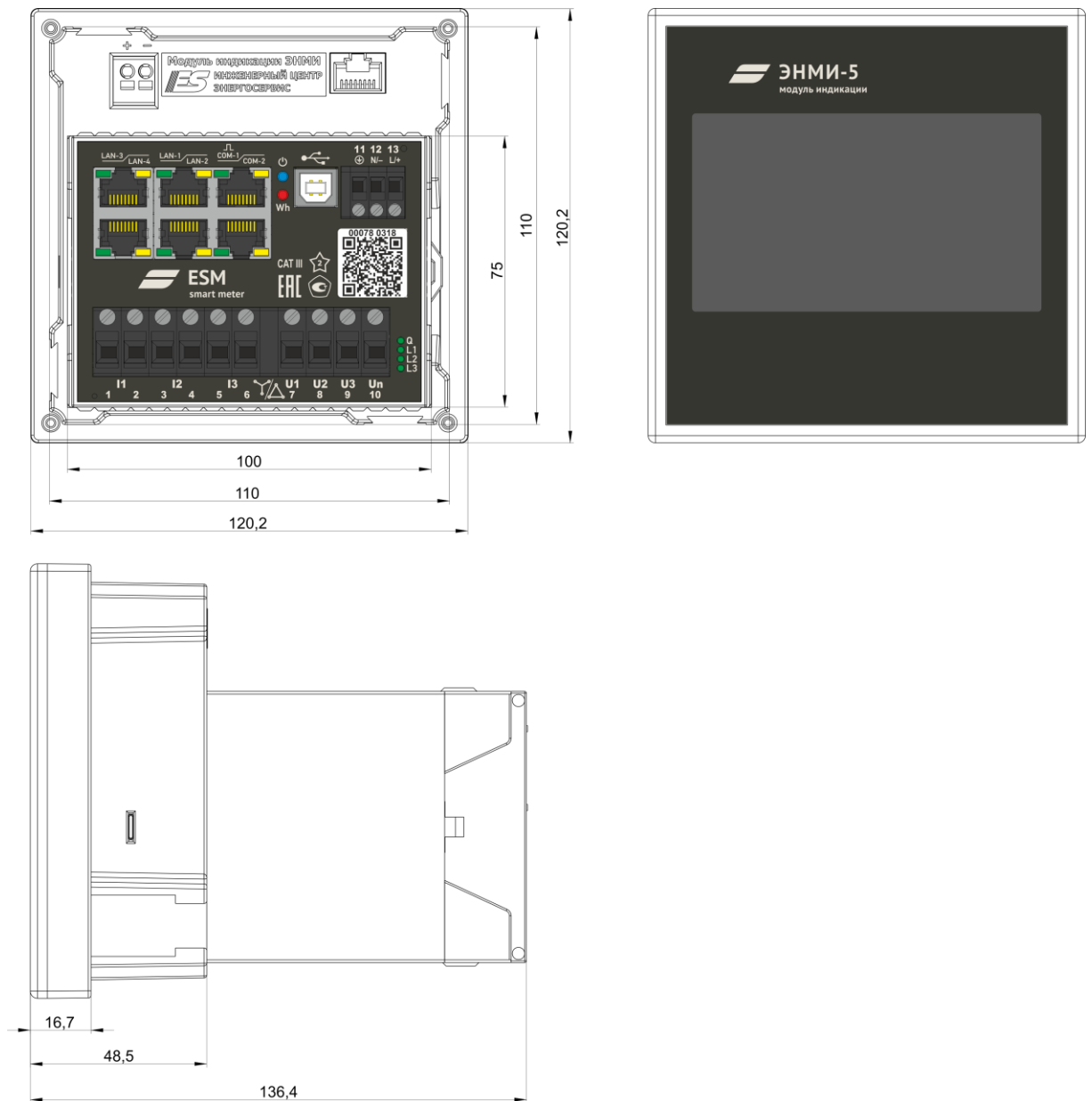


Рисунок 1.6. Габаритные размеры устройства ESM с модулем индикации

1.3.4 На рисунке 1.7. представлена схема установки устройств ESM с модулем индикации в щит с последующей фиксацией зажимами.

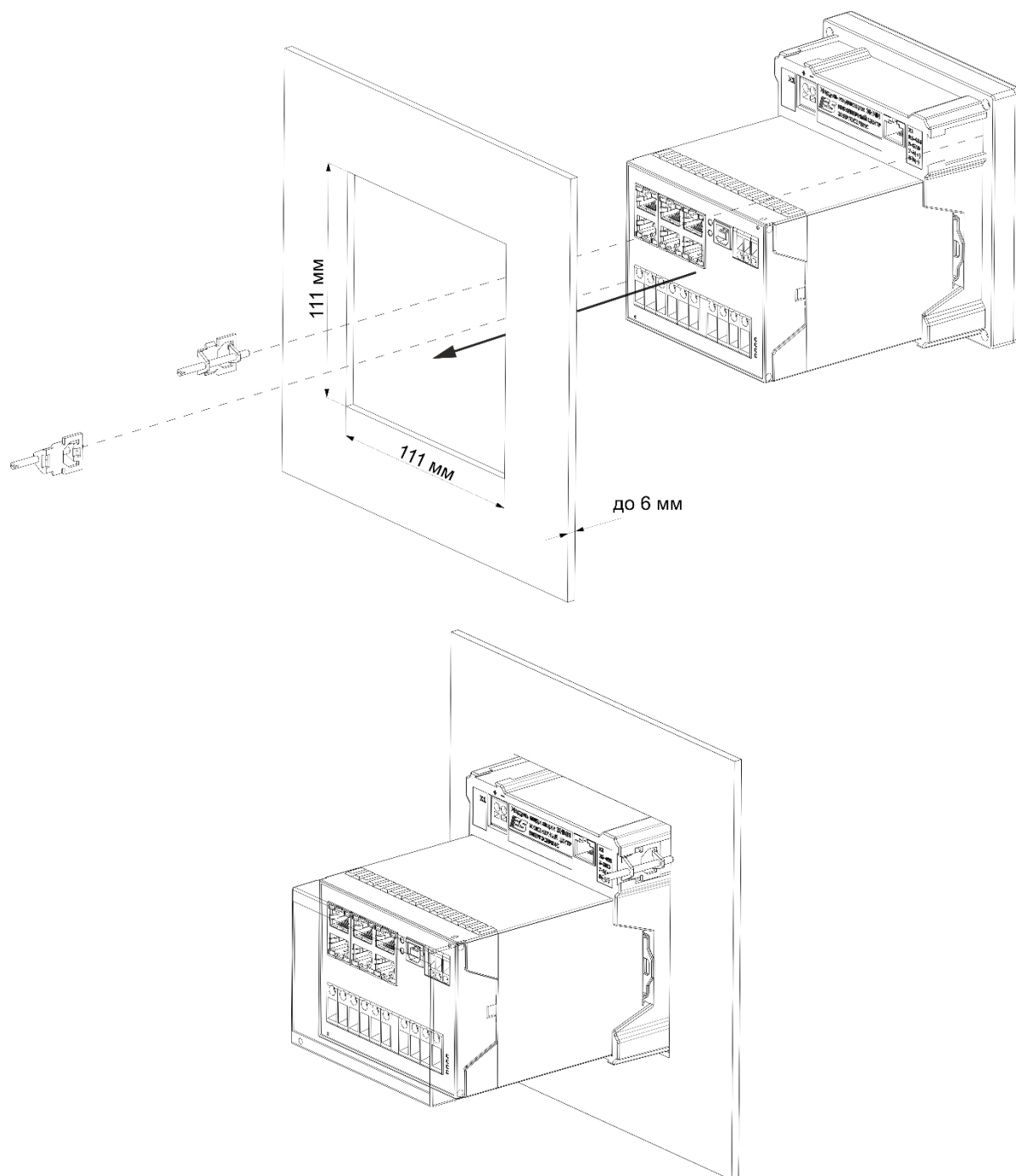


Рисунок 1.7. Схема установки устройства ESM с модулем индикации в щит.

## 2 Метрологические характеристики

### 2.1 Общие положения

2.1.1 Устройства ESM модификаций ESM-HV, ESM-ET, ESM-SV обеспечивают измерение и вычисление параметров в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1

| № п/п                              | Измеряемый параметр  | Обозначение  | Схема подключения для модификации ESM-HV <sup>1)</sup> |
|------------------------------------|--|--|--|
| <b>Параметры напряжения и тока</b> |  |  |  |
| 1                                  | Среднеквадратическое значение фазного напряжения и среднее, В  | $U_A, U_B, U_C, U_{\phi, \text{ср}}$                         | 4  |
| 2                                  | Среднеквадратическое значение линейного напряжения и среднее, В  | $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}, U_{\text{л.ср}}$                    | 3,4  |
| 3                                  | Среднеквадратическое значение фазного напряжения основной частоты, В   | $U_{A(1)}, U_{B(1)}, U_{C(1)}$                               | 4  |
| 4                                  | Среднеквадратическое значение линейного напряжения основной частоты, В   | $U_{AB(1)}, U_{BC(1)}, U_{CA(1)}$                            | 3,4  |
| 5                                  | Положительное отклонение фазного напряжения, %   | $\delta U_{A(+)}, \delta U_{B(+)}, \delta U_{C(+)}$          | 4  |
| 6                                  | Положительное отклонение линейного напряжения, %   | $\delta U_{AB(+)}, \delta U_{BC(+)}, \delta U_{CA(+)}$       | 3,4  |
| 7                                  | Отрицательное отклонение фазного напряжения, %   | $\delta U_{A(-)}, \delta U_{B(-)}, \delta U_{C(-)}$          | 4  |
| 8                                  | Отрицательное отклонение линейного напряжения, %   | $\delta U_{AB(-)}, \delta U_{BC(-)}, \delta U_{CA(-)}$       | 3,4  |
| 9                                  | Установившееся отклонение напряжения, %  | $\delta U_y$   | 3,4  |
| 10                                 | Среднеквадратическое значение напряжения прямой последовательности, В  | $U_1$  | 4  |
| 11                                 | Среднеквадратическое значение напряжения обратной последовательности, В  | $U_2$  | 4  |
| 12                                 | Среднеквадратическое значение напряжения нулевой последовательности, В   | $U_0$  | 4  |
| 13                                 | Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного напряжения ( $n=2...50$ ) и максимальное, В   | $U_{A(n)}, U_{B(n)}, U_{C(n)}$                               | 4  |
| 14                                 | Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей линейного напряжения ( $n=2...50$ ) и максимальное, В | $U_{AB(n)}, U_{BC(n)}, U_{CA(n)}$                            | 3  |
| 15                                 | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного напряжения и максимальный, %                                    | $K_{UA(n)}, K_{UB(n)}, K_{UC(n)}$                            | 4  |
| 16                                 | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей линейного напряжения и максимальный, %                                  | $K_{UAB(n)}, K_{UBC(n)}, K_{UCA(n)}$                         | 3  |
| 17                                 | Коэффициент искажения синусоидальности кривой фазного напряжения, %  | $K_{UA}, K_{UB}, K_{UC}$                                     | 4  |
| 18                                 | Коэффициент искажения синусоидальности кривой линейного напряжения, %  | $K_{UAB}, K_{UBC}, K_{UCA}$                                  | 3  |
| 19                                 | Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %   | $K_{2U}$   | 4  |
| 20                                 | Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, %  | $K_{0U}$   | 4  |
| 21                                 | Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного напряжения (до 50 порядка), В            | $U_{A\text{isg}(m)}, U_{B\text{isg}(m)}, U_{C\text{isg}(m)}$ | 4  |

| №<br>п/п  | Измеряемый параметр   | Обозначение  | Схема<br>подключения<br>для<br>модификации<br>ESM-HV <sup>1)</sup> |
|---|---|--|--|
| 22  | Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей линейного напряжения (до 50 порядка), В | $U_{ABisg(m)}, U_{BCisg(m)}, U_{CAisg(m)}$             | 3  |
| 23  | Угол фазового сдвига между фазными напряжениями основной частоты, °   | $\varphi_{UAB(1)}, \varphi_{UBC(1)}, \varphi_{UCA(1)}$ | 4  |
| 24  | Частота, Гц   | $f$  | 3,4  |
| 25  | Отклонение частоты, Гц  | $\Delta f$   | 3,4  |
| 26  | Среднеквадратическое значение фазного тока и среднее, А   | $I_A, I_B, I_C, I_{cp}$                                | 3 <sup>2)</sup> ,4   |
| 27  | Среднеквадратическое значение фазного тока основной частоты, А  | $I_{A(1)}, I_{B(1)}, I_{C(1)}$                         | 3 <sup>2)</sup> ,4   |
| 28  | Среднеквадратическое значение тока прямой последовательности, А   | $I_1$  | 3,4  |
| 29  | Среднеквадратическое значение тока обратной последовательности, А   | $I_2$  | 3,4  |
| 30  | Среднеквадратическое значение тока нулевой последовательности, А  | $I_0$  | 3,4  |
| 31  | Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного тока, А                              | $I_{A(n)}, I_{B(n)}, I_{C(n)}$                         | 3,4  |
| 32  | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно), %  | $K_{IA(n)}, K_{IB(n)}, K_{IC(n)}$                      | 3,4  |
| 33  | Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока, %   | $K_{IA}, K_{IB}, K_{IC}$                               | 3,4  |
| 34  | Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности, %  | $K_{2I}$   | 3,4  |
| 35  | Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности, %   | $K_{0I}$   | 3,4  |
| 36  | Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного тока (до 50 порядка), А         | $I_{Aisg(m)}, I_{Bisg(m)}, I_{Cisg(m)}$                | 3,4  |
| 37  | Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты, °   | $\varphi_{IAB(1)}, \varphi_{IBC(1)}, \varphi_{ICA(1)}$ | 3,4  |
| 38  | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты, °                                     | $\varphi_{UIA(1)}, \varphi_{UIB(1)}, \varphi_{UIC(1)}$ | 4  |
| 39  | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой, обратной, нулевой последовательности, °         | $\varphi_{U1I1}, \varphi_{U2I2}, \varphi_{U0I0}$       | 4  |
| 40  | Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока, °                  | $\varphi_{UIA(n)}, \varphi_{UIB(n)}, \varphi_{UIC(n)}$ | 4  |
| <b>Параметры провалов и перенапряжений, фликера</b> |   |  |  |
| 41  | Длительность провала напряжения ( $\Delta t_n$ ), с   | $\Delta t_n$   | 3,4  |
| 42  | Глубина провала напряжения ( $\delta U_n$ ), %  | $\delta U_n$   | 3,4  |
| 43  | Длительность прерывания напряжения ( $\Delta t_{пер}$ ), с  | $\Delta t_{пер}$                                       | 3,4  |
| 44  | Длительность временного перенапряжения ( $\Delta t_{пер}$ ), с  | $\Delta t_{пер}$                                       | 3,4  |
| 45  | Коэффициент временного перенапряжения ( $K_{пер}$ ), отн. ед.   | $K_{пер}$  | 3,4  |
| 46  | Кратковременная доза фликера ( $P_{St}$ ), отн. ед.   | $P_{St}$   | 3,4  |
| 47  | Длительная доза фликера ( $P_{Lt}$ ), отн. ед.  | $P_{Lt}$   | 3,4  |
| <b>Параметры электрической мощности</b>             |   |  |  |
| 48  | Коэффициент мощности (пофазно и средний) ( $K_p = P/S$ ), отн. ед.  | $K_{PA}, K_{PB}, K_{PC}, K_{Pcp}$                      | 4  |
| 49  | Активная фазная мощность, Вт  | $P_A, P_B, P_C$  | 4  |
| 50  | Активная трехфазная мощность, Вт  | $P$  | 3,4  |



| №<br>п/п                               | Измеряемый параметр   | Обозначение                             | Схема<br>подключения<br>для<br>модификации<br>ESM-HV <sup>1)</sup> |
|--|---|---|--|
| 51                                     | Активная фазная мощность основной частоты, Вт                                   | $P_{A(1)}, P_{B(1)}, P_{C(1)}$          | 4  |
| 52                                     | Активная трехфазная мощность основной частоты, Вт                               | $P_{(1)}$                               | 3,4  |
| 53                                     | Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей, Вт    | $P_{A(n)}, P_{B(n)}, P_{C(n)}, P_{(n)}$ | 4  |
| 54                                     | Активная мощность прямой, нулевой, обратной последовательности, Вт              | $P_{1(1)}, P_{0(1)}, P_{2(1)}$          | 4  |
| 55                                     | Реактивная фазная мощность, вар   | $Q_A, Q_B, Q_C$                         | 4  |
| 56                                     | Реактивная трехфазная мощность, вар   | $Q$                                     | 3,4  |
| 57                                     | Реактивная фазная мощность основной частоты, вар                                | $Q_{A(1)}, Q_{B(1)}, Q_{C(1)}$          | 4  |
| 58                                     | Реактивная трехфазная мощность основной частоты, вар                            | $Q_{(1)}$                               | 3,4  |
| 59                                     | Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей, вар | $Q_{A(n)}, Q_{B(n)}, Q_{C(n)}, Q_{(n)}$ | 4  |
| 60                                     | Реактивная мощность прямой, нулевой, обратной последовательности, вар           | $Q_{1(1)}, Q_{0(1)}, Q_{2(1)}$          | 4  |
| 61                                     | Полная фазная мощность, В·А   | $S_A, S_B, S_C$                         | 4  |
| 62                                     | Полная трехфазная мощность, В·А   | $S$                                     | 3,4  |
| 63                                     | Полная фазная мощность основной частоты, В·А                                    | $S_{A(1)}, S_{B(1)}, S_{C(1)}$          | 4  |
| 64                                     | Полная трехфазная мощность основной частоты, В·А                                | $S_{(1)}$                               | 3,4  |
| 65                                     | Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей, В·А     | $S_{A(n)}, S_{B(n)}, S_{C(n)}, S_{(n)}$ | 4  |
| 66                                     | Полная мощность прямой, нулевой, обратной последовательности, В·А               | $S_{1(1)}, S_{2(1)}, S_{0(1)}$          | 4  |
| <b>Параметры электрической энергии</b> |   |   |  |
| 67                                     | Активная трехфазная энергия, кВт·ч  | $W_P$                                   | 3,4  |
| 68                                     | Активная трехфазная энергия основной частоты, кВт·ч                             | $W_{P(1)}$                              | 3,4  |
| 69                                     | Активная энергия прямой последовательности, кВт·ч                               | $W_{P1}$                                | 4  |
| 70                                     | Реактивная трехфазная энергия, квар·ч   | $W_Q$                                   | 3,4  |
| 71                                     | Реактивная трехфазная энергия основной частоты, квар·ч                          | $W_{Q(1)}$                              | 3,4  |
| 72                                     | Реактивная энергия прямой последовательности, квар·ч                            | $W_{Q1}$                                | 4  |

<sup>1)</sup> 3 – трехпроводная схема подключения; 4 – четырехпроводная схема подключения;

<sup>2)</sup> Для трехпроводной сети измерение  $I_b$  корректно только при отсутствии  $I_0$ .

## 2.1.2

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 2.2.

Таблица 2.2

| Значение силы тока   | Коэффициент $\sin \varphi$<br>(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  | $\pm 0,8$  |
| $0,10 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$        |  | $\pm 0,5$  |
| $0,10 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$        | 0,25   | $\pm 0,8$  |

- 2.1.3 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 2.3.

Таблица 2.3

| Значение силы тока                                      | Коэффициент $\sin \varphi$<br>(при индуктивной или емкостной нагрузке) | Пределы допускаемой основной 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  | $\pm 0,8$  |

- 2.1.4 Средний температурный коэффициент устройств ESM класса точности 0,5 в температурных поддиапазонах от минус 40 до плюс 70 °С при измерении реактивной энергии прямого и обратного направлений соответствует значениям, указанным в таблице 2.4.

Таблица 2.4

| Значение силы тока                                      | Коэффициент $\sin \varphi$<br>(при индуктивной или емкостной нагрузке) | Средний температурный коэффициент при измерении реактивной энергии и мощности, %/°С, для счетчиков класса точности 0,5 |
|---|--|--|
| $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$ | 1  | $\pm 0,03$   |
| $0,10 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq I_{\text{макс}}$ | 0,5  | $\pm 0,05$   |

- 2.1.5 Устройства ESM позволяют выполнять многотарифный учет энергии в 8 тарифных зонах, по 255 типам дней в 255 сезонах, обеспечивают ведение независимых массивов профилей мощности (активной, реактивной прямого и обратного направления) и четырехквадрантной реактивной энергии с конфигурируемым временем интегрирования:

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 секунд;
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 минут;
- 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 часа.

- 2.1.6 Устройства ESM позволяют осуществлять учет электроэнергии на интервалах времени, на которых были нарушены требования к нормам качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения, установленные в ГОСТ 32144-2013.

- 2.1.7 Глубина хранения приращений активной и реактивной электроэнергии (прием, отдача):

- профиль 1 – 5904 записей (123 дня для получасовых профилей);
- профиль 2 – 1536 записей;
- за сутки – 366 записей;
- за месяц – 120 записей.

Для профилей 1 и 2 может задаваться произвольная продолжительность (из перечня в п. 2.1.5) и набор данных (любые 4 параметра для каждого профиля).

- 2.1.8 Длительность сохранения данных об учтенной энергии, параметров настройки при отключенном питании не менее 20 лет.

- 2.1.9 На основании статистического анализа ПКЭ устройства ESM позволяют формировать протокол проверки качества в соответствии с ГОСТ 33073-2014.
- 2.1.10 Межповерочный интервал для модификаций ESM-HV, ESM-ET – 12 лет, для модификации ESM-SV – 16 лет.

## 2.2 ESM-HV

- 2.2.1 Номинальные значения и диапазоны измеряемых входных сигналов тока и напряжения для модификации ESM-HV установлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

| Параметр  | Значение                               |
|---|--|
| Номинальные значения фазного (линейного) напряжения переменного тока<br>$U_{ном}$ , В <sup>1)</sup> | 57,7 (100);<br>230 (400);<br>400 (690) |
| Номинальное $I_{ном}$ (максимальное $I_{макс}$ ) значения силы переменного тока, А                  | 5 (10)                                 |
| Номинальное значение частоты переменного тока, Гц   | 50                                     |
| Постоянная счетчика настраиваемая в диапазоне, имп/кВт·ч (имп/квар·ч)                               | от 1000 до 100000                      |
| Стартовый ток, А, не менее  | 0,0005                                 |

Примечания

<sup>1)</sup> Определяется в зависимости от исполнения;

- 2.2.2 Модификация ESM-HV имеет универсальную схему подключения к измерительным цепям: трех- или четырехпроводную, которая настраивается программно.
- 2.2.3 Метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-HV установлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6

| № п/п                           | Измеряемый параметр                          | Диапазон измерений | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma$ <sup>1)</sup> , %) | Модификация |
|---------------------------------|--|--------------------|---|-------------|
| Параметры электрической энергии |  |                    |   |             |
| 1                               | Активная электрическая энергия $W_p$ , кВт·ч | ГОСТ 31819.22-2012 | Класс точности:<br>0,2S   | ...-02...   |
|                                 |  |                    | Класс точности:<br>0,5S   | ...-05...   |

| №<br>п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон<br>измерений   | Пределы допускаемой<br>основной погрешности<br>(абсолютной $\Delta$ ,<br>относительной $\delta$ , %;<br>приведенной $\gamma^1$ , %)  | Модификация |
|----------|--|---|--|-------------|
| 2        | Активная трехфазная энергия<br>основной частоты $W_{P(1)}$ ,<br>активная энергия прямой<br>последовательности $W_{P1}$ , кВт·ч | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до<br>$2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до<br>$2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ <sup>7)</sup> | $\pm 0,4 (\delta)$<br>для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$ ; где $K_p = P/S$<br><br>$\pm 0,2 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,3 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_p  < 0,5$ | ...-02...   |
|          |  |   | $\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$ ;<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,6 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_p  < 0,5$                 | ...-05...   |
| 3        | Реактивная электрическая<br>энергия $W_Q$ , квар·ч   | ГОСТ 31819.23-<br>2012  | Класс точности:<br>0,5 <sup>2)</sup>   | ...-02...   |
|          |  |   | Класс точности:<br>1,0   | ...-05...   |

| №<br>п/п                                     | Измеряемый параметр  | Диапазон<br>измерений   | Пределы допускаемой<br>основной погрешности<br>(абсолютной Δ,<br>относительной δ, %;<br>приведенной γ <sup>1</sup> , %)  | Модификация |
|--|--|---|--|-------------|
| 4  | Реактивная трехфазная<br>энергия основной частоты<br>W <sub>Q(1)</sub> , реактивная энергия<br>прямой последовательности<br>W <sub>Q1</sub> , квар·ч | От 0,02·I <sub>ном</sub> до<br>2,0·I <sub>ном</sub><br>От 0,2·U <sub>ном</sub> до<br>2,0·U <sub>ном</sub> <sup>7)</sup> | ± 0,8 (δ)<br>для 0,02·I <sub>ном</sub> ≤ I < 0,05·I <sub>ном</sub> ;<br>0,8 <  sin φ  ≤ 1<br><br>± 0,5 (δ)<br>для 0,05·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,8 <  sin φ  ≤ 1<br><br>± 0,8 (δ)<br>для 0,05·I <sub>ном</sub> ≤ I < 0,1·I <sub>ном</sub> ;<br>0,5 ≤  sin φ  ≤ 0,8<br><br>± 0,5 (δ)<br>для 0,1·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,5 ≤  sin φ  ≤ 0,8<br><br>± 0,8 (δ)<br>для 0,1·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,25 ≤  sin φ  < 0,5 | ...-02...   |
|  |  |   | ± 1,5 (δ)<br>для 0,02·I <sub>ном</sub> ≤ I < 0,05·I <sub>ном</sub> ;<br>0,8 <  sin φ  ≤ 1<br><br>± 1,0 (δ)<br>для 0,05·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,8 <  sin φ  ≤ 1<br><br>± 1,5 (δ)<br>для 0,05·I <sub>ном</sub> ≤ I < 0,1·I <sub>ном</sub> ;<br>0,5 ≤  sin φ  ≤ 0,8<br><br>± 1,0 (δ)<br>для 0,1·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,5 ≤  sin φ  ≤ 0,8<br><br>± 1,5 (δ)<br>для 0,1·I <sub>ном</sub> ≤ I ≤ 2,0·I <sub>ном</sub> ;<br>0,25 ≤  sin φ  < 0,5 | ...-05...   |
| Параметры напряжения и силы переменного тока |  |   |  |             |
| 5  | Среднеквадратическое<br>значение фазного (линейного)<br>напряжения U <sub>ном</sub> , В <sup>3)</sup>  | От 0,1·U <sub>ном</sub> до<br>2·U <sub>ном</sub> <sup>7)</sup>  | ± (0,1+0,01·  U <sub>ном</sub> /U – 1 ) (δ)  | -...А       |
|  |  |   | ± (0,2+0,01·  U <sub>ном</sub> /U – 1 ) (δ)  | -...S       |
| 6  | Среднеквадратическое<br>значение напряжения прямой<br>последовательности U <sub>1</sub> , В  | От 0,1·U <sub>ном</sub> до<br>2·U <sub>ном</sub> <sup>7)</sup>  | ± (0,1+0,01·  U <sub>ном</sub> /U – 1 ) (δ)  | -...А       |
|  |  |   | ± (0,2+0,01·  U <sub>ном</sub> /U – 1 ) (δ)  | -...S       |
| 7  | Среднеквадратическое<br>значение напряжения<br>обратной U <sub>2</sub> , нулевой U <sub>0</sub><br>последовательности, В                             | От 0 до 2·U <sub>ном</sub> <sup>7)</sup>  | ± 0,1 (γ)<br>для 0,5·U <sub>ном</sub> ≤ U ≤ 2,0·U <sub>ном</sub> ;<br>K <sub>2U</sub> <15 %; K <sub>0U</sub> <15 %   | -...А       |
|  |  |   | ± 0,2 (γ)<br>для 0,5·U <sub>ном</sub> ≤ U ≤ 2,0·U <sub>ном</sub> ;<br>K <sub>2U</sub> <15 %; K <sub>0U</sub> <15 %   | -...S       |
| 8  |  | От 0 до 100   | ± 0,1 (Δ)  | -...А       |

| №<br>п/п | Измеряемый параметр   | Диапазон<br>измерений   | Пределы допускаемой<br>основной погрешности<br>(абсолютной $\Delta$ ,<br>относительной $\delta$ , %;<br>приведенной $\gamma^1$ , %)                                      | Модификация    |
|----------|---|---|--|----------------|
|          | Положительное отклонение<br>фазного (линейного)<br>напряжения $\delta U_{(+)}$ , %  |   | $\pm 0,2 (\Delta)$   | -...S          |
| 9        | Отрицательное отклонение<br>фазного (линейного)<br>напряжения $\delta U_{(-)}$ , %  | От 0 до 90  | $\pm 0,1 (\Delta)$   | -...A          |
|          |   |   | $\pm 0,2 (\Delta)$   | -...S          |
| 10       | Установившееся отклонение<br>фазного (линейного)<br>напряжения $\delta U_y$ , %   | От -90 до 100   | $\pm 0,1 (\Delta)$   | -...A          |
|          |   |   | $\pm 0,2 (\Delta)$   | -...S          |
| 11       | Среднеквадратическое<br>значение $n$ -ой гармонической<br>составляющей фазного<br>(линейного) напряжения $U_{(n)}$ <sup>4)</sup><br>( $n=2...50$ ), В         | От 0 до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$                              | $\pm 0,0005 \cdot U_{\text{НОМ}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для<br>$U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$          | -...A<br>-...S |
| 12       | Коэффициент $n$ -ой<br>гармонической составляющей<br>фазного (линейного)<br>напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2...50$ ), %   | От 0 до 50  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{U(n)} < 1 \%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_{U(n)} \geq 1 \%$   | -...A<br>-...S |
| 13       | Коэффициент искажения<br>синусоидальности кривой<br>напряжения $K_U$ , %  | От 0 до 50  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_U < 1 \%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_U \geq 1 \%$   | -...A<br>-...S |
| 14       | Коэффициент несимметрии<br>напряжений по обратной<br>последовательности $K_{2U}$ , %  | От 0 до 20  | $\pm 0,15 (\Delta)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$   | -...A          |
|          |   |   | $\pm 0,3 (\Delta)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$  | -...S          |
| 15       | Коэффициент несимметрии<br>напряжений по нулевой<br>последовательности $K_{0U}$ , %   | От 0 до 20  | $\pm 0,15 (\Delta)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$   | -...A          |
|          |   |   | $\pm 0,3 (\Delta)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$  | -...S          |
| 16       | Среднеквадратическое<br>значение $m$ -ой<br>интергармонической<br>составляющей фазного<br>(линейного) напряжения $U_{\text{isg}(m)}$<br>( $m=0,5...49,5$ ), В | От 0 до<br>$0,15 \cdot U_{\text{НОМ}}$                          | $\pm 0,005 \cdot U_{\text{НОМ}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для<br>$U_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$ | -...A<br>-...S |
| 17       | Угол фазового сдвига между<br>фазными напряжениями<br>основной частоты $\varphi_U$ , °  | От -180 до 180  | $\pm 0,1 (\Delta)$   | -...A<br>-...S |
| 18       | Частота $f$ , Гц  | От 42,5 до 57,5   | $\pm 0,01 (\Delta)$ <sup>7)</sup>  | -...A<br>-...S |
| 19       | Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц  | От минус 7,5 до<br>плюс 7,5                                     | $\pm 0,01 (\Delta)$ <sup>7)</sup>  | -...A<br>-...S |
| 20       | Среднеквадратическое<br>значение силы переменного<br>тока, А <sup>5)</sup>  | От $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до<br>$2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | $\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}} / I - 1 ) (\delta)$  | -...A          |
|          |   |   | $\pm (0,2 + 0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}} / I - 1 ) (\delta)$  | -...S          |
| 21       | Среднеквадратическое<br>значение силы переменного<br>тока прямой<br>последовательности $I_1$<br>основной частоты, А   | От $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до<br>$2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | $\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{НОМ}} / I - 1 ) (\delta)$  | -...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    |
|--|---|-------------------------------------|--|----------------|
| 22   | Среднеквадратическое значение силы переменного тока обратной $I_2$ , нулевой $I_0$ последовательности основной частоты, А                                 | От 0 до $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$  | $\pm 0,1 (\gamma)$   | -...А          |
|  |   |                                     | $\pm 0,2 (\gamma)$   | -...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 $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\delta)$ для $I_{(n)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$                        | -...А<br>-...S |
| 24   | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно) $K_{I(n)}$ %  | От 0 до 50                          | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{I(n)} < 1 \%$<br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_{I(n)} \geq 1 \%$   | -...А<br>-...S |
| 25   | Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %  | От 0 до 50                          | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_I < 1 \%$<br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_I \geq 1 \%$   | -...А<br>-...S |
| 26   | Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности $K_{21}$ , %  | От 0 до 20                          | $\pm 0,15 (\Delta)$  | -...А          |
|  |   |                                     | $\pm 0,3 (\Delta)$   | -...S          |
| 27   | Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности $K_{01}$ , %   | От 0 до 20                          | $\pm 0,15 (\Delta)$  | -...А          |
|  |   |                                     | $\pm 0,3 (\Delta)$   | -...S          |
| 28   | Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного тока $I_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5...49,5$ ), А                              | От 0 до $0,15 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | $\pm 0,005 \cdot I_{\text{НОМ}} (\Delta)$ для $I_{\text{isg}(m)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\delta)$ для $I_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$     | -...А<br>-...S |
| 29   | Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты $\varphi$ , °  | От -180 до 180                      | $\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 0,5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | -...А<br>-...S |
| 30   | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты $\varphi_{U(1)}$ , °   | От -180 до 180                      | $\pm 0,1 (\Delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 1 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$   | -...А<br>-...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 $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\Delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$   | -...А<br>-...S |
| 32   | Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока $\varphi_{U(n)}$ , °  | От -180 до 180                      | $\pm 5 (\Delta)$   | -...А<br>-...S |
| Параметры провалов и перенапряжений, фликера |   |                                     |  |                |
| 33   | Длительность провала напряжения $\Delta t_n$ , с  | От 0,01 до 60                       | $\pm 0,01 (\Delta)$  | -...А<br>-...S |
| 34   | Глубина провала напряжения $\delta U_n$ , %   | От 0 до 100                         | $\pm 0,2 (\Delta)$   | -...А          |
|  |   |                                     | $\pm 1,0 (\Delta)$   | -...S          |
| 35   | Длительность прерывания напряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с  | От 0,02 до 60                       | $\pm 0,1 (\Delta)$   | -...А<br>-...S |

| № п/п                            | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)   | Модификация    |
|----------------------------------|--|---|---|----------------|
| 36                               | Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с   | От 0,01 до 60   | $\pm 0,01 (\Delta)$   | -...A<br>-...S |
| 37                               | 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          |
| 38                               | Кратковременная $P_{\text{St}}$ и длительная $P_{\text{Lt}}$ доза фликера, отн. ед.                                    | От 0,2 до 10  | $\pm 5 (\delta)$  | -...A          |
|                                  |  | От 0,4 до 4   | $\pm 10 (\delta)$   | -...S          |
| Параметры электрической мощности |  |   |   |                |
| 39                               | Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>6)</sup>                                 | от -1 до -0,1<br>от 0,1 до 1  | $\pm 0,01 (\Delta)$   | -...A<br>-...S |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^{7)}$<br>$0,25 \leq  K_P  \leq 1$          | $\pm 0,4 (\delta)$ для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br>$\pm 0,2 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br>$\pm 0,3 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_P  < 0,5$ | -...A<br>-...S |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^{7)}$                                      | $\pm 0,5 (\delta)$  | -...A<br>-...S |
| 42                               | Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $P_{(n)}$ , Вт                                | От $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 1$                | $\pm 5,0 (\delta)$  | -...A<br>-...S |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}^{7)}$<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$ | $\pm 0,8 (\delta)$ для $0,02 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br>$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$  | -...A<br>-...S |



| №<br>п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон<br>измерений   | Пределы допускаемой<br>основной погрешности<br>(абсолютной $\Delta$ ,<br>относительной $\delta$ , %;<br>приведенной $\gamma^1$ , %)                                       | Модификация    |
|----------|--|---|---|----------------|
|          |  |   | $0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,8 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$ |                |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}^7)$                                  | $\pm 0,8 (\delta)$  | -...A<br>-...S |
| 45       | Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $Q_{(n)}$ , вар                     | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$ | $\pm 5,0 (\delta)$  | -...A<br>-...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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}^7)$                                  | $\pm 0,5 (\delta)$  | -...A<br>-...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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}^7)$                                  | $\pm 0,5 (\delta)$  | -...A<br>-...S |
| 48       | Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $S_{(n)}$ , В·А                         | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $0,5 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$                                     | $\pm 5,0 (\delta)$  | -...A<br>-...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 2.2 по 2.4.

<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 среднеквадратического значения напряжения  $U_{\text{ср}}$  (определяется путем расчета среднего арифметического среднеквадратических значений).

<sup>4)</sup> Дополнительно измеряется максимальное значение характеристики за период времени согласно ГОСТ 33073-2014.

<sup>5)</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>6)</sup>  $K_p = \cos \varphi$  при синусоидальном сигнале.

<sup>7)</sup> Для модификации ESM-HV690  $U$  не более  $1,15 \cdot U_{\text{ном}}$

2.2.4 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.

- 2.2.5 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.
- 2.2.6 Самоход устройства ESM модификации ESM-HV без тока нагрузки отсутствует.
- 2.2.7 Полная мощность, потребляемая каждой последовательной цепью устройства ESM-HV при номинальном значении силы тока и номинальном значении частоты, не более 0,1 В·А. Полная мощность, потребляемая каждой параллельной цепью устройства ESM-HV при номинальном значении напряжения и номинальном значении частоты, не более 0,1 В·А.

## 2.3 ESM-SV

- 2.3.1 В модификации ESM-SV номинальные значения измеряемых входных сигналов тока и напряжения определяются потоком данных SV согласно IEC 61850-9-2LE, а также дополнительным программируемым масштабным коэффициентом для номинальных значений силы и напряжения электрического тока из диапазона: от 0,01 до  $10^6$ . Модификация ESM-SV может иметь до трех портов Ethernet, предназначенных для приема цифровых потоков SV. Порты Ethernet могут быть использованы для приема до трех потоков SV, содержащих данные по каждой фазе отдельно. Для потока SV, содержащего данные по всем трем фазам, может быть предусмотрено резервирование, прием осуществляется посредством двух портов Ethernet (от основного и резервного источников). В случае приема трех потоков данных SV, все три источника должны быть синхронизированы от одного источника времени, а сами потоки должны иметь одинаковую частоту дискретизации. Поддерживаемые потоки данных SV256 (256 выборок, частота дискретизации 12800 Гц).
- 2.3.2 Основные метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-SV установлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)   |
|-------|--|---|---|
| 1     | Активная трехфазная энергия $W_p$ , активная трехфазная энергия основной частоты $W_{p(1)}$ , активная энергия прямой последовательности $W_{p1}$ , кВт·ч                      | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ | $\pm 0,4 (\delta)$<br>для $0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$ ; где $K_p = P/S$<br><br>$\pm 0,2 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,3 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_p  < 0,5$                            |
| 2     | Реактивная трехфазная электрическая 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ | $\pm 0,8 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 0,8 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,8 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$ |
| 3     | Среднеквадратическое значение фазного (линейного) напряжения $U_{\text{ном}}$ , В <sup>2)</sup>  | От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$   | $\pm (0,1 + 0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$  |
| 4     | Среднеквадратическое значение напряжения прямой последовательности $U_1$ , В   | От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2 \cdot U_{\text{ном}}$   | $\pm (0,1 + 0,01 \cdot  U_{\text{ном}}/U - 1 ) (\delta)$  |
| 5     | Среднеквадратическое значение напряжения обратной $U_2$ , нулевой $U_0$ последовательности, В  | От 0 до $2 \cdot U_{\text{ном}}$  | $\pm 0,1 (\gamma)$  |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений   | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)  |
|-------|--|--|--|
| 6     | Положительное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(+)}$ , %   | От 0 до 100  | $\pm 0,1 (\Delta)$   |
| 7     | Отрицательное отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_{(-)}$ , %   | От 0 до 90   | $\pm 0,1 (\Delta)$   |
| 8     | Установившееся отклонение фазного (линейного) напряжения $\delta U_y$ , %  | От -90 до 100  | $\pm 0,1 (\Delta)$   |
| 9     | Среднеквадратическое значение $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{(n)}$ <sup>3)</sup> ( $n=2...50$ ), В      | От 0 до $U_{\text{ном}}$                                     | $\pm 0,0005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для<br>$U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$          |
| 10    | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2...50$ ), %                                     | От 0 до 100  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{U(n)} < 1 \%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_{U(n)} \geq 1 \%$   |
| 11    | Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$ , %   | От 0 до 100  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_U < 1 \%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_U \geq 1 \%$   |
| 12    | Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2U}$ , %   | От 0 до 20   | $\pm 0,15 (\Delta)$  |
| 13    | Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0U}$ , %  | От 0 до 20   | $\pm 0,15 (\Delta)$  |
| 14    | Среднеквадратическое значение $m$ -ой интергармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $U_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5...49,5$ ), В | От 0 до $0,15 \cdot U_{\text{ном}}$                          | $\pm 0,005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для<br>$U_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$ |
| 15    | Угол фазового сдвига между фазными напряжениями основной частоты $\varphi_U$ , °   | От -180 до 180   | $\pm 0,1 (\Delta)$   |
| 16    | Частота $f$ , Гц   | От 42,5 до 57,5  | $\pm 0,01 (\Delta)$  |
| 17    | Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц   | От минус 7,5 до плюс 7,5                                     | $\pm 0,01 (\Delta)$  |
| 18    | Среднеквадратическое значение силы переменного тока, А <sup>4)</sup>   | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ | $\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$  |
| 19    | Среднеквадратическое значение силы переменного тока прямой последовательности $I_1$ основной частоты, А  | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ | $\pm (0,1 + 0,005 \cdot  I_{\text{ном}} / I - 1 ) (\delta)$  |
| 20    | Среднеквадратическое значение силы переменного тока обратной $I_2$ , нулевой $I_0$   | От 0 до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$                           | $\pm 0,1 (\gamma)$   |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений                  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^{(1)}$ , %)  |
|-------|--|-------------------------------------|--|
|       | последовательности основной частоты, А   |                                     |  |
| 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 $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5$ ( $\delta$ ) для $I_{(n)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$                        |
| 22    | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей тока (пофазно) $K_{I(n)}$ , %   | От 0 до 100                         | $\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_{I(n)} < 1$ %<br>$\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_{I(n)} \geq 1$ %   |
| 23    | Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %   | От 0 до 100                         | $\pm 0,05$ ( $\Delta$ ) для $K_I < 1$ %<br>$\pm 5$ ( $\delta$ ) для $K_I \geq 1$ %   |
| 24    | Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности $K_{2I}$ , %   | От 0 до 20                          | $\pm 0,15$ ( $\Delta$ )  |
| 25    | Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности $K_{0I}$ , %  | От 0 до 20                          | $\pm 0,15$ ( $\Delta$ )  |
| 26    | 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 $I_{\text{isg}(m)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5$ ( $\delta$ ) для $I_{\text{isg}(m)} \geq 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$     |
| 27    | Угол фазового сдвига между фазными токами основной частоты $\varphi_I$ , °   | От -180 до 180                      | $\pm 0,1$ ( $\Delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 0,5$ ( $\Delta$ ) для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ |
| 28    | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током основной частоты $\varphi_{UI(1)}$ , °   | От -180 до 180                      | $\pm 0,1$ ( $\Delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 1$ ( $\Delta$ ) для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$   |
| 29    | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой $\varphi_{U1I1}$ , обратной $\varphi_{U2I2}$ , нулевой $\varphi_{U0I0}$ последовательности, ° | От -180 до 180                      | $\pm 1,5$ ( $\Delta$ ) для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5$ ( $\Delta$ ) для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$   |
| 30    | Угол фазового сдвига между $n$ -ми гармоническими составляющими фазного напряжения и тока $\varphi_{UI(n)}$ , °  | От -180 до 180                      | $\pm 5$ ( $\Delta$ )   |
| 31    | Длительность провала напряжения $\Delta t_n$ , с   | От 0,01 до 60                       | $\pm 0,01$ ( $\Delta$ )  |
| 32    | Глубина провала напряжения $\delta U_n$ , %  | От 0 до 100                         | $\pm 0,2$ ( $\Delta$ )   |
| 33    | Длительность прерывания напряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с   | От 0,02 до 60                       | $\pm 0,1$ ( $\Delta$ )   |
| 34    | Длительность временного перенапряжения $\Delta t_{\text{пер}}$ , с   | От 0,01 до 60                       | $\pm 0,01$ ( $\Delta$ )  |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений   | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^{(1)}$ , %)   |
|-------|--|--|---|
| 35    | Коэффициент временного перенапряжения $K_{\text{пер}}$ , отн. ед.  | От 1,0 до 2,0  | $\pm 0,002 (\Delta)$  |
| 36    | Кратковременная $P_{\text{St}}$ и длительная $P_{\text{Lt}}$ доза фликера, отн. ед.                                    | От 0,2 до 10   | $\pm 5 (\delta)$  |
| 37    | Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>5)</sup>                                 | От минус 1 до 1  | $\pm 0,01 (\Delta)$   |
| 38    | Активная фазная и трехфазная мощность $P$ , активная фазная и трехфазная мощность основной частоты $P_{(1)}$ , Вт      | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$<br>$0,25 \leq  K_P  \leq 1$          | $\pm 0,4 (\delta)$ для<br>$0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br><br>$\pm 0,2 (\delta)$ для<br>$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,3 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_P  < 0,5$  |
| 39    | Активная мощность прямой $P_{1(1)}$ , нулевой $P_{0(1)}$ , обратной $P_{2(1)}$ последовательности, Вт                  | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$                                      | $\pm 0,5 (\delta)$  |
| 40    | Активная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $P_{(n)}$ , Вт                                | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{ном}}$<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 1$                               | $\pm 5,0 (\delta)$  |
| 41    | Реактивная фазная и трехфазная мощность $Q$ , реактивная фазная и трехфазная мощность основной частоты $Q_{(1)}$ , вар | От $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$ | $\pm 0,8 (\delta)$ для<br>$0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 0,8 (\delta)$ для<br>$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,8 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$ |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %) |
|-------|--|---|---|
| 42    | Реактивная мощность прямой $Q_{1(1)}$ , нулевой $Q_{0(1)}$ , обратной $Q_{2(1)}$ последовательности, вар       | От $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$                 | $\pm 0,8 (\delta)$  |
| 43    | Реактивная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $Q_{(n)}$ , вар                     | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{ном}}$<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$ | $\pm 5,0 (\delta)$  |
| 44    | 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$                 | $\pm 0,5 (\delta)$  |
| 45    | 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$                 | $\pm 0,5 (\delta)$  |
| 46    | Полная фазная и трехфазная мощность $n$ -ой гармонической составляющей $S_{(n)}$ , В·А                         | От $0,01 \cdot I_{\text{ном}}$ до $I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{ном}}$                                     | $\pm 5,0 (\delta)$  |

## 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.

2.3.3 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.

2.3.4 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.

## 2.4 ESM-ET

2.4.1 Номинальные значения измеряемых входных сигналов тока и напряжения для модификации ESM-ET определяются номиналами выходных каналов применяемых электронных трансформаторов.

2.4.2 Модификация ESM-ET имеет:

- до 4 измерительных входов напряжения, рассчитанных на подключение к электронным трансформаторам напряжения. Номинальные значения входных напряжений: 200 мВ; 333 мВ; 1 В; 1,625 В; 2 В; 3,25 В; или указанные значения, разделенные на  $\sqrt{3}$ .
- до 4 измерительных входов тока, рассчитанных на подключение к электронным трансформаторам тока. Номинальные значения входных напряжений: 150 мВ; 200 мВ; 225 мВ; 333 мВ; 1 В; 1,625 В; 2 В.

2.4.3 Метрологические характеристики устройств ESM модификации ESM-ET установлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8

| № п/п                           | Измеряемый параметр   | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)  |
|---------------------------------|---|---|--|
| Параметры электрической энергии |   |   |  |
| 1                               | Активная электрическая энергия $W_p$ , кВт·ч  | ГОСТ Р 56750-2015   | Класс точности:<br>0,5S  |
| 2                               | Активная трехфазная энергия основной частоты $W_{p(1)}$ , активная энергия прямой последовательности $W_{p1}$ , кВт·ч | От $0,01 \cdot I_{ном}$ до $2,0 \cdot I_{ном}$<br>От $0,2 \cdot U_{ном}$ до $2,0 \cdot U_{ном}$ | $\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,01 \cdot I_{ном} \leq I < 0,05 \cdot I_{ном}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$ ;<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ;<br>$0,8 <  K_p  \leq 1$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{ном} \leq I < 0,1 \cdot I_{ном}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,6 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ;<br>$0,5 \leq  K_p  \leq 0,8$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{ном} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{ном}$ ;<br>$0,25 \leq  K_p  < 0,5$ |
| 3                               | Реактивная электрическая энергия $W_Q$ , квар·ч   | ГОСТ Р 56750-2015   | Класс точности:<br>1,0   |



| № п/п  | Измеряемый параметр   | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)   |
|--|---|---|---|
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ | $\pm 1,5 (\delta)$<br>для $0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br><br>$\pm 1,5 (\delta)$<br>для $0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 1,0 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br><br>$\pm 1,5 (\delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$ |
| Параметры напряжения и силы переменного тока |   |   |   |
| 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 $2 \cdot U_{\text{ном}}$  | $\pm 0,2 (\gamma)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$ ;<br>$K_{2U} < 15\%$ ; $K_{0U} < 15\%$  |
| 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> ( $n=2...50$ ), В | От 0 до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$  | $\pm 0,0005 \cdot U_{\text{ном}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для<br>$U_{(n)} \geq 0,01 \cdot U_{\text{ном}}$   |
| 12   | Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей фазного (линейного) напряжения $K_{U(n)}$ ( $n=2...50$ ), %                                | От 0 до 50  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_{U(n)} < 1\%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_{U(n)} \geq 1\%$  |
| 13   | Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения $K_U$ , %  | От 0 до 50  | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_U < 1\%$<br><br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_U \geq 1\%$  |
| 14   | Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности $K_{2U}$ , %  | От 0 до 20  | $\pm 0,3 (\Delta)$<br>для $0,5 \cdot U_{\text{ном}} \leq U \leq 2,0 \cdot U_{\text{ном}}$   |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений   | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)  |
|-------|--|--|--|
| 15    | Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности $K_{0U}$ , %  | От 0 до 20   | $\pm 0,3 (\Delta)$<br>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 $U_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5...49,5$ ), В | От 0 до $0,15 \cdot U_{\text{НОМ}}$                          | $\pm 0,005 \cdot U_{\text{НОМ}} (\Delta)$<br>для $U_{(n)} < 0,01 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\delta)$ 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   | $\pm 0,1 (\Delta)$   |
| 18    | Частота $f$ , Гц   | От 42,5 до 57,5  | $\pm 0,01 (\Delta)$  |
| 19    | Отклонение частоты $\Delta f$ , Гц   | От минус 7,5 до плюс 7,5                                     | $\pm 0,01 (\Delta)$  |
| 20    | Среднеквадратическое значение силы переменного тока, $A^4$   | 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 $I_{(n)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\delta)$ 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 $K_{I(n)} < 1 \%$<br>$\pm 5 (\delta)$ для $K_{I(n)} \geq 1 \%$   |
| 25    | Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока $K_I$ , %   | От 0 до 50   | $\pm 0,05 (\Delta)$ для $K_I < 1 \%$<br>$\pm 5 (\delta)$ 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 $I_{\text{isg}(m)}$ ( $m=0,5...49,5$ ), А                   | От 0 до $0,15 \cdot I_{\text{НОМ}}$                          | $\pm 0,005 \cdot I_{\text{НОМ}} (\Delta)$ для $I_{\text{isg}(m)} < 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 5 (\delta)$ 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   | $\pm 0,1 (\Delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 0,5 (\Delta)$<br>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   | $\pm 0,1 (\Delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>$\pm 1 (\Delta)$<br>для $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$   |

| № п/п  | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)  |
|--|--|---|--|
| 31   | Угол фазового сдвига между фазным напряжением и током прямой $\varphi_{U1I1}$ , обратной $\varphi_{U2I2}$ , нулевой $\varphi_{U0I0}$ последовательности, ° | От -180 до 180  | $\pm 1,5 (\Delta)$<br>для $0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2 \cdot I_{\text{ном}}$<br><br>$\pm 5 (\Delta)$<br>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 $\varphi_{U(n)}$ , °   | От -180 до 180  | $\pm 5 (\Delta)$   |
| Параметры провалов и перенапряжений, фликера |  |   |  |
| 33   | Длительность провала напряжения $\Delta t_n$ , с   | От 0,01 до 60   | $\pm 0,01 (\Delta)$  |
| 34   | Глубина провала напряжения $\delta U_n$ , %  | 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   | $\pm 10 (\delta)$  |
| Параметры электрической мощности             |  |   |  |
| 39   | Коэффициент мощности (пофазно и средний) $K_P$ ( $K_P = P/S$ ), отн. ед. <sup>5)</sup>   | от -1 до -0,1<br>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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{ном}}$<br>$0,25 \leq  K_P  \leq 1$ | $\pm 0,4 (\delta)$ для<br>$0,01 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br><br>$\pm 0,2 (\delta)$ для<br>$0,05 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,8 <  K_P  \leq 1$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,3 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 0,8$<br><br>$\pm 0,5 (\delta)$ для<br>$0,1 \cdot I_{\text{ном}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{ном}}$ ;<br>$0,25 \leq  K_P  < 0,5$ |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$<br>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 $0,5 \cdot I_{\text{ном}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{ном}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{ном}}$<br>$0,5 \leq  K_P  \leq 1$  | $\pm 5,0 (\delta)$   |
| 43   | Реактивная фазная и трехфазная мощность $Q$ , реактивная фазная и  | От $0,02 \cdot I_{\text{ном}}$ до $2,0 \cdot I_{\text{ном}}$  | $\pm 0,8 (\delta)$ для<br>$0,02 \cdot I_{\text{ном}} \leq I < 0,05 \cdot I_{\text{ном}}$ ;   |

| № п/п | Измеряемый параметр  | Диапазон измерений  | Пределы допускаемой основной погрешности (абсолютной $\Delta$ , относительной $\delta$ , %; приведенной $\gamma^1$ , %)  |
|-------|--|---|--|
|       | трехфазная мощность основной частоты $Q_{(1)}$ , вар   | От $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  \leq 1$  | $0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,8 <  \sin \varphi  \leq 1$<br>$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,05 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,1 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br>$\pm 0,5 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I \leq 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 0,8$<br>$\pm 0,8 (\delta)$ для $0,1 \cdot I_{\text{НОМ}} \leq I < 2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ;<br>$0,25 \leq  \sin \varphi  < 0,5$ |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>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 $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$<br>$0,5 \leq  \sin \varphi  \leq 1$ | $\pm 5,0 (\delta)$   |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $2,0 \cdot U_{\text{НОМ}}$                                     | $\pm 0,5 (\delta)$   |
| 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 $2,0 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>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 $0,5 \cdot I_{\text{НОМ}}$<br>От $0,1 \cdot U_{\text{НОМ}}$ до $0,5 \cdot U_{\text{НОМ}}$                                     | $\pm 5,0 (\delta)$   |

## 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.

- 2.4.4 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.
- 2.4.5 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.

## 3 Технические характеристики

### 3.1 Условия эксплуатации

3.1.1 Нормальные и рабочие условия применения устройств ESM приведены в таблице 3.1.  
Таблица 3.1

| Параметр                               | Нормальные условия | Рабочие условия      |
|--|--------------------|----------------------|
| Температура окружающего воздуха, °C    | +15...+25          | -40...+70*           |
| Относительная влажность воздуха, %     | до 98 при +25 °C   |                      |
| Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | 80-106,7 (600-800) | 65-106,7 (487,5-800) |

\* Примечание: для устройства ESM с модулем индикации ЭНМИ-5 от минус 20 до плюс 55 °C

3.1.2 Сопротивление изоляции между каждой независимой цепью (гальванически не связанной с другими цепями) и корпусом, соединенным со всеми остальными независимыми цепями, устройства ESM более 100 МОм при напряжении постоянного тока 500 В.

3.1.3 Электрическая прочность изоляции устройства ESM соответствует требованиям ГОСТ IEC 60255-5-2014:

- электрическая изоляция между портом электропитания и корпусом выдерживает без повреждений испытательное напряжение действующим значением 2,0 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин;
- электрическая изоляция между интерфейсными цепями RS-485, Ethernet по отношению ко всем остальным независимым цепям и корпусу выдерживает без повреждений испытательное напряжение действующим значением 0,5 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин;
- электрическая изоляция между измерительными цепями напряжения и тока по отношению ко всем остальным независимым цепям и корпусу выдерживает без повреждений испытательное напряжение действующим значением:
  - 2,0 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин (для модификации ESM-HV);
  - 0,5 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин (для модификации ESM-ET).

3.1.4 Устройства ESM выдерживают влияние кратковременных перегрузок, указанных в таблице 3.2.

Таблица 3.2

| № | Значение силы тока        | Значение напряжения      | Число перегрузок | Длительность каждой перегрузки, с | Интервал между последовательными перегрузками, с |
|---|---------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | $7 \cdot I_{\text{НОМ}}$  | $U_{\text{НОМ}}$         | 2                | 15                                | 60   |
| 2 | $10 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | $U_{\text{НОМ}}$         | 1                | 15                                | -  |
| 3 | $40 \cdot I_{\text{НОМ}}$ | $U_{\text{НОМ}}$         | 1                | 1                                 | -  |
| 4 | $I_{\text{НОМ}}$          | $2 \cdot U_{\text{НОМ}}$ | 1                | 60                                | -  |

3.1.5 Режим работы устройств ESM непрерывный. Продолжительность непрерывной работы неограниченная.

3.1.6 Время установления рабочего режима (предварительного прогрева) не более 5 мин.

- 3.1.7 Норма средней наработки на отказ не менее 170 000 часов для модификаций ESM-HV, ESM-ET и 220 000 для модификации ESM-SV в условиях эксплуатации.
- 3.1.8 Устройства ESM являются восстанавливаемыми, ремонтируемыми изделиями. Среднее время восстановления работоспособного состояния устройств ESM составляет не более 1 часа.
- 3.1.9 Средний срок службы не менее 25 лет.
- 3.1.10 Устройства ESM по степени защиты от поражения электрическим током соответствуют классу защиты I по ГОСТ 12.2.091-2012.

## 3.2 Встроенное программное обеспечение

В устройстве ESM управление работой выполняет микроконтроллер, в который в процессе изготовления загружается встроенное программное обеспечение, являющееся метрологически значимым.

Влияние встроенного ПО учтено при нормировании метрологических и технических характеристик устройств ESM.

Встроенное ПО аппаратно защищено от случайных и преднамеренных изменений, что исключает возможность его несанкционированной настройки и вмешательства, приводящих к искажению результатов измерений. Для защиты ПО применяются следующие меры: отсутствие возможности изменения ПО без вскрытия пломбируемой крышки устройства ESM, наличие аппаратной защиты от считывания микропрограммы из памяти микроконтроллера (обеспечивается возможностями микроконтроллера).

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

| Идентификационные данные (признаки)       |                 | Значение        |
|---|-----------------|-----------------|
| Идентификационное наименование ПО         | ESM.Meter.mhx   | ESM.SVMeter.mhx |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | не ниже 1.0.0.0 | не ниже 1.0.0.0 |
| Цифровой идентификатор ПО                 | -               | -               |

Указанное ПО является метрологически значимым, встроенным (инсталлированным) в устройство ESM. Уровень защиты от непреднамеренных и преднамеренных изменений – «высокий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Для настройки устройств ESM и считывания результатов измерений предназначено ПО «ES Конфигуратор». Данное ПО не является метрологически значимым.

## 3.3 ЭМС

Устройства ESM соответствуют требованиям по ЭМС, регламентированным стандартами ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014, ГОСТ Р 51317.6.5-2006 и СТО 56947007-29.240.044-2010, с уровнями воздействий, приведенными в таблице 3.4.

Таблица 3.4

| №        | Методы и виды испытаний   | Величины воздействий на порты устройства ESM   |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
|----------|---|--|--|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------|------------|
|          |   | = 220 В  | ~ 220 В  | AI                                   | RS-485                             | Ethernet                         | Корпус | Заземл     |
| 1        | ГОСТ 30804.4.11-2013<br>Провалы и прерывания напряжения электропитания:<br>- провалы напряжения на 0,2Uном<br>- провалы напряжения на 0,3Uном<br>- провалы напряжения на 0,6Uном<br>- прерывания напряжения<br>- прерывания напряжения<br>- выбросы напряжения на 0,2Uном | 5,0 с<br>Соотв. А<br>1,0 с<br>Соотв. А<br>0,1 с<br>Соотв. А<br>-<br>0,5 с<br>Соотв. В<br>- | 5,0 с<br>Соотв. А<br>1,0 с<br>Соотв. А<br>1,0 с<br>Соотв. А<br>0,1 с<br>Соотв. А<br>1,0 с<br>Соотв. В<br>2,0 с<br>Соотв. А | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 2        | ГОСТ Р 51317.4.17-2000<br>Пульсации напряжения питания постоянного тока   | 10%<br>Соотв. А  | -  | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 3        | ГОСТ Р 51317.4.16-2000<br>Низкочастотные кондуктивные помехи<br>Кратковременные 50 Гц<br>Длительные 50 Гц<br>Длительные в полосе частот от 0,015 до 150 кГц   | 300 В<br>30 В<br>30-3-3-30 В   | 300 В<br>30 В<br>30-3-3-30 В   | 300 В<br>30 В<br>30-3-3-30 В         | 300 В<br>30 В<br>30-3-3-30 В       | 300 В<br>30 В<br>30-3-3-30 В     | -      | -          |
| Соотв. А |   |  |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
| 4        | ГОСТ Р 51317.4.5-99<br>Микросекундные импульсные помехи большой энергии<br>«Провод-провод»<br>«Провод-земля»  | 4,0 кВ<br>4,0 кВ   | 4,0 кВ<br>4,0 кВ   | 4,0 кВ<br>4,0 кВ                     | 4,0 кВ<br>4,0 кВ (Э)               | 2,0 кВ<br>2,0 кВ (Э)             | -      | -          |
| Соотв. А |   |  |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
| 5        | ГОСТ Р 30804.4.4-2013<br>Наносекундные импульсные помехи  | 4,0 кВ   | 4,0 кВ   | 4,0 кВ (К)                           | 4,0 кВ (Э)                         | 4,0 кВ (Э)                       | -      | 4,0 кВ (К) |
| Соотв. А |   |  |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
| 6        | ГОСТ Р 51317.4.12-99 Затухающие импульсные помехи<br>Одиночные «Провод-провод»<br>Одиночные «Провод-земля»<br>Повторяющиеся «Провод-провод»<br>Повторяющиеся «Провод-земля»   | 2,0 кВ<br>4,0 кВ<br>1,0 кВ<br>2,5 кВ   | 2,0 кВ<br>4,0 кВ<br>1,0 кВ<br>2,5 кВ   | 2,0 кВ<br>4,0 кВ<br>1,0 кВ<br>2,5 кВ | -<br>4,0 кВ (Э)<br>-<br>2,5 кВ (Э) | -<br>4,0 кВ(Э)<br>-<br>2,5 кВ(Э) | -      | -          |
| Соотв. А |   |  |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
| 7        | ГОСТ Р 51317.4.6-99<br>Кондуктивные помехи в диапазоне от 0,15 до 80 МГц  | 10 В   | 10 В   | 10 В (К)                             | 10 В (Э)                           | 10 В (Э)                         | -      | 10 В       |
| Соотв. А |   |  |  |                                      |                                    |                                  |        |            |
| 8        | ГОСТ Р 51317.4.14-2000<br>Колебания напряжения в сети электропитания перем. тока  | -  | ± 20 %<br>Соотв. А   | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 9        | ГОСТ Р 51317.4.28-2000<br>Изменение частоты сети электропитания перем. тока   | -  | ± 15 %<br>1 с<br>Соотв. А  | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 10       | ГОСТ 30804.4.13-2013<br>Искажение синусоидальности напряжения электропит-я  | -  | Класс 3<br>± 25 %<br>Соотв. А  | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 11       | ГОСТ 30804.3.2-2013. Эмиссия гармонических составляющих тока в сеть электропитания  | -  | Класс А<br>Соотв.  | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |
| 12       | ГОСТ 30804.3.3-2013. Колебания напряжения и фликер, вызываемые в сети электропитания  | -  | PST<1,<br>PLT<0,65<br>Соотв.   | -                                    | -                                  | -                                | -      | -          |



| №  | Методы и виды испытаний  | Величины воздействий на порты устройства ESM |                   |    |        |          |  |        |
|--|--|--|-------------------|----|--------|----------|--|--------|
|  |  | = 220 В                                      | ~ 220 В           | АI | RS-485 | Ethernet | Корпус                                 | Заземл |
| 13   | ГОСТ 30804.4.2-2013<br>Электростатические разряды (ЭСР) непосредственно на корпуса, с интервалами между импульсами 10 с<br>«контактный разряд»<br>«воздушный разряд» | -  | -                 | -  | -      | -        | 6 кВ<br>8 кВ<br>Соотв.                 | -      |
| 14   | ГОСТ Р 50648-94 Магнитные поля промышленной частоты (МППЧ) в трёх взаимно-перпендикулярных плоскостях длительно<br>кратковременно 3 с                                | -  | -                 | -  | -      | -        | 100 А/м<br>1000 А/м<br>Соотв. А        | -      |
| 15   | ГОСТ Р 50649-94 Импульсные магнитные поля (ИМП) в трёх взаимно-перпендикулярных плоскостях   | -  | -                 | -  | -      | -        | 1000 А/м<br>Соотв. А                   | -      |
| 16   | ГОСТ 30804.4.3-2013<br>Радиочастотное электромагнитное поле (РЧПП)<br>(80-1000) МГц<br>(800-960) МГц<br>(1400-2000) МГц  | -  | -                 | -  | -      | -        | 10 В/м<br>10 В/м<br>10 В/м<br>Соотв. А | -      |
| 17   | ГОСТ Р 50652-94 Затухающее импульсное магнитное поле в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях  | -  | -                 | -  | -      | -        | 100 А/м<br>Соотв. А                    | -      |
| 18   | ГОСТ 30805.22-2013<br>Эмиссия промышленных радиопомех в полосе частот от 0,15 до 30 МГц  | Класс А<br>Соотв.                            | Класс А<br>Соотв. | -  | -      | -        | -                                      | -      |
|  | Эмиссия промышленных радиопомех в полосе частот от 30 до 1000 МГц  | -  | -                 | -  | -      | -        | Класс А<br>Соотв.                      | -      |
| (К) – помеха подается через электромагнитные клещи;<br>(Э) – помеха подается на экран кабеля;<br>АI – аналоговые входы модификации ESM-HV;<br>=220В, ~220В – порты электропитания постоянного и переменного тока |  |  |                   |    |        |          |  |        |

### 3.4 Встроенные часы

3.4.1 Синхронизация внутренних часов устройств ESM обеспечивается по одному из следующих протоколов: ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004, SNTP.

3.4.2 Отклонение времени внутренних часов устройства ESM от астрономического при наличии внешней синхронизации составляет не более  $\pm 1$  мс. При отсутствии внешней синхронизации отклонение времени внутренних часов устройства ESM не превышает  $\pm 0,4$  с/сутки.

### 3.5 Питание устройства


3.5.1 Требования к источнику питания для устройств ESM приведены в таблице 3.5.  
Таблица 3.5

| Параметр  | Значение                 |
|---|--------------------------|
| <b>Для модификаций ESM-...-220-...</b>                      |                          |
| Диапазон входного напряжения переменного тока цепей питания | ~100...265 В, 45...55 Гц |

|   |              |
|---|--------------|
| Диапазон входного напряжения постоянного тока цепей питания | =120...370 В |
| Потребляемая мощность по цепи питания не более              | 10 В·А       |
| <b>Для модификаций ESM-...-24-...</b>                       |              |
| Диапазон входного напряжения постоянного тока цепей питания | =18...36 В   |
| Потребляемая мощность по цепи питания не более              | 10 Вт        |
| <b>Для устройства ESM с модулем индикации</b>               |              |
| Потребляемая мощность по цепи питания не более              | 19 В·А       |

### 3.5.2 Обозначение клемм питания устройств ESM представлено ниже в таблице 3.6.

Таблица 3.6

| Обозначение цепи питания  | ESM-...-220-...<br>сеть переменного тока напряжением 100...265 В~, 45...55 Гц или постоянного напряжения 120...370 В= | ESM-...-24-...<br>сеть постоянного напряжения 18...36 В= |
|---|---|--|
|  | защитное заземление (PE)  | защитное заземление (PE)                                 |
| N/-   | нейтраль (N) или отрицательная цепь питания   | отрицательная цепь питания                               |
| L/+   | фаза (L) или положительная цепь питания   | положительная цепь питания                               |

## 4 Устройство и функциональные возможности

### 4.1 Основные сведения

4.1.1 Принцип действия устройств ESM заключается в обработке входных сигналов тока и напряжения, поступающих в аналоговом или цифровом виде (в зависимости от модификации), с последующим вычислением параметров и передачей полученных значений по цифровым интерфейсам RS-485, Ethernet и USB.

4.1.2 В модификациях ESM-HV и ESM-ET входные аналоговые сигналы через цепи согласования поступают на входы АЦП, который производит аналого-цифровое преобразование измеряемых значений. Далее полученные значения передаются для обработки на цифровой сигнальный процессор (DSP), после чего полученные данные поступают на микроконтроллер (МК), который обеспечивает расчет параметров, обмен данными с внешними системами и управление работой устройства.

4.1.3 В модификации ESM-SV входные сигналы поступают в цифровом виде непосредственно на сигнальный процессор. Цепи согласования и АЦП отсутствуют. Принцип действия аналогичен модификациям ESM-HV и ESM-ET.

4.1.4 Структурная схема устройств ESM-HV и ESM-ET приведена на рисунке 4.1..

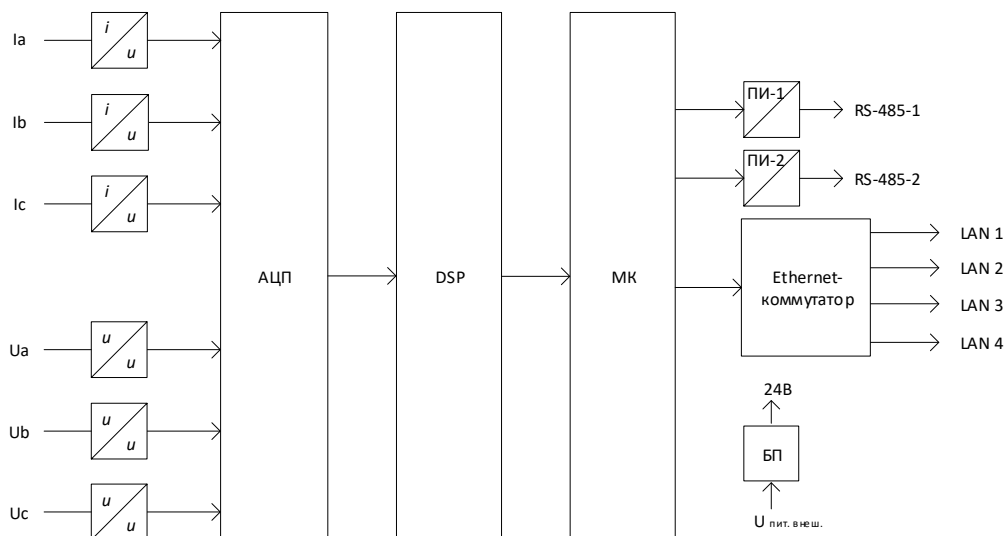


Рисунок 4.1. Структурная схема устройства ESM-HV

4.1.5 Гальванически развязанные интерфейсы RS-485 реализованы с помощью преобразователей интерфейсов ПИ1, ПИ2. Интерфейсы Ethernet реализованы с помощью микросхемы Ethernet-коммутатора.

4.1.6 Для хранения конфигурации, служебной информации, калибровочных коэффициентов, результатов измерений ПКЭ, приращений активной и реактивной энергии, журналов событий в устройствах ESM предусмотрена энергонезависимая память, обеспечивающая длительное хранение при отсутствии электропитания и защищенная от несанкционированного изменения.

- 4.1.7 Устройство ESM имеет сторожевой таймер.
- 4.1.8 Для привязки всех измерений к меткам времени устройство ESM оснащено часами, поддерживающими синхронизацию от различных источников:
- По протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006 (RS-485);
  - По протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 (Ethernet);
  - По протоколу SNTP (Ethernet);
  - По собственному протоколу счетчика.

## 4.2 Модули расширения

Для ввода/вывода дискретных сигналов в ESM используются внешние модули расширения ЭНМВ-1.










К одному ESM допускается подключать до 4 модулей ЭНМВ-1. Суммарно ESM может обработать до 64 дискретных сигналов.

ЭНМВ-1 подключаются к любому из интерфейсов RS-485 – COM-1 или COM-2.

Подробную информацию об устройствах ЭНМВ-1 см. в Руководстве по эксплуатации [ЭНМВ.423000.001](#).

## 4.3 Интерфейсы и протоколы обмена данными

- 4.3.1 Устройства ESM поддерживают протоколы обмена данными: Modbus RTU, Modbus TCP/RTU, ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004, а также RS-TCP (сквозной канал), SNTP.
- 4.3.2 В устройствах ESM могут быть доступны следующие интерфейсы:

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | ESM-...-A2E2  | ESM-...-A2E4  |
| USB                                       |  |  |
| RS-485-1, RS-485-2                        |  |  |
| 2 Порта Ethernet 100Base-T                |  |  |
| 2 дополнительных Порта Ethernet 100Base-T |   |  |

4.3.3

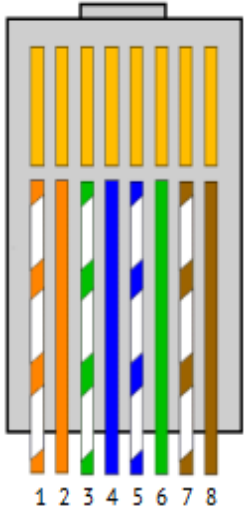
Назначение интерфейсов ESM:

| Наименование интерфейса  | Назначение   |   |
|--|--|---|
|  | A2E2   | A2E4  |
| «COM-1»<br>(разъем RJ-45)  | <u>RS-485</u><br>(конфигурационный /информационный)  |   |
| «COM-2» с питанием<br>(разъем RJ-45)<br>+ дополнительный разъем с питанием для внешнего индикатора на задней стороне корпуса | <u>RS-485 с питанием</u><br>(конфигурационный /информационный)<br><br><u>Дополнительный разъем RS-485 с питанием</u><br>(информационный) |   |
| «LAN1» и «LAN2»<br>(разъемы RJ-45)   | <u>Ethernet</u><br>(конфигурационный /информационный)  |   |
| «LAN3» и «LAN4»<br>(разъемы RJ-45)   | -  | <u>Ethernet</u><br>(конфигурационный /информационный) |
| USB  | Конфигурационный порт, просмотр данных, обновление микропрограмм, USB-COM режим.   |   |

4.3.4

Распиновка интерфейсов ESM:

| Интерфейс | Сигнал               | Контакты RJ45 |
|-----------|----------------------|---------------|
| COM-1     | A (data+)            | 7             |
|           | B (data-)            | 8             |
|           | GND                  | 5             |
|           | импульсный выход     | 1             |
|           | импульсный выход     | 2             |
| COM-2     | Питание ЭНМИ: +24 В  | 1, 2          |
|           | Питание ЭНМИ: 0 В    | 3, 4          |
|           | A (data+)            | 7             |
|           | B (data-)            | 8             |
|           | GND                  | 5             |
| Ethernet  | TX+ (Transmit Data+) | 1             |
|           | TX- (Transmit Data-) | 2             |
|           | RX+ (Receive Data+)  | 3             |
|           | RX- (Receive Data-)  | 6             |



#### 4.3.5 Интерфейсы RS-485: COM-1, COM-2

Доступные протоколы обмена:

- Modbus RTU;
- ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006.

Интерфейс «COM-1» реализован в виде разъема RJ-45, на котором помимо пинов с интерфейсными цепями расположен импульсный выход.

Интерфейс «COM-2» конструктивно реализован в виде двух разъемов: RJ-45 на лицевой стороне устройства и пружинные контакты на задней стороне, на которых кроме пинов с интерфейсными цепями выведены пины с напряжением +24 В= для питания внешних модулей индикации.

Не рекомендуется использовать встроенный источник 24 В= ESM для питания ЭНМИ, если длина кабеля превышает 20 метров. При больших расстояния необходимо устанавливать отдельный источник 24 В= для питания индикатора.

#### 4.3.6 Интерфейсы Ethernet: LAN 1-4

Скорость обмена 100 Мбит/сек. Доступно 4 сокета. Каждый сокет настраивается независимо. Поддерживаемые протоколы:

- ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004;
- ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006 через UDP;
- Modbus TCP/RTU;
- RS-TCP (сквозной канал);
- SNTP v4.

#### 4.3.7 Интерфейс USB



Служебный интерфейс. Предназначен для конфигурирования, просмотра измеряемых параметров, обновления микропрограммы. Может также использоваться для работы в режиме прозрачный порт USB-COM (внешний интерфейс – RS-485-2 ESM) – так называемый «USB-COM режим».

#### 4.3.8 Выбор параметров портов, а также протоколов производится с помощью ПО «ES Конфигуратор»

Выбор протокола для каждого порта осуществляется индивидуально, т.е. возможно, как наличие одинаковых протоколов обмена разных портах, так и их различие.

### 4.4 Журналы событий

#### 4.4.1 ESM производит запись событий в свои журналы:

| № | Журнал                                | Глубина |
|---|---------------------------------------|---------|
| 1 | дискретных сигналов                   | 1000    |
| 2 | авторизации                           | 100     |
| 3 | ошибок авторизации                    | 100     |
| 4 | сбросов данных по накопленной энергии | 10      |
| 5 | сбросов данных по профилю             | 10      |

| №  | Журнал   | Глубина |
|----|--|---------|
| 6  | перезагрузок, включения и выключения прибора                                       | 100     |
| 7  | изменений коэффициентов трансформации  | 10      |
| 8  | выхода/возврата напряжений по фазам за верхнюю/нижнюю предельно допустимую границу | 100     |
| 9  | синхронизации времени  | 100     |
| 10 | обновления прошивки, изменения настроек/пароля/калибровочных коэффициентов         | 10      |
| 11 | изменения корректировочных коэффициентов   | 10      |

4.4.2 Запись событий в журналы происходит циклически (по кругу).

4.4.3 Каждой записи присваивается метка времени с точностью до мс.

## 4.5 Мониторинг качества э/э

Устройство ESM позволяет создавать протоколы проверки качества электроэнергии в соответствии с ГОСТ 33073-2014.

Протоколы хранятся в виде \*.csv файлов, доступ к которым осуществляется через протокол FTP.

В протокол включены таблицы, отражающие следующие результаты измерений:

- отклонение напряжения;
- отклонение частоты;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- суммарные коэффициенты гармонических составляющих фазных (междуфазных) напряжений;
- коэффициенты гармонических составляющих фазных (междуфазных) напряжений порядка n;
- число перенапряжений по максимальному напряжению и длительность;
- число провалов по остаточному напряжению и длительность;
- число прерываний напряжений по остаточному напряжению и длительность.

## 4.6 ESM-ET: низкоуровневые входы

4.6.1 Подключение измерительных цепей от электронных трансформаторов тока и напряжения производится к низкоуровневым входам ET1, ET2, ET3, ET4, представляющих собой экранированные разъемы RJ-45.

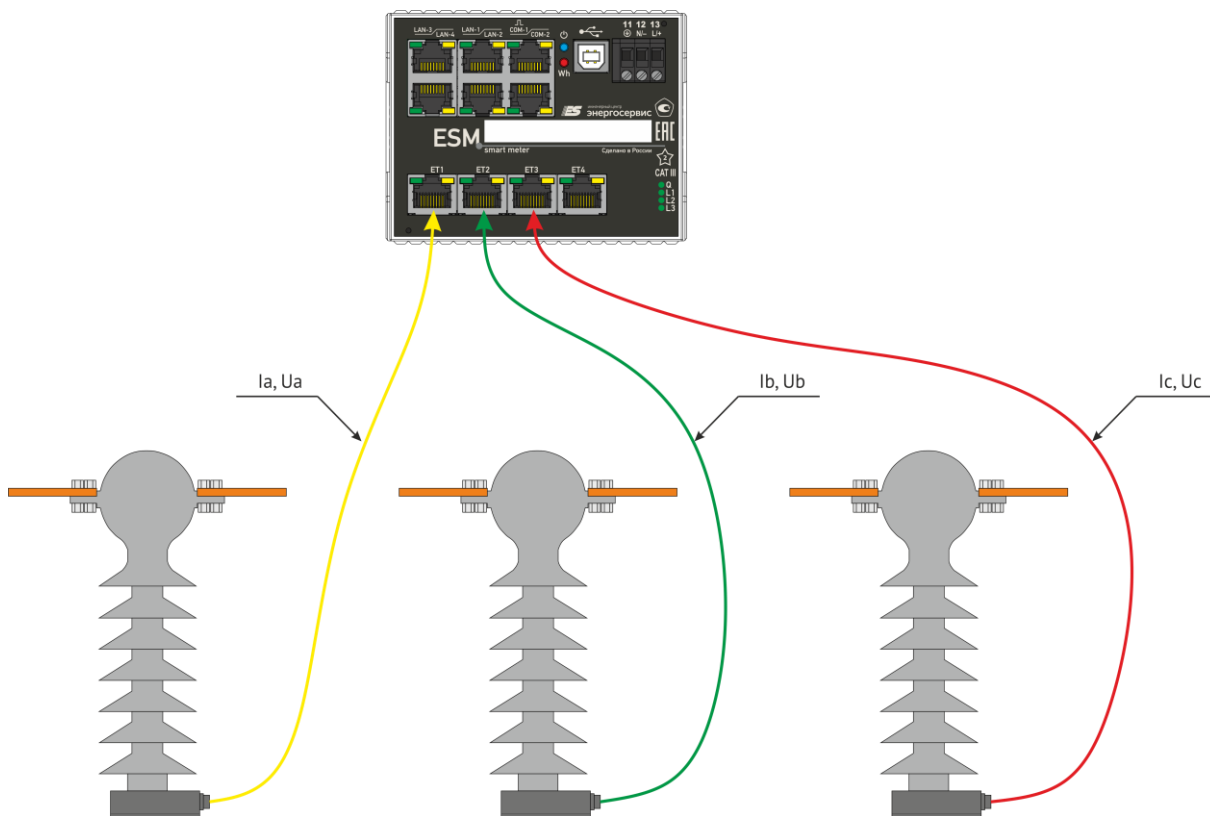


Рисунок 4.2

#### 4.6.2 Распиновка разъемов представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1

| Наименование входов          | Назначение контактов  |
|------------------------------|---|
| ET1, ET2, ET3 (разъем RJ-45) | 1 (-), 2 (+) – канал тока (I);<br>5 (-), 6 (+) – канал напряжения (U);<br>7 – «+12 В», канал для питания внешних модулей;<br>8 – «0 В», канал для питания внешних модулей;<br>Экран разъема – GND |

4.6.3 Каналы напряжения могут иметь номинальные значения входных напряжений: 200 мВ; 333 мВ; 1 В; 1,625 В; 2 В; 3,25 В или указанные значения, разделенные на  $\sqrt{3}$ .

Каналы тока могут иметь номинальные значения входных напряжений: 150 мВ; 200 мВ; 225 мВ; 333 мВ; 1 В; 1,625 В; 2 В.

Номинальные значения указываются в условном обозначении при заказе.

4.6.4 Максимальное рабочее напряжение 12 В; максимальная емкость входа – 10 пФ.

4.6.5 Для высоковольтных комбинированных измерительных преобразователей тока и напряжения CVS производства Altea B.V. (Нидерланды) и для электронных комбинированных трансформаторов тока и напряжения TECV.P1 производства ООО «Оптиметрик» доступна модификация ESM-ET75, имеющая характеристики, представленные в таблице 4.2.



Таблица 4.2

| Наименование характеристики                | Значение                | Описание                             |
|--|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>Канал тока (измерение)</b>              |                         |                                      |
| Номинальное напряжение                     | 2 В                     | Дифференциальный сигнал              |
| Диапазон напряжения                        | 0,02 – 3,25 В           |                                      |
| Номинальное входное сопротивление          | 10 МОм $\pm 5\%$        |                                      |
| <b>Канал напряжения (измерение/защита)</b> |                         |                                      |
| Номинальное напряжение канала ДНЕ          | 1 В                     | Дифференциальный сигнал              |
| Диапазон напряжения                        | 0,02 – 2 В              |                                      |
| Номинальное входное сопротивление          | 10 МОм $\pm 5\%$        |                                      |
| <b>Канал питания</b>                       |                         |                                      |
| Напряжение питания                         | $\pm 12$ В $\pm 10\%$   |                                      |
| Потребляемый ток (мощность) / на фазу      | 15 мА (180 мВА)         |                                      |
| Тип разъема                                | RJ-45<br>экранированный | Экран кабеля должен быть<br>заземлен |

4.6.6 В устройствах ESM-ET низкоуровневые входные сигналы пересчитываются в первичные значения тока и напряжения в зависимости от коэффициентов масштабного преобразования по току и напряжению, настраиваемых в ПО «ES Конфигуратор».

4.6.7 Для модификации ESM-ET75 при коэффициентах масштабного преобразования по току и напряжению равных 1, отображаемые первичные значения будут соответствовать значениям, указанным в таблице 4.3.

Таблица 4.3

| Канал                            | Значение<br>низкоуровневого сигнала | Коэффициент<br>преобразования | Первичное<br>значение |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Канал тока (ET1, ET2, ET3)       | 2 В                                 | 1                             | 5 А                   |
| Канал напряжения (ET1, ET2, ET3) | 1 В                                 | 1                             | 57,7 В                |

4.6.8 Структурные схемы подключения модификации ESM-ET к электронным трансформаторам тока и напряжения приведены в приложении А.

## 4.7 ESM-SV: приём потоков МЭК 61850 9-2

4.7.1 Подключение ESM-SV к шине процесса производится через интерфейсы SV input: LAN-5, LAN-6, LAN-7, представляющих собой экранированные разъемы RJ-45.

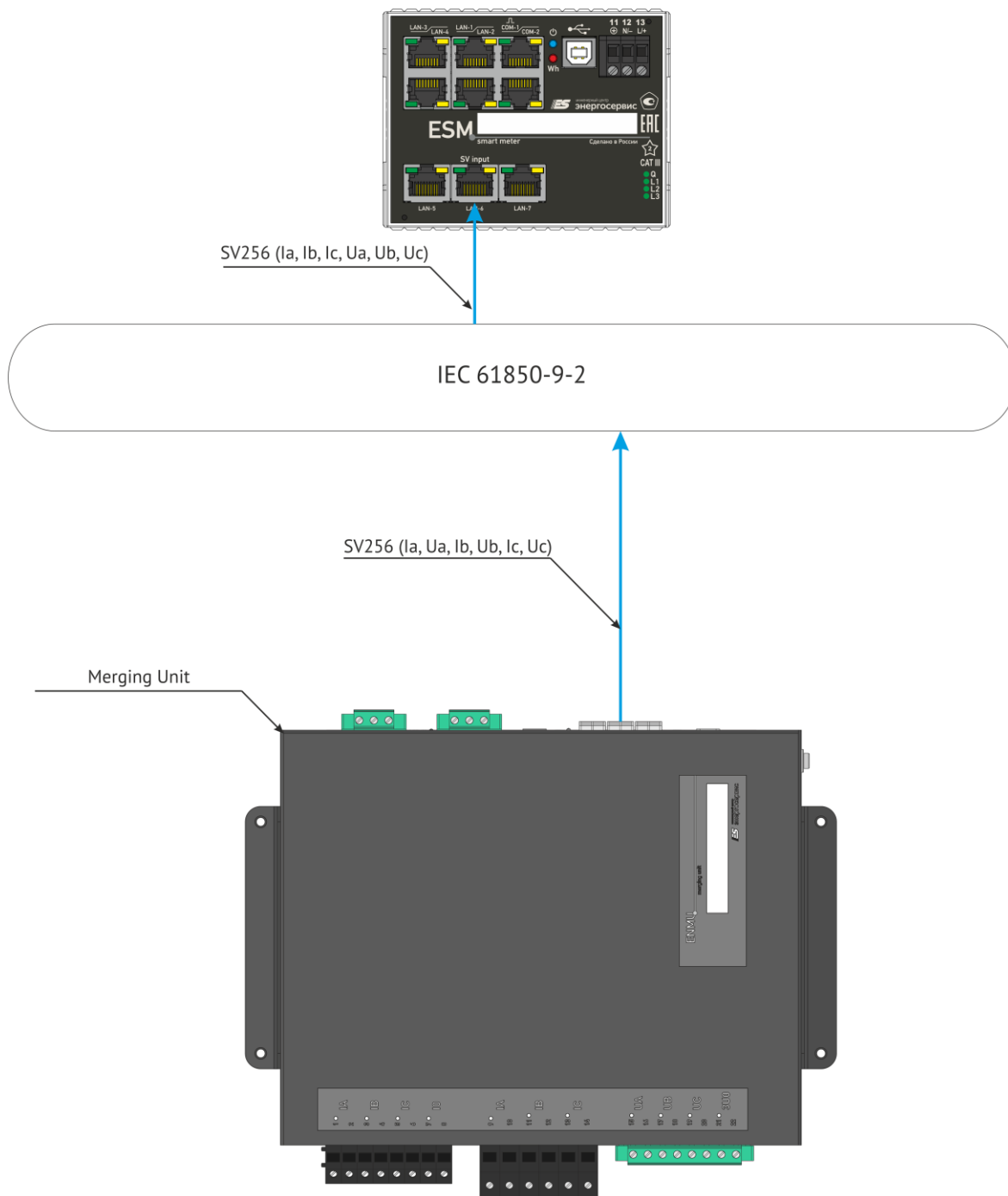


Рисунок 4.3

- 4.7.2 Модификация ESM-SV поддерживает приём до 3 потоков с частотой выборки 256 точек на период в соответствии со стандартом МЭК 61850 9-2LE. Каждый из потоков содержит в себе данные по 4 токам (Ia, Ib, Ic, In) и 4 напряжениям (Ua, Ub, Uc, Un). Для обработки измерений могут использоваться данные из разных потоков, например, фазные токи из первого потока, фазные напряжения из второго, ток и напряжение нейтрали – из третьего.
- 4.7.3 Для корректной обработки измерений и хранения энергии в ESM задаются коэффициенты преобразования к номинальным значениям 57,7(100) В, 5 А. Все показания по энергии хранятся с учетом этих коэффициентов.

4.7.4 Модификация ESM-SV поддерживает резервирование входящих потоков. При настройке устройства указываются основные и резервные параметры потоков, которые необходимо использовать в расчете. Примеры настройки обработки входящих потоков приведены ниже:

| ESM | Блок 1   |           | Блок 2  |
|-----|----------|-----------|---------|
|     | Поток 1  | Поток 2   | Поток 3 |
| Ia  | основной | резервный | -       |
| Ib  | основной | резервный | -       |
| Ic  | основной | резервный | -       |
| In  | основной | резервный | -       |
| Ua  | основной | резервный | -       |
| Ub  | основной | резервный | -       |
| Uc  | основной | резервный | -       |
| Un  | основной | резервный | -       |

| ESM | Блок 1   |          | Блок 2    |
|-----|----------|----------|-----------|
|     | Поток 1  | Поток 2  | Поток 3   |
| Ia  | основной | -        | резервный |
| Ib  | основной | -        | резервный |
| Ic  | основной | -        | резервный |
| In  | основной | -        | резервный |
| Ua  | -        | основной | резервный |
| Ub  | -        | основной | резервный |
| Uc  | -        | основной | резервный |
| Un  | -        | основной | резервный |

4.7.5 По умолчанию вычисление параметров производится на основе данных, отмеченных как основные, резервные игнорируются. В случае, если от основного потока не было получено два пакета или в измерениях выставлены флаги (отсутствие синхронизации, тест и др.), происходит переключение на резервные данные. Пакеты от резервного потока будут обрабатываться с номера, следующего за номером последнего обработанного пакета от основного, что исключает потерю данных. При восстановлении основного потока ESM автоматически переключится на него.

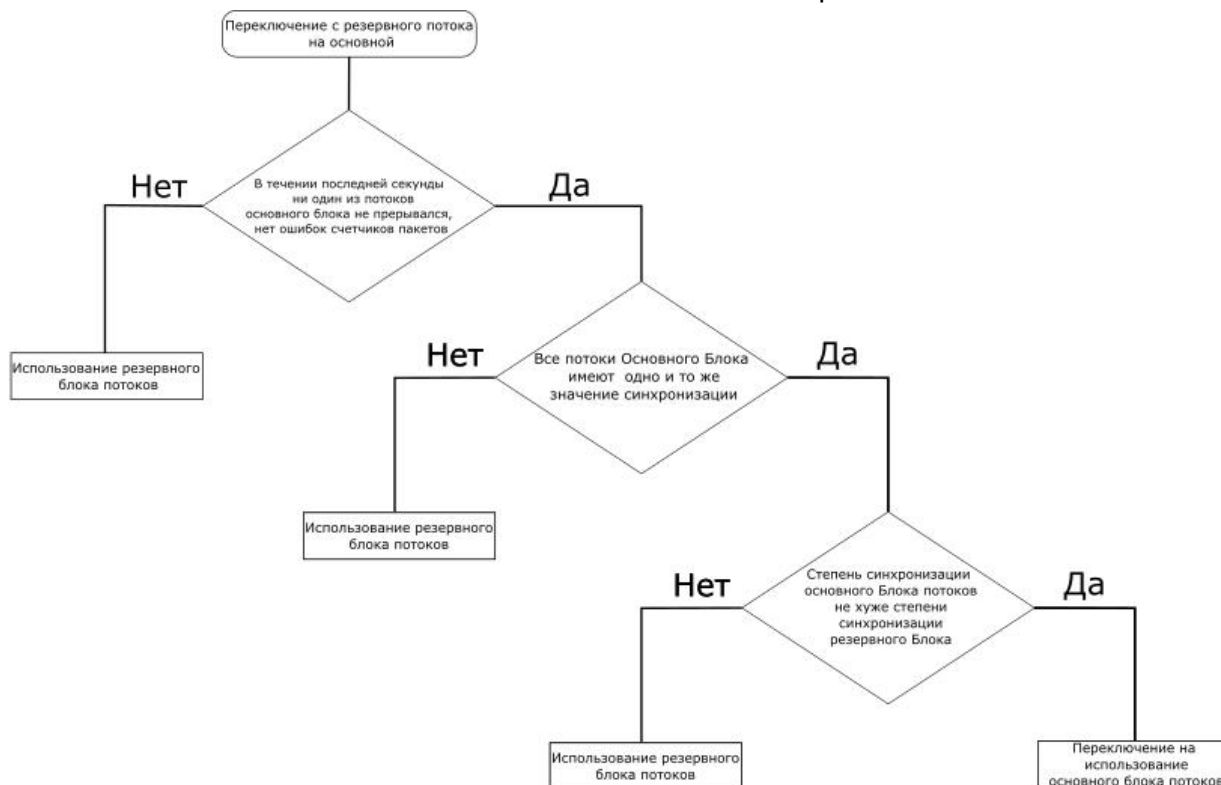


Рисунок 4.4. Алгоритм резервирования потоков SV.

## 4.8 Телесигнализация

- 4.8.1 Максимальное количество объектов телесигнализации, формируемых одним устройством ESM составляет 64 сигнала. В это число входят состояния дискретных входов и выходов модулей расширения, уставки, настраиваемая логика.
- 4.8.2 При изменении состояний любого дискретного сигнала события регистрируются, присваивается метка времени и зафиксированное состояние готово для передачи по портам RS-485, Ethernet. Точность присвоения метки времени - 1 мс.
- 4.8.3 ESM поддерживает передачу состояний дискретных сигналов в рамках протоколов:
- ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 в виде Single point (1 и 30 типы кадров).
  - Modbus RTU/TCP по командам 01, 02.

## 4.9 Телеуправление

ESM поддерживает выполнение команд ТУ через внешние модули по протоколам:

- ГОСТ Р МЭК 60870-5-101-2006, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104-2004 в виде Single command (<45>), Double command (<46>). Во всех случаях управление производится парой выходов: по команде ВКЛ, отправленной на любой из адресов, относящихся к паре DO, замыкается четный выход, по команде ОТКЛ – нечетный. Если у выхода нет парного контакта, команда ОТКЛ действовать не будет.

По умолчанию два реле из одной пары не могут быть замкнуты одновременно, при замыкание первого автоматически разомкнется второе и наоборот. Для возможности независимого управления необходимо включить соответствующую настройку.

- Modbus RTU/TCP по команде 05. По команде ВКЛ замыкается соответствующее реле, по команде ОТКЛ – размыкается. Реле остается замкнутым на время, указанное при настройке (по умолчанию – 5 секунд), также доступно постоянное удержание выхода до получения команды на размыкание.

По умолчанию два реле из одной пары не могут быть замкнуты одновременно, при замыкание первого автоматически разомкнется второе и наоборот. Для возможности независимого управления необходимо включить соответствующую настройку.

Если для дискретного выхода настроено условие срабатывание по логическому выражение, телеуправление данным выходом недоступно.

## 4.10 Логические выражения

- 4.10.1 В ESM доступны для настройки 64 DIO – дискретных сигналов, на которые могут назначаться внешние DI и DO, уставки или логические выражения. Источниками

данных для логических выражений могут служить любые DIO, в том числе и другое логическое выражение.

4.10.2 Результат логического выражения может быть передан по любому поддерживаемому протоколу на верхний уровень в виде ТС или использован в качестве управляющего воздействия на дискретный выход.

4.10.3 Для логических выражений доступны функции:

- И (AND);
- ИЛИ (OR);
- НЕ (NOT);
- Задержка (DELAY), может быть трех видов – на включение, на отключение, на включение и отключение. Продолжительность от 1 до 65535 мс.
- Качество (VALID) – проверка качества дискретной информации (1 – актуально, 0 – неактуально).

Из основных функций составляются другие более сложные логические элементы (XOR, NOR, NAND, XNOR и др).

Логические выражения могут использоваться для выполнения программных оперативных блокировок, автоматизации переключений (ABP), управления различными системами и др.

Настройки обработки качества позволяют оценивать актуальность дискретных сигналов, используемых в качестве источников для логического выражения.

4.10.4 Для настройки логики используется графический интерфейс в программе «ЕС Конфигуратор». Он представляет собой рабочую область, на которую добавляются логические функции (до 32 на один DIO) и объединяются связями.

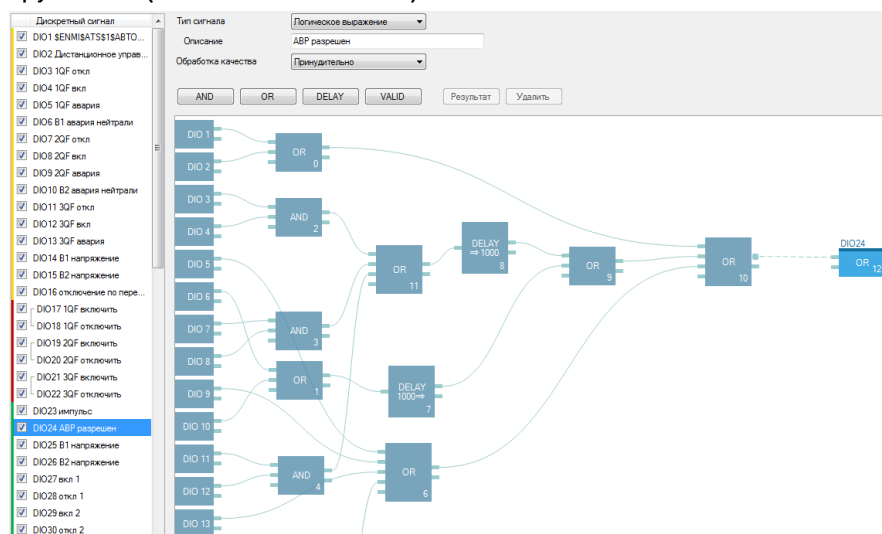


Рисунок 4.5. Пример логического выражения.

Подробнее описание настройки см. в руководстве к ПО «ES Конфигуратор» ([ЭНИП.411187.002 ПО](#)).

## 5 Модуль индикации

Устройство ESM может комплектоваться модулем индикации, который оснащен экраном для отображения результатов измерений, расчетов, архивных данных и другой информации.



**Внимание!** Программное обеспечение и интерфейс модуля индикации постоянно совершенствуется и дополняется новыми функциональными возможностями. Производитель оставляет за собой право вносить изменения без уведомления потребителей.

Для ESM существует два типа внешних дисплеев:

ЭНМИ-5



ЭНМИ-7



Основные технические характеристики дисплеев приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Технические характеристики дисплеев.

| Параметр                                    | ЭНМИ-5   | ЭНМИ-7                                    |
|---|--|---|
| Дисплей                                     | 4,3" цветной TFT с сенсорной панелью, разрешение 480x272 | 2,42" монохромный OLED, разрешение 128x64 |
| Тип и протокол интерфейса                   | RS-485 (Modbus RTU)                                      |   |
| Скорость обмена, бит/с                      | 9600, 19200, 38400                                       |   |
| Напряжение питания, В=                      | 18...36  |   |
| Максимальная потребляемая мощность, В·А     | 5  |   |
| Рабочий диапазон температур, °С             | -20 до +55 °С  | -40 до +55 °С                             |
| Конструктивное объединение с ESM            | есть   | -   |
| Корпус: ВШГ, мм                             | 120 x 120 x 49<br>(пластик, IP30)                        | 96 x 96 x 74<br>(пластик, IP40)           |
| Размер отверстия в панели для установки, мм | 111 x 111  | 91 x 91                                   |

Полное описание модулей индикации см. в руководстве по эксплуатации [«ЭНМИ.422953.001 РЭ»](#).

## 6 Комплектность

**В комплект поставки устройства ESM входят:**

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| - Многофункциональное измерительное устройство ESM  | -1 шт.;                       |
| - Формуляр ESM.422160.001 ФО  | -1 экз.;                      |
| - CD (включает руководство по эксплуатации ESM.422160.001 РЭ, методику поверки ESM.422160.001 МП, программное обеспечение и информационные материалы) | -1 шт. (на партию продукции); |

**Дополнительно могут входить:**

- |   |        |
|---|--------|
| - Преобразователь фиктивной мощности ПФМ (поставляется только для модификации ESM-ЕТ при наличии в договоре поставки) | -1 шт. |
| - Модуль индикации ЭНМИ   | -1 шт. |

Необходимая документация, а также обновления ПО всегда доступны на сайте:

[www.enip2.ru](http://www.enip2.ru)



## **7 Использование по назначению**

### **7.1 Указания по эксплуатации**

Эксплуатация устройств ESM должна производиться в соответствии с настоящим руководством по эксплуатации.

Подключение и отключение устройств ESM к измерительным цепям, а также к цифровому интерфейсу необходимо выполнять только после отключения цепей питания, приняв меры против случайного включения.

### **7.2 Эксплуатационные ограничения**

Устройство ESM не предназначено для работы в условиях взрывоопасной и агрессивной среды.

При работе устройство ESM не должно подвергаться воздействию прямого нагрева источниками тепла до температуры более плюс 70 °С. В помещении не должно быть резких колебаний температуры, вблизи места установки преобразователей не должно быть источников сильных электромагнитных полей.

### **7.3 Подготовка к монтажу**

После получения устройства ESM со склада убедиться в целостности упаковки.

Распаковать, извлечь модуль ввода, произвести внешний осмотр, убедиться в отсутствии видимых механических повреждений и наличии комплектности согласно п. 6.

Проверить соответствие характеристик, указанных в паспорте с характеристиками, указанными на лицевой(верхней) стороне устройства ESM.


### **7.4 Общие указания по монтажу**

7.4.1 Все работы по монтажу и эксплуатации производить с соблюдением действующих правил, обеспечивающих безопасное обслуживание и эксплуатацию электроустановок. Монтаж должен осуществлять персонал с соответствующей квалификацией.

7.4.2 Крепление устройства ESM осуществить на монтажную рейку DIN 35мм или щитовую панель: толщина панели не более 6 мм. Допускается крепление устройств ESM под любым углом к горизонтальной плоскости. Для монтажа на дверцах релейных отсеков, на панелях и щитах используются специальные металлические зажимы.

7.4.3 Подключение устройств ESM-HV к измерительным цепям тока и напряжения производить проводами сечением не более 4 мм<sup>2</sup>.

7.4.4 Для подключения устройств ESM к цепям питания рекомендуется использовать провода сечением не более 2,5 мм<sup>2</sup>. Подключение источника питания (в зависимости от типа питания AC или DC и диапазона питающего напряжения) осуществлять согласно схемам на рис. 7.1:

- подключите провод защитного заземления к контакту .
- подключите фазный (плюсовой) провод к контакту L/+;
- подключите нулевой (минусовой) провод к контакту N/-.

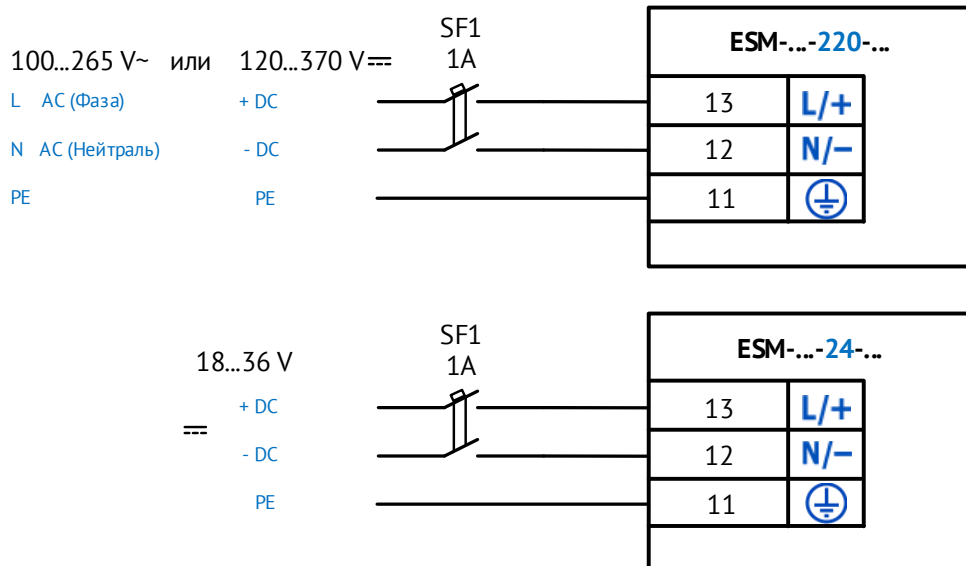


Рисунок 7.1. Схемы подключения ESM к цепям источника (сети) электропитания.

Рекомендуется использовать гарантированное электропитание, а также производить выбор источника с возможностью ограничения тока нагрузки.



**Примечание.** При подключении цепей питания и аналоговых сигналов момент затяжки не должен быть более 0,5-0,6 Н\*м.

7.4.5 Подключение устройства ESM к интерфейсам «RS-485» (COM-1, COM-2) производить экранированным кабелем типа «витая пара». Сечение провода не менее 0,2 мм<sup>2</sup>.

7.4.6 Подключение устройства ESM к интерфейсам «Ethernet» производить экранированным кабелем типа «витая пара» 5-й категории (допускается использовать стандартный сетевой «патч-корд»).

## 8 Настройка

### 8.1 Уровни доступа к прибору

| Уровень       | Пароль по умолчанию        | Описание   |
|---------------|----------------------------|--|
| Только чтение | Без пароля                 | Чтение текущих измерений, чтение журналов  |
| Пользователь  | 111111                     | + чтение конфигурации, коррекция времени   |
| Администратор | 222222                     | + запись конфигурации, обновление прошивки, установка времени, очистка журналов, USB-COM режим |
| Изготовитель  | Пароль завода-изготовителя | Полный доступ  |

### 8.2 Обновление прошивки

Обновление прошивки осуществляется через ПО «ES BootLoader», «ESM Test» или браузер, используя web-интерфейс ESM.

ПО «ES BootLoader» также используется для активации дополнительных опции, сброса настроек прибора на заводские.

Для обновления микропрограммы запустите ПО «ES BootLoader», далее следуйте нижеприведенным указаниям:

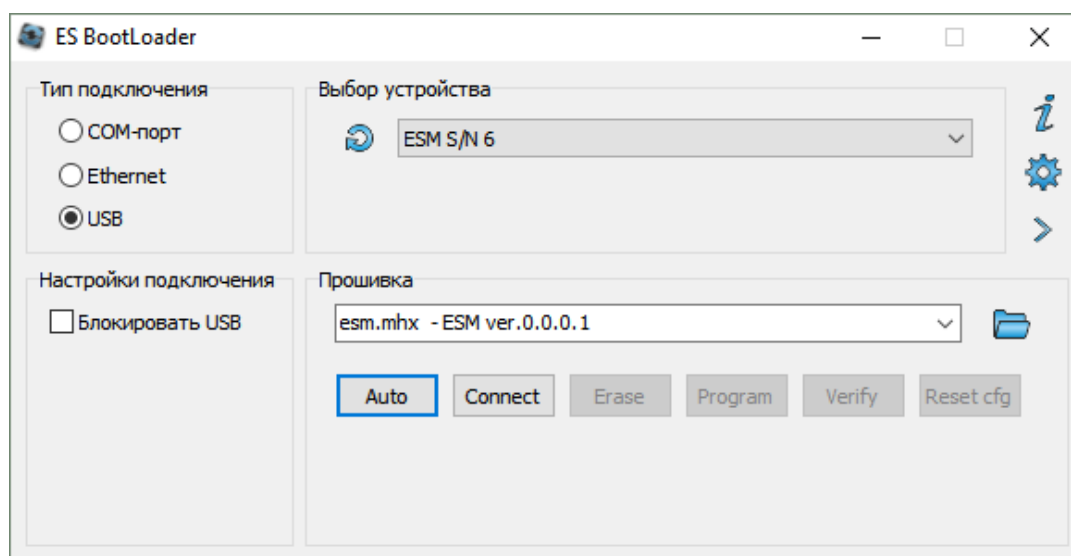


Рисунок 8.1. ПО «ES BootLoader».

1. Выберите тип канал связи (COM-порт или USB).
2. Для COM-порта необходимо определить настройки подключения (номер порта, скорость, четность).
3. Выберите тип устройства: ESM.
4. Укажите файл с микропрограммой, при этом рядом отобразится имя.
5. Нажмите кнопку Auto, после чего программа перейдет в режим ожидания перезагрузки устройства. Устройства ESM должны перезагрузиться сами. Если этого не произошло в течение 15-20 с, необходимо перезагрузить устройство

(выключить питание и снова включить) и дождаться окончания процесса обновления микропрограммы.



За версию настроек в устройстве ESM отвечает последняя цифра в номере микропрограммы. Если в номере версии старой и новой микропрограмм последняя цифра отличается, то все настройки после обновления микропрограммы будут сброшены на настройки по умолчанию. Чтобы сохранить старые настройки, сохраните конфигурацию с помощью ПО «ES Конфигуратор», обновите прошивку и затем запишите сохраненные настройки в прибор обратно.

Последняя версия микропрограмм и всех ПО доступны на сайте <http://www.enip2.ru/support>

### 8.3 Конфигурирование через ПО «ES Конфигуратор»

Конфигурирование устройств ESM заключается в назначении связанных адресов, определении скорости обмена по RS-485, определении IP-адреса ESM и его клиентов, выборе и настройке протоколов обмена, способов синхронизации и др.

Конфигурирование устройств ESM осуществляется при помощи сервисного ПО «ES Конфигуратор» по интерфейсам RS-485, Ethernet или USB.

Подробное описание ПО «ES Конфигуратор» приведено в [ЭНИП.411187.02 ПО](#).

### 8.4 Конфигурирование через WEB-интерфейс

Для доступа к удаленному конфигурированию ESM через сеть веб-браузер необходимо открыть страницу по адресу <http://192.168.0.10> (где указанный IP – адрес по умолчанию, или IP адрес настроенный пользователем).

Через WEB-интерфейс доступна настройка интерфейсов RS-485 и Ethernet.

### 8.5 Восстановление настроек по умолчанию

Чтобы сбросить настройки прибора на значения по умолчанию необходимо воспользоваться ПК с установленной утилитой «ES Bootloader» (рис. 8.2):

Подключите прибор к компьютеру с помощью USB или COM-порта, установить параметры подключения, нажмите клавишу *Connect*, после подключения нажмите *Reset cfg*, затем нажмите *Reset*. Настройки прибора станут заводскими.

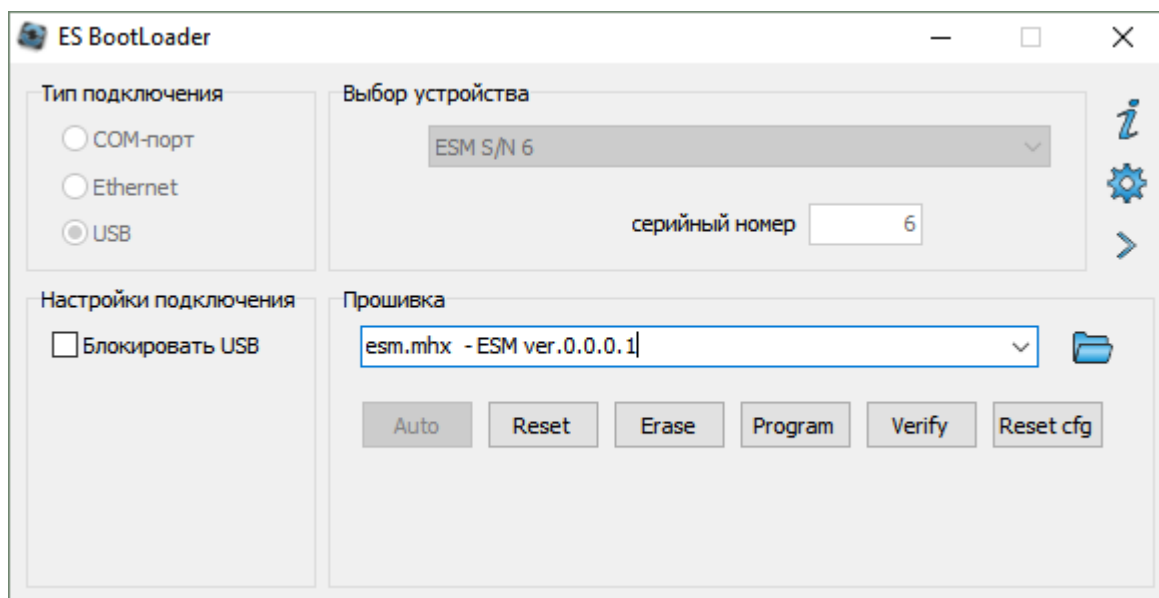


Рисунок 8.2. Подключение к ESM через ПО «ES Bootloader».

## **9 Техническое обслуживание и ремонт**

### **9.1 Общие указания**

Эксплуатационный надзор за работой устройства должен производиться лицами, за которыми закреплено данное оборудование.

ESM не должны вскрываться во время эксплуатации. Нарушение целостности гарантийной наклейки снимает с производителя гарантийные обязательства. Все возникающие во время эксплуатации неисправности устраняет предприятие-изготовитель.

### **9.2 Меры безопасности**

Работы по техническому обслуживанию должны выполняться квалифицированным персоналом.

Персонал, осуществляющий обслуживание устройство ESM должен руководствоваться настоящим РЭ, а также ПОТ РМ-016-2001, РД153-34.0-03.150-00 «Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок».

### **9.3 Порядок технического обслуживания**

Микропроцессорные устройства, выпускаемые ООО «Инженерный центр «Энергосервис», не требуют в процессе эксплуатации при нормальных условиях дополнительного технического обслуживания. Однако, в соответствии с имеющимися регламентными документами, стандартами по эксплуатации устройств ССПИ, ТМ, АСДУ и др. возможны периодические и внеплановые осмотры, проверки оборудования.

#### **9.3.1 Первичная поверка**

Все средства измерений, внесенные в Государственный реестр средств измерений, перед поставкой проходят процедуру первичной поверки в соответствии с утвержденной методикой поверки. Межповерочный интервал указан в свидетельстве об утверждении типа СИ.

#### **9.3.2 Обновление прошивки**

Большинство выпускаемых устройств имеет возможность обновления прошивки. Рекомендуется производить обновление при очередном плановом обслуживании.

Описание процесса обновления прошивки содержится в руководствах по эксплуатации в разделе описания работы ПО «ES BootLoader».

Рекомендуется подписаться на периодическую рассылку новостей на сайте [www.enip2.ru](http://www.enip2.ru), для оперативного информирования об обновлении прошивок, выпускаемых устройств.

### 9.3.3 Ремонт

Если устройство неисправно или повреждено, необходимо:

- Демонтировать устройство;
- Составить акт неисправности, указав признаки неисправности прибора, контактные данные лица, диагностировавшего неисправность.
- Надежно упаковать устройство, чтобы исключить вероятность его повреждения при транспортировке.
- Отправить устройство вместе с актом неисправности и сопроводительным письмом, содержащим адрес и Ф.И.О. контактного лица для обратной отправки отремонтированных приборов.

Адрес и реквизиты для отправки можно уточнить у технической поддержки или в отделе продаж.

### 9.3.4 Осмотр оборудования

Рекомендован следующий порядок осмотра оборудования на месте эксплуатации:

- проверить работу имеющихся индикаторов;
- проверить состояние корпуса, убедиться в отсутствии механических повреждений;
- проверить состояние креплений и внешних цепей.

### 9.3.5 Профилактическое обслуживание

Перечень работ, которые могут быть включены, на усмотрение эксплуатирующей организации, в перечень плановых работ:

- Проверка наличия необходимого комплекта технической, программной и эксплуатационной документации.
- Проверка на актуальность версий технологического ПО, используемого для настройки и диагностики устройств.
- Копирование текущей конфигурации.
- Сравнение текущей конфигурации устройства с имеющейся в архиве.
- При необходимости - обновление прошивок устройств с фиксированием номеров используемых версий прошивок.
- При необходимости тестирование резервных копий настроек на работоспособность.
- Плановая смена паролей для доступа к устройствам.
- Проверки правильности функционирования устройств:

- правильность принимаемой и ретранслируемой информации;
- соответствие сигнализации и измерений текущей схеме и состоянию оборудования;
- анализ журналов событий, журналов состояний DIO, диагностических сообщений (пропадание питания, факты синхронизации времени, статистика работы устройства и др.);
- Заполнение документации по текущему обслуживанию.



## 10 Маркировка

На корпусе стороне устройства ESM нанесено:

- наименование прибора «Многофункциональное измерительное устройство ESM»;
- условное обозначение;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- порядковый номер и год изготовления
- тип питающего напряжения, потребляемая мощность;
- обозначение клемм электропитания, интерфейсов, измерительных входов;
- изображение Знака утверждения типа;
- изображение Знака соответствия ЕАС.

Содержание маркировки транспортной тары, места и способы ее нанесения соответствуют:

- для транспортной тары - ГОСТ 14192-96;
- для потребительской тары - ГОСТ 9181-74.

## 11 Пломбирование

Гарантийное пломбирование устройств ESM производится не снимаемыми бирками «Гарантия» с датой пломбирования (месяц и год). Места расположения пломб «Гарантия» – место соединения корпуса и верхней крышки устройства ESM. При нарушении целостности гарантийных пломб, производитель освобождается от гарантийных обязательств.

Для обеспечения пломбирования измерительных цепей предусмотрена возможность установки накладной прозрачной защитной крышки с предусмотренными отверстиями под пломбы.

Для модификаций ESM-ET и ESM-SV допускается пломбировка посредством защитных элементов RJ-45.

Инструкции по пломбировке и рекомендуемые места нанесения пломб приведены в приложении Б.

## 12      **Транспортировка и хранение**

Устройства ESM транспортируются в соответствии с требованиями ГОСТ 22261-94 всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах (железнодорожным, автомобильным, водным транспортом в трюмах, в самолетах - в герметизированных отсеках) при температуре от минус 50 до плюс 70 °С и относительной влажности воздуха 98 % при температуре плюс 25 °С.

Допускается транспортирование устройств ESM в контейнерах и пакетами. Средства пакетирования - по ГОСТ 24597.

При железнодорожных перевозках допускаются мелкие малотоннажные и повагонные виды отправок в зависимости от заказа.

Хранение устройств ESM на складах предприятия-изготовителя (потребителя) - по ГОСТ 22261-94.

## 13 Упаковка

Устройства ESM поставляются в транспортной таре.

Устройства ESM упаковываются в индивидуальную упаковку 125x125x175 мм, вариант защиты ВЗ-10 по ГОСТ 9.014.

В упаковку укладывается 1 комплект устройства ESM, указанный в п. 6.

Количество устройств ESM, индивидуально упакованных и укладываемых в транспортную тару, габаритные размеры, масса нетто и брутто - в зависимости от заказа. Типовая транспортная тара:

- гофрокороб размерами 375x350x250 мм, вмещающий 12 индивидуальных упаковок 125x125x175 мм;
- гофрокороб размерами 345x255x135 мм, вмещающий 4 индивидуальных упаковки 125x125x175 мм.

Масса устройств ESM в зависимости от исполнения приведена в таблице 13.1.

Таблица 13.1

| Параметр                   | Устройство ESM | Устройство ESM с модулем индикации |
|----------------------------|----------------|------------------------------------|
| Масса нетто, кг, не более  | 0,6            | 0,9                                |
| Масса брутто, кг, не более | 1,1            | 1,4                                |

## Приложение А1. Схемы подключения модификации ESM-HV

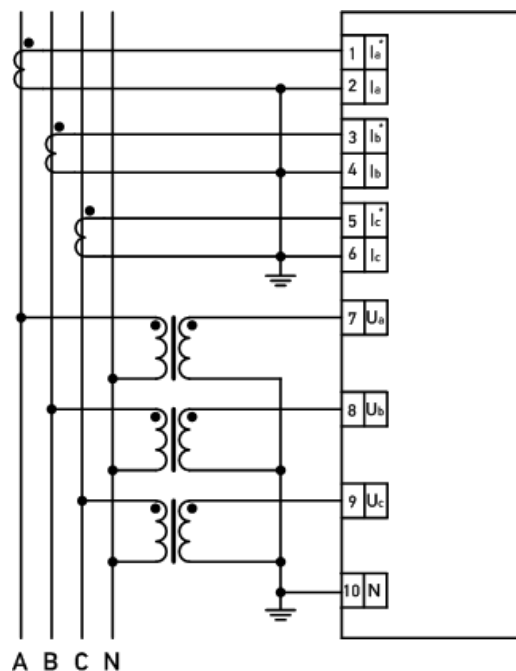


Рисунок А1.1. Схема подключения устройств ESM-HV для трехфазной четырехпроводной сети (ESM-HV настроен на измерение в режиме схемы «4-проводная»).

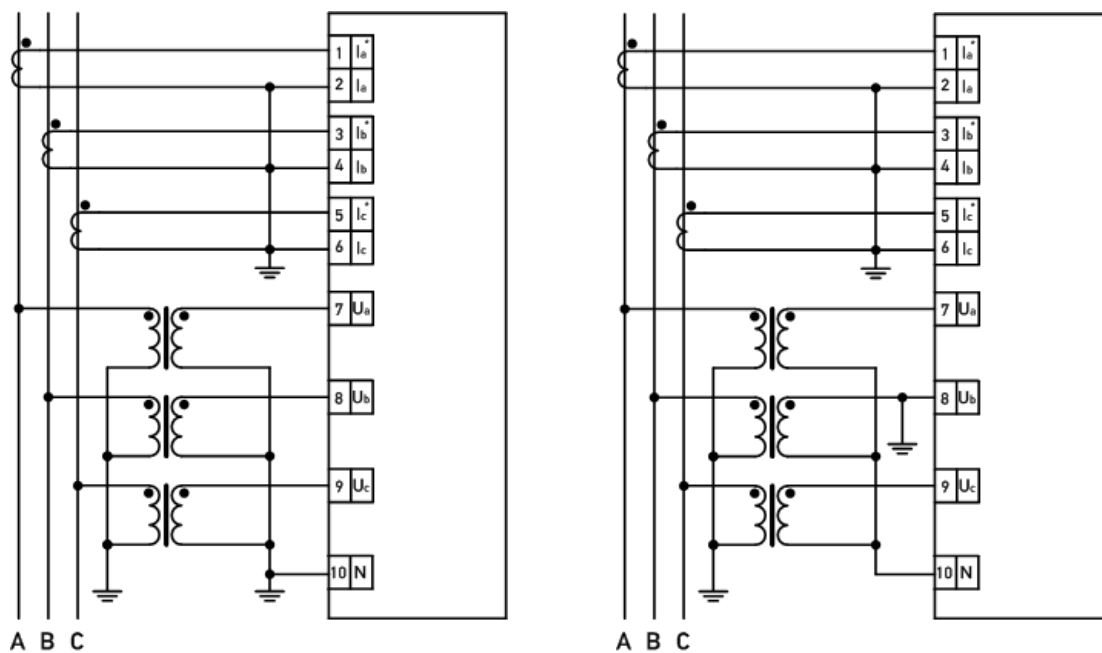


Рисунок А1.2. Схемы подключения устройств ESM-HV для трехфазной трехпроводной сети (ESM-HV настроен на измерение в режиме схемы «4-проводная»).

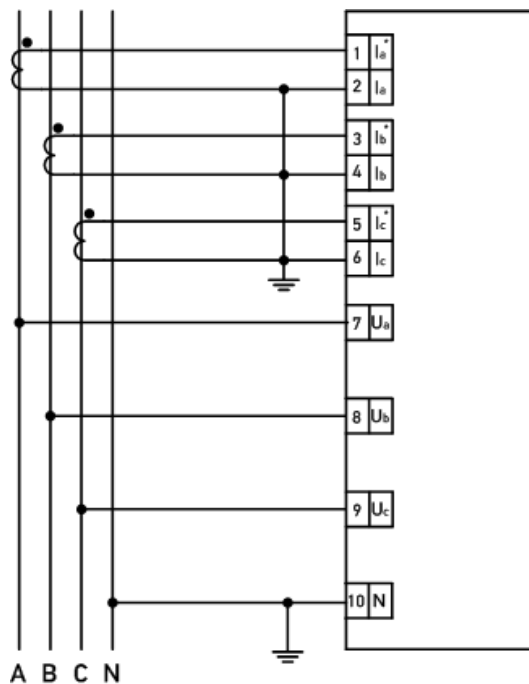


Рисунок А1.3. Схема подключения устройств ESM-HV для трехфазной четырехпроводной сети 230 (400) В или 400 (690) В. (ESM-HV настроен на измерение в режиме схемы «4-проводная»).

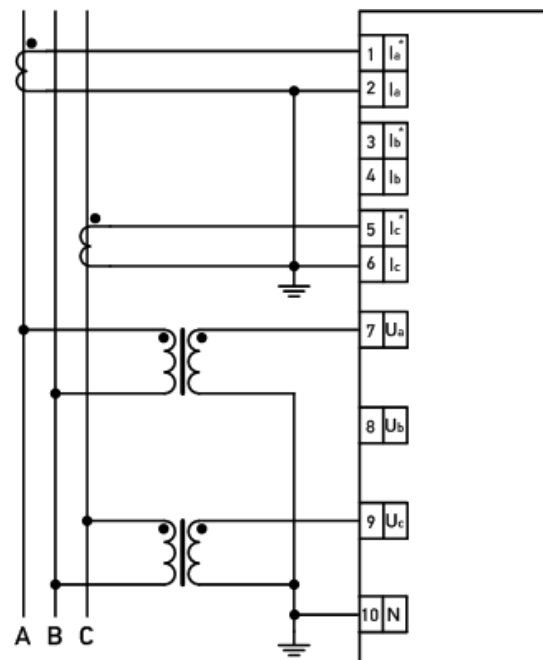
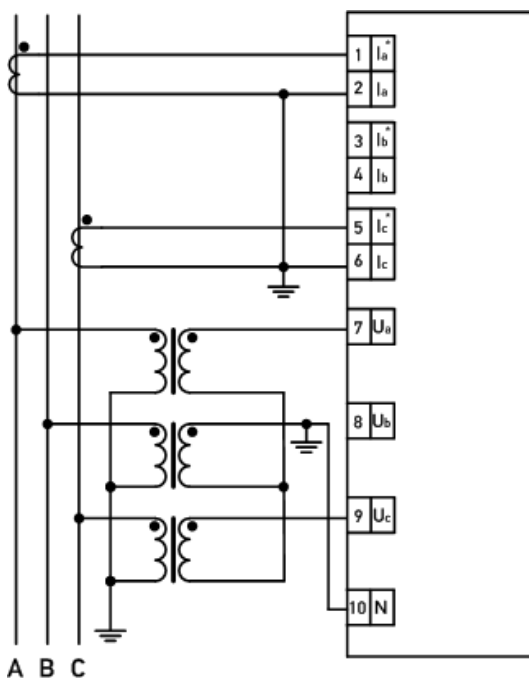
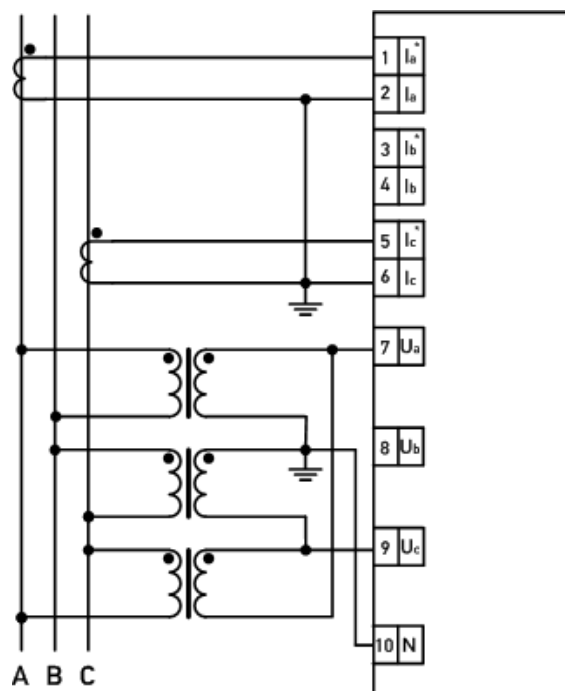


Рисунок А1.4. Схема подключения устройств ESM-HV для трехфазной трехпроводной сети с двумя ТН (ESM-HV настроен на измерение в режиме схемы «3-проводная»).



ТН соединены по схеме «звезда»



ТН соединены по схеме «треугольник»

Рисунок А1.5. Схема подключения устройств ESM-HV для трехфазной трехпроводной сети с тремя трансформаторами напряжения (ESM-HV настроен на измерение в режиме схемы «3-проводная»).

## Приложение А2. Структурные схемы подключения модификации ESM-SV

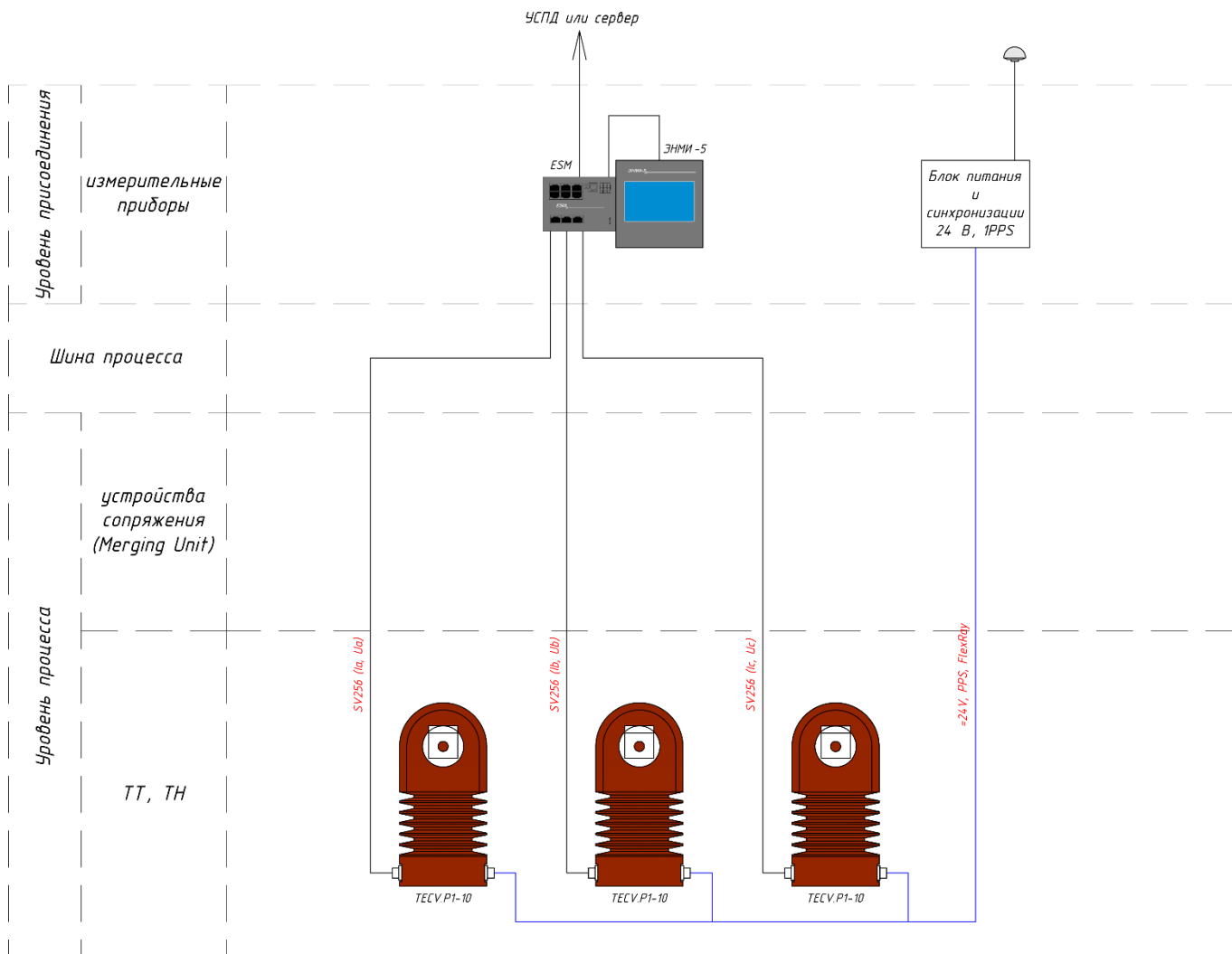


Рисунок А2.1. Структурная схема подключения устройств ESM-SV к комбинированным трансформаторам тока и напряжения TECV.P1 6-20 кВ с цифровыми интерфейсами производства ООО «Оптиметрик».

### Примечания:

1. Для корректного формирования потока SV необходимо обеспечить синхронизацию трансформаторов TECV.P1. Синхронизация трансформаторов осуществляется в виде последовательности импульсов 1PPS от блока синхронизации и питания по отдельному кабелю.
2. Синхронизация ESM обеспечивается от УСПД или напрямую от блоков коррекции времени ЭНКС-2 по протоколу SNTP.

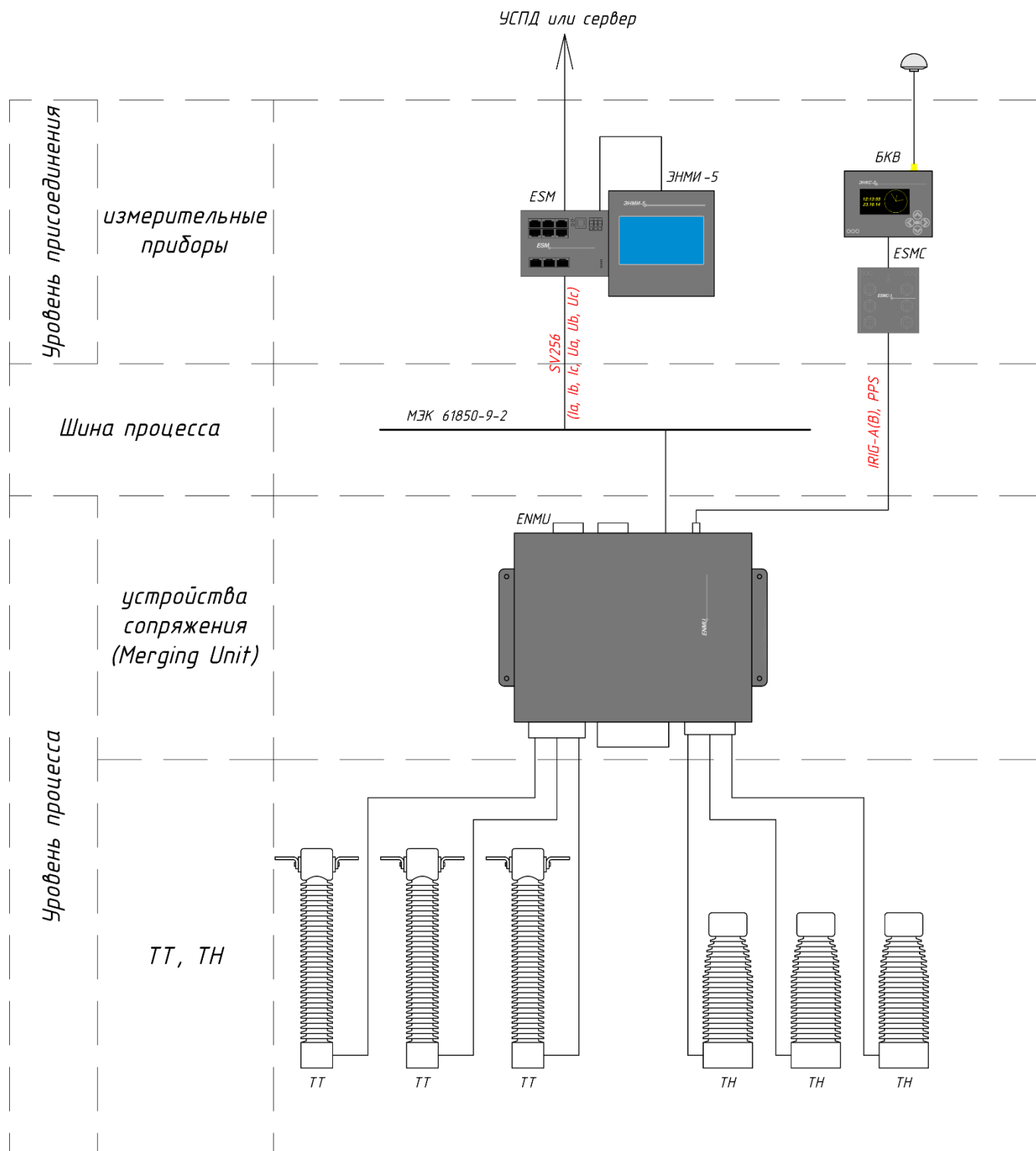


Рисунок А2.2. Структурная схема подключения устройств ESM-SV к электромагнитным трансформаторам тока и напряжения 35-750 кВ с использованием устройства сопряжения с шиной процесса ENMU производства ООО «Инженерный центр «Энергосервис».

Примечания:

1. Для корректного формирования потока SV необходимо обеспечить синхронизацию устройства сопряжения с шиной процесса ENMU. Синхронизация ENMU осуществляется от блока коррекции времени ЭНКС-2 по протоколам IRIG-A, IRIG-B или в виде последовательности импульсов 1PPS.
2. Синхронизация ESM обеспечивается от УСПД или напрямую от блоков коррекции времени ЭНКС-2 по протоколу SNTP.



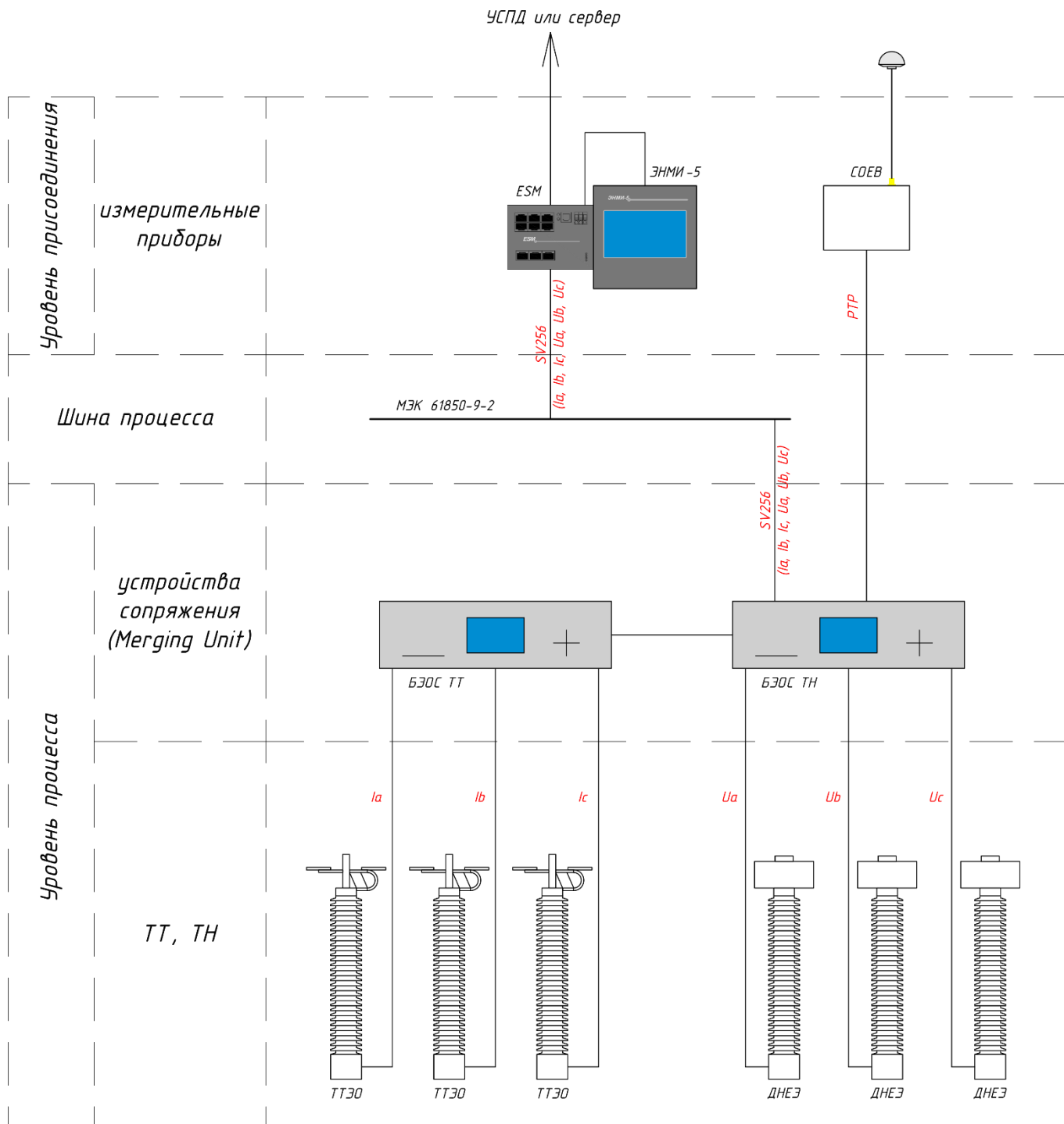


Рисунок А2.3. Структурная схема подключения устройств ESM-SV к оптическим трансформаторам тока и напряжения 110-220 кВ производства АО «Профотек»

Примечания:

1. ТТЭО – трансформаторы тока электронные оптические, ДНЕЭ – делители напряжения емкостные электронные, БЭОС ТТ (БЭОС ТН) – блок электронной обработки сигналов трансформаторов тока (напряжения).
2. Для корректного формирования потока SV необходимо обеспечить синхронизацию блока электронной обработки сигналов (БЭОС). Синхронизация БЭОС осуществляется от сервера синхронизации времени по протоколу RTPv2.
3. Синхронизация ESM обеспечивается от УСПД или напрямую от сервера синхронизации времени по протоколу SNTP.

## Приложение А3. Структурная схема подключения модификации ESM-ET

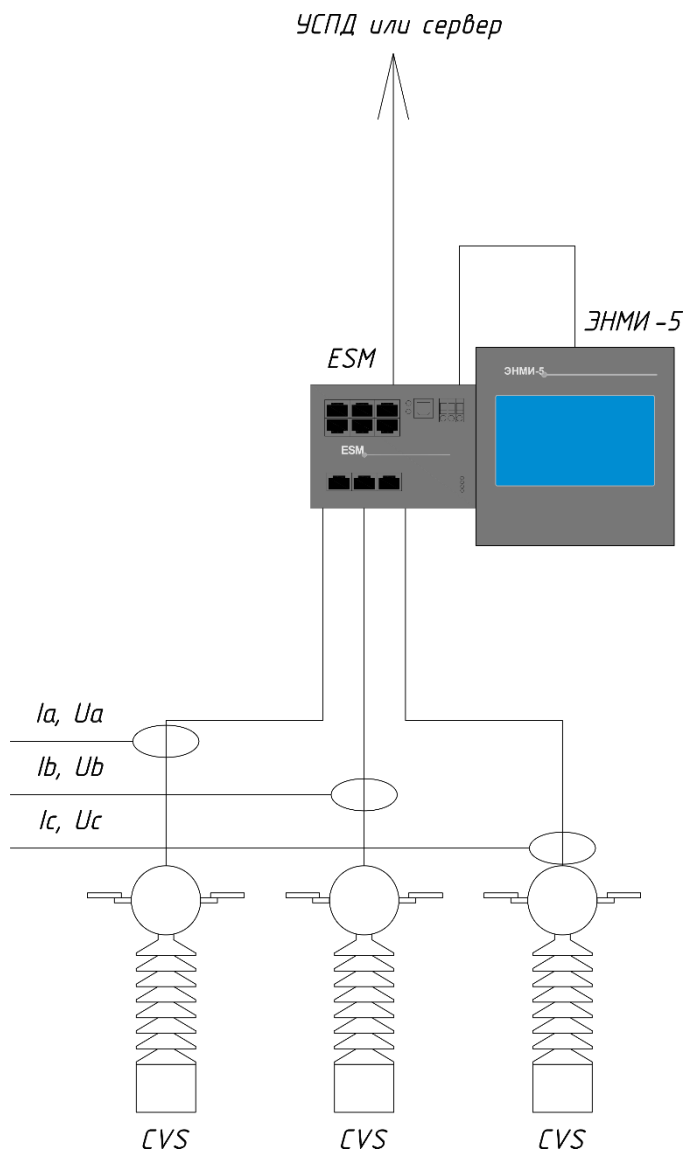


Рисунок А3.1. Структурная схема подключения устройств ESM-ET к электронным трансформаторам тока и напряжения.

**Примечания:**

1. В качестве электронных трансформаторов тока и напряжения могут применяться высоковольтные комбинированные измерительные преобразователи тока и напряжения CVS производства Altea B.V. (Нидерланды) и электронные комбинированные трансформаторы тока и напряжения TECV.P1 производства ООО «Оптиметрик»;
2. Устройства ESM-ET могут применяться, в том числе, в составе высоковольтных пунктов коммерческого учета на воздушных линиях 6, 10, 20, 35, 110 кВ.

## Приложение Б. Схемы пломбировки устройств ESM

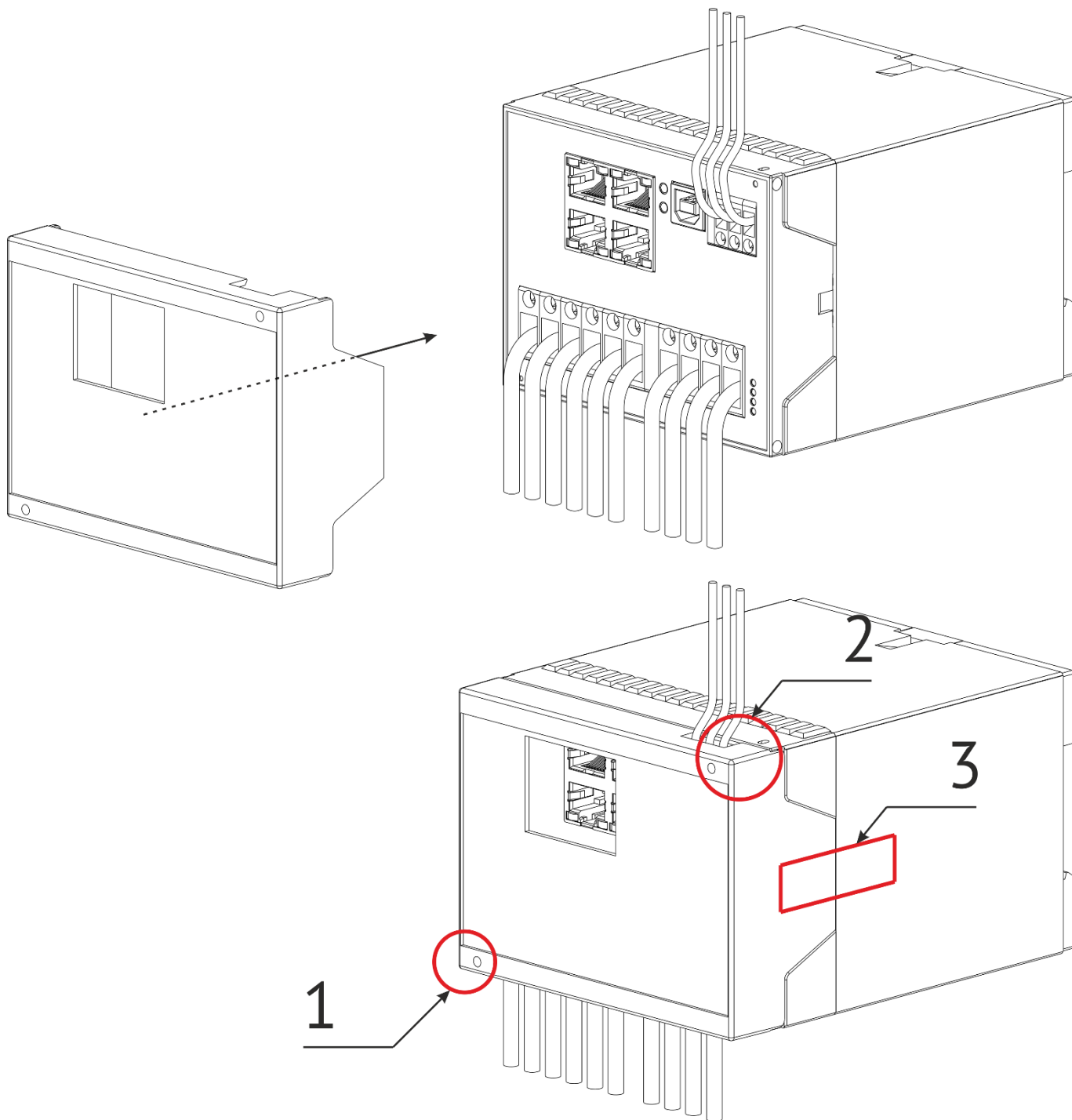


Рисунок Б1. Схема пломбирования устройства ESM-HV  
(1 и 2 – место установки проволоочной пломбы; 3 – место нанесения пломбы-индикатора).

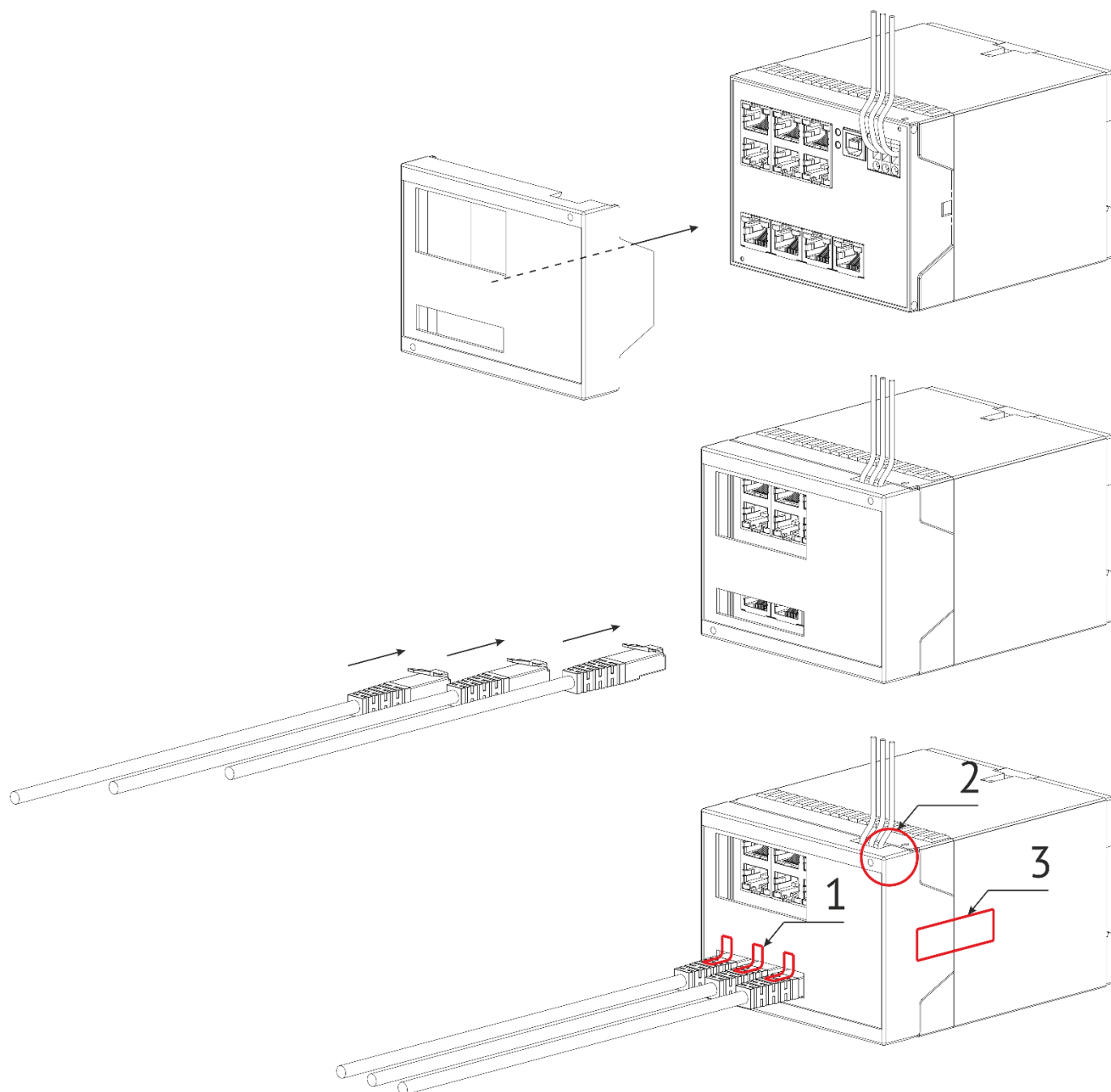


Рисунок Б2. Схема пломбирования устройств ESM-ET и ESM-SV  
(1 и 3 – место нанесения пломбы-индикатора; 2 – место установки проволоочной пломбы).

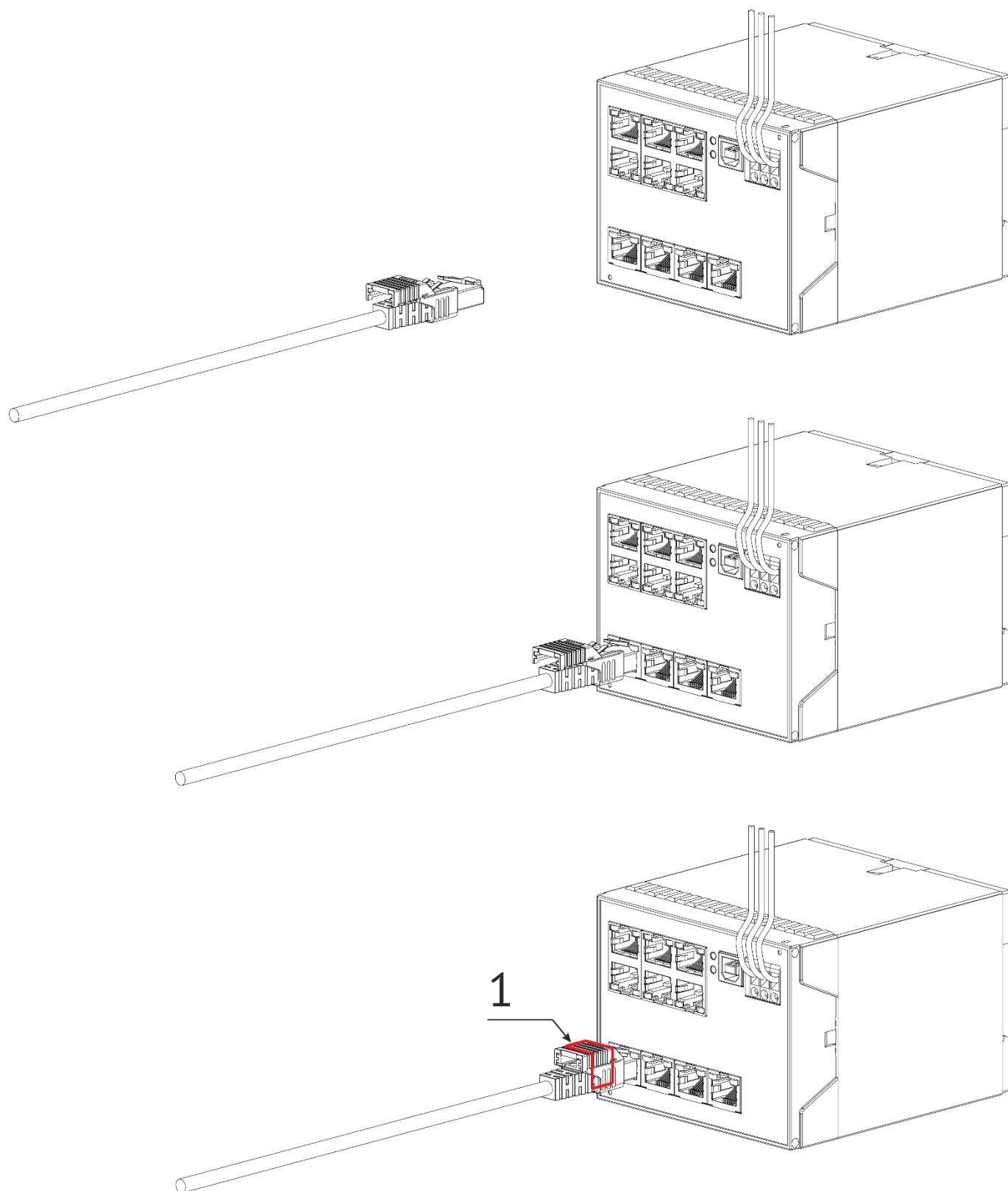


Рисунок Б3. Схема пломбирования устройств ESM-ET и ESM-SV с помощью защитного элемента RJ45  
(1 – место нанесения пломбы-индикатора).

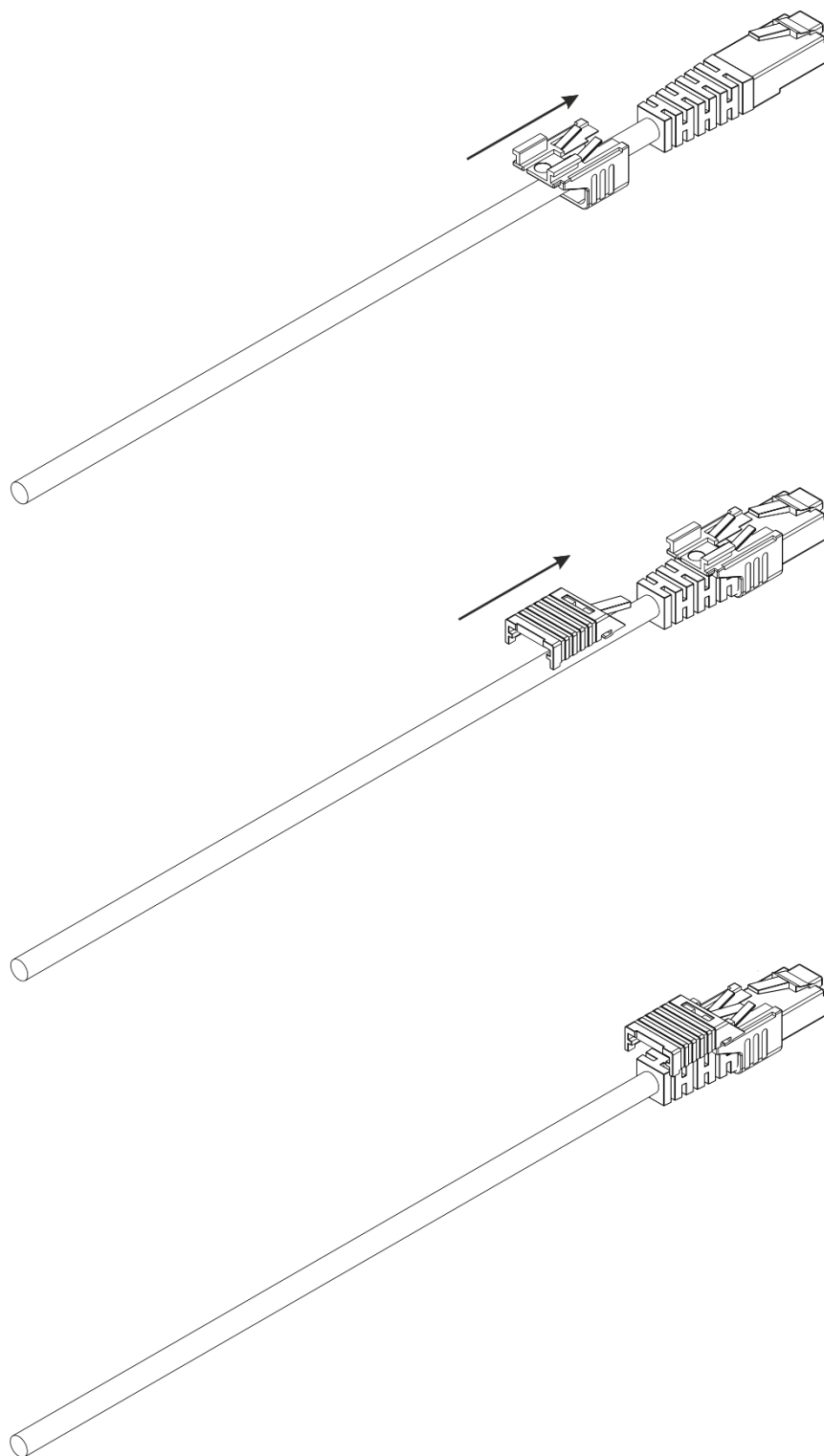


Рисунок Б4. Схема установки защитного элемента RJ45 на патч-корд