

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ

### Назначение средства измерений

Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ предназначены для измерения и многотарифного учета активной и реактивной энергии в двух направлениях (в том числе и с учетом потерь), ведения массивов профиля мощности нагрузки с программируемым временем интегрирования (в том числе и с учетом потерь), фиксации максимумов мощности, измерения параметров трехфазной сети и параметров качества электрической энергии.

### Описание средства измерений

Принцип действия счетчиков электрической энергии многофункциональных СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ основан на цифровой обработке входных аналоговых сигналов.

Управление процессом измерения и всеми функциональными узлами счетчика осуществляется высокопроизводительным микроконтроллером (МК), который реализует алгоритмы в соответствии со специализированной программой, помещенной в его внутреннюю память программ. Управление узлами производится через аппаратно-программные интерфейсы, реализованные на портах ввода/вывода МК.

Измерительная часть счетчиков выполнена на основе многоканального, шестнадцатирядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП). АЦП осуществляет выборки мгновенных значений величин напряжения и тока параллельно по шести каналам измерения, преобразование их в цифровой код и передачу по скоростному последовательному каналу микроконтроллеру.

Микроконтроллер, по выборкам мгновенных значений напряжения и тока, производит вычисление усредненных на интервале фиксированного измерительного окна значений активной мощности, среднеквадратических значений напряжения и тока в каждой фазе, производит их коррекцию по амплитуде, фазе и температуре.

По вычисленным значениям активной мощности, напряжения и тока вычисляются полная, реактивная мощности, активная и реактивная мощности потерь в каждой фазе.

Измерение частоты сети производится посредством измерения периода фазного напряжения одной из фаз.

Вычисление перечисленных ниже параметров производится с использованием прямоугольного измерительного окна, синхронного с частотой сети:

- коэффициентов искажения синусоидальности кривой фазных (межфазных) напряжений и токов;
- коэффициентов несимметрии напряжений и токов по нулевой и обратной последовательностям (по первой гармонике сети).

Вычисления средних значений активной, реактивной и полной мощности, среднеквадратических значений напряжений и токов в каждой фазе производится по следующим формулам:

$$\text{для активной мощности} \quad P = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} U_i \cdot I_i \cdot W_i}{n}, \quad (1)$$

$$\text{для напряжения} \quad U = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} U_i^2 \cdot W_i}{n}}, \quad (2)$$

для тока 
$$I = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} I_i^2 \cdot W_i}{n}}, \quad (3)$$

для полной мощности 
$$S = U \cdot I, \quad (4)$$

для реактивной мощности 
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (5)$$

где  $U_i, I_i$  - выборки мгновенных значений напряжения и тока;  
 $W_i$  - весовые коэффициенты измерительного окна;  
 $n$  - число выборок на интервале измерительного окна.

Вычисление активной и реактивной мощности потерь в каждой фазе производится по следующим формулам:

$$P_{\Pi} = \left(\frac{I}{I_H}\right)^2 \cdot P_{\Pi.л.ном} + \left(\frac{I}{I_H}\right)^2 \cdot P_{\Pi.н.ном} + \left(\frac{U}{U_H}\right)^2 \cdot P_{\Pi.хх.ном}, \quad (6)$$

$$Q_{\Pi} = \left(\frac{I}{I_H}\right)^2 \cdot Q_{\Pi.л.ном} + \left(\frac{I}{I_H}\right)^2 \cdot Q_{\Pi.н.ном} + \left(\frac{U}{U_H}\right)^4 \cdot Q_{\Pi.хх.ном}, \quad (7)$$

где  $I$  - среднеквадратическое значение тока (формула 3);  
 $U$  - среднеквадратическое значение фазного напряжения (формула 2);  
 $P_{\Pi.л.ном}$  - номинальная активная мощность потерь в линии электропередачи;  
 $P_{\Pi.н.ном}$  - номинальная активная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе;  
 $P_{\Pi.хх.ном}$  - номинальная активная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе;  
 $Q_{\Pi.л.ном}$  - номинальная реактивная мощность потерь в линии электропередачи;  
 $Q_{\Pi.н.ном}$  - номинальная реактивная мощность нагрузочных потерь в силовом трансформаторе;  
 $Q_{\Pi.хх.ном}$  - номинальная реактивная мощность потерь холостого хода в силовом трансформаторе;

Номинальные мощности потерь вводятся в счетчик как конфигурационные параметры и представляют собой мощность потерь в одной фазе, приведенную к входу счетчика при номинальном токе и номинальном напряжении счетчика.

Вычисление мощностей трехфазной системы производится алгебраическим (с учетом знака направления) суммированием соответствующих мощностей однофазных измерений.

Знаки мощностей однофазных измерений формируются по-разному в зависимости от конфигурирования счетчика, как показано в таблице 1.

По полученным значениям активной и реактивной мощности трехфазной системы формируются импульсы телеметрии на четырех конфигурируемых испытательных выходах счетчика. Сформированные импульсы подсчитываются контроллером и сохраняются в регистрах текущих значений энергии и профиля мощности по каждому виду энергии (мощности) и направлению до свершения события. По свершению события, текущие значения энергии или мощности добавляются в соответствующие энергонезависимые регистры учета энергии и массивы профиля мощности. При этом, в качестве события выступает время окончания текущего тарифа или время окончания интервала интегрирования мощности для массива профиля, определяемое по встроенным энергонезависимым часам реального времени.

Таблица 1 – Знаки мощностей

Мощность	Двунаправленный счетчик	Однонаправленный (конфигурированный) счетчик
P+	PI и PIV	PI, PII, PIII, PIV
P-	PII и PIII	-
Q+	QI и QII	QI и QIII
Q-	QIII и QIV	QII и QIV
Q1	QI	QI и QIII
Q2	QII	-
Q3	QIII	-
Q4	QIV	QII и QIV

1 «P+», «Q+» - активная и реактивная мощность прямого направления, «P-», «Q-» - активная и реактивная мощность обратного направления, «Q1»-«Q4» – реактивная мощность 1-4 квадрантов, «PI», «QI», «PII», «QII», «PIII», «QIII», «PIV», «QIV» – активная и реактивная составляющие вектора полной мощности первого, второго, третьего и четвертого квадрантов соответственно.

2 Направление энергии определяется фазовым сдвигом между током и напряжением в каждой фазе сети:

- прямое направление активной энергии соответствует фазовому сдвигу от 0° до 90° (1-й квадрант, индуктивная нагрузка) и от 270° до 360° (4-й квадрант, емкостная нагрузка);
- обратное направление активной энергии соответствует фазовому сдвигу от 180° до 270°

(3-й квадрант, индуктивная нагрузка) и от 90° до 180° (2-й квадрант, емкостная нагрузка);

- прямое направление реактивной энергии соответствует фазовому сдвигу от 0° до 180°;
- обратное направление реактивной энергии соответствует фазовому сдвигу от 180° до 360°;

3 Двунаправленные счетчики допускают реверсное включение токовых цепей. При этом измерение и учет будет вестись в регистрах противоположного направления.

При учете потерь импульсы телеметрии формируются с учетом мощности потерь  $P_{\Sigma}=P\pm P_{п}$  (формулы (1), (6)),  $Q_{\Sigma}=Q\pm Q_{п}$  (формулы (5), (7)), подсчитываются контроллером и отдельно сохраняются в регистрах текущих значений энергии и профиля мощности с учетом потерь по каждому виду энергии (мощности) и направлению до свершения события. Знак учета потерь является конфигурационным параметром счетчика и зависит от расположения точки учета и точки измерения.

Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ выпускаются в различных модификациях, которые отличаются классом точности, номинальными напряжениями, номинальными токами, количеством интерфейсов связи и наличием резервного источника питания. Варианты исполнения счетчиков приведены в таблице 2.

Запись счетчика при его заказе и в конструкторской документации другой продукции должна состоять из наименования счетчика, условного обозначения варианта исполнения счетчика и номера технических условий.

Пример записи счётчика - «Счётчик электрической энергии многофункциональный СЭТ-4ТМ.0ХМТ.ХХ ФРДС.411152.001ТУ». Где ХМТ.ХХ – вариант исполнения счетчика в соответствии с таблицей 2.

Счетчики СЭТ-4ТМ.02МТ и СЭТ-4ТМ.03МТ отличаются только количеством интерфейсов связи. У СЭТ-4ТМ.02МТ один интерфейс RS-485 и оптопорт, у СЭТ-4ТМ.03МТ два интерфейса RS-485 и оптопорт. Все интерфейсы независимые, равноприоритетные и изолированные.

Двунаправленные счетчики ведут измерения и учет: активной энергии прямого и обратного направления, реактивной энергии прямого и обратного направления и реактивной энергии первого, второго, третьего и четвертого квадрантов (8 каналов учета).

Таблица 2 – Варианты исполнения счетчиков

Наименование и условное обозначение варианта исполнения счетчика	Номинальный (максимальный) ток, А	Номинальное напряжение, В	Класс точности при измерении активной/реактивной энергии	Количество интерфейсов RS-485	Наличие резервного блока питания
СЭТ-4ТМ.03МТ	5(10)	3×(57,7-115)/ (100-200)	0,2S/0,5	2	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.01	5(10)		0,5S/1,0	2	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.02	5(10)		0,2S/0,5	1	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.03	5(10)		0,5S/1,0	1	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.04	5(10)		0,2S/0,5	2	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.05	5(10)		0,5S/1,0	2	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.06	5(10)		0,2S/0,5	1	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.07	5(10)		0,5S/1,0	1	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.08	5(10)	3×(120-230)/ (208-400)	0,2S/0,5	2	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.09	5(10)		0,5S/1,0	2	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.10	5(10)		0,2S/0,5	1	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.11	5(10)		0,5S/1,0	1	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.12	5(10)		0,2S/0,5	2	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.13	5(10)		0,5S/1,0	2	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.14	5(10)		0,2S/0,5	1	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.15	5(10)		0,5S/1,0	1	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.16	1(2)	3×(57,7-115)/ (100-200)	0,2S/0,5	2	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.17	1(2)		0,5S/1,0	2	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.18	1(2)		0,2S/0,5	1	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.19	1(2)		0,5S/1,0	1	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.20	1(2)		0,2S/0,5	2	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.21	1(2)		0,5S/1,0	2	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.22	1(2)		0,2S/0,5	1	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.23	1(2)		0,5S/1,0	1	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.24	1(2)	3×(120-230)/ (208-400)	0,2S/0,5	2	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.25	1(2)		0,5S/1,0	2	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.26	1(2)		0,2S/0,5	1	есть
СЭТ-4ТМ.02МТ.27	1(2)		0,5S/1,0	1	есть
СЭТ-4ТМ.03МТ.28	1(2)		0,2S/0,5	2	нет
СЭТ-4ТМ.03МТ.29	1(2)		0,5S/1,0	2	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.30	1(2)		0,2S/0,5	1	нет
СЭТ-4ТМ.02МТ.31	1(2)		0,5S/1,0	1	нет

Двухнаправленные счетчики могут конфигурироваться для работы в однонаправленном режиме (пять каналов учета) и учитывать:

- активную энергию прямого и обратного направления, как активную энергию прямого направления (учет по модулю не зависимо от направления тока в каждой фазе сети);
- реактивную энергию первого и третьего квадранта, как реактивную энергию прямого направления и реактивную энергию первого квадранта (индуктивная нагрузка);
- реактивную энергию четвертого и второго квадранта, как реактивную энергию обратного направления и реактивную энергию четвертого квадранта (емкостная нагрузка).

Подключение счетчиков к сети производится через измерительные трансформаторы напряжения и тока. Счетчики с номинальным напряжением  $3 \times (57,7-115)/(100-200)$  В могут использоваться на подключениях с номинальными фазными напряжениями из ряда: 57,7; 63,5; 100; 110; 115 В. Счетчики с номинальным напряжением  $3 \times (120-230)/(208-400)$  В могут использоваться как с измерительными трансформаторами напряжения, так и без них на подключениях с номинальными фазными напряжениями из ряда: 120, 127, 173, 190, 200, 220, 230 В.

#### Тарификация и архивы учтенной энергии

Счетчики ведут многотарифный учет энергии (без учета потерь) в восьми тарифных зонах, по восьми типам дней в двенадцати сезонах. Дискрет тарифной зоны составляет 10 минут. Чередование тарифных зон в сутках ограничено числом десятиминутных интервалов в сутках и составляет 144 интервала. Тарификатор счетчиков использует расписание праздничных дней и список перенесенных дней. Счетчики ведут бестарифный учет активной и реактивной энергии с учетом потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе.

Счетчики ведут архивы тарифицированной учтенной энергии и не тарифицированной энергии с учетом потерь (активной, реактивной прямого и обратного направления и четырехквadrантной реактивной энергии):

- всего от сброса (нарастающий итог);
- за текущие и предыдущие сутки;
- на начало текущих и предыдущих суток;
- за каждые предыдущие календарные сутки глубиной до 30 дней;
- на начало каждых предыдущих календарных суток глубиной до 30 дней;
- за текущий месяц и двенадцать предыдущих месяцев;
- на начало текущего месяца и двенадцати предыдущих месяцев;
- за текущий и предыдущий год;
- на начало текущего и предыдущего года.

#### Профили мощности нагрузки

Счетчики ведут три четырехканальных независимых массива профиля мощности с программируемым временем интегрирования от 1 до 60 минут для активной и реактивной мощности прямого и обратного направления (четыре канала). Если счетчики используются на подключениях с номинальными напряжениями  $3 \times (100-115/173-200)$  В, то время интегрирования может программироваться только в диапазоне от 1 до 30 минут.

Каждый массив профиля мощности может конфигурироваться для ведения профиля мощности нагрузки с учетом активных и реактивных потерь в линии электропередачи и силовом трансформаторе со временем интегрирования от 1 до 30 минут.

Глубина хранения каждого массива профиля составляет:

- 114 суток при времени интегрирования 30 минут;
- 170 суток при времени интегрирования 60 минут.

#### Регистрация максимумов мощности нагрузки

Счетчики могут использоваться как регистраторы максимумов мощности (активной, реактивной, прямого и обратного направления) по каждому массиву профиля мощности с использованием двенадцатисезонного расписания утренних и вечерних максимумов.

Максимумы мощности фиксируются в архивах счетчика:

- от сброса (ручной сброс или сброс по интерфейсному запросу);
- за текущий и каждый из двенадцати предыдущих месяцев.

В архивах максимумов фиксируется значение максимума мощности и время, соответствующее окончанию интервала интегрирования мощности соответствующего массива профиля.

Если массив профиля мощности сконфигурирован для мощности с учетом потерь, то в архивах максимумов фиксируется максимальная мощность с учетом потерь.

### Измерение параметров сети и показателей качества электрической энергии

Счетчики измеряют мгновенные значения (время интегрирования от 0,2 до 5 секунд) физических величин, характеризующих трехфазную электрическую сеть, и могут использоваться как датчики или измерители параметров, приведенных в таблице 3.

Счетчики всех вариантов исполнения, не зависимо от конфигурации, работают как четырехквadrантные измерители с учетом направления и угла сдвига фаз между током и напряжением в каждой фазе сети и могут использоваться для оценки правильности подключения счетчика. Мгновенные мощности трехфазных измерений определяются с учетом конфигурации, как описано выше.

Таблица 3 – Измеряемые параметры

Наименование параметра	Цена ед. мл. разряда индикатора	Примечание
Активная мощность, Вт	0,01	По каждой фазе сети и сумме фаз
Реактивная мощность, вар	0,01	
Полная мощность, В·А	0,01	
Активная мощность потерь, Вт	0,01	
Реактивная мощность потерь, вар	0,01	
Фазное напряжение, В	0,01	По каждой фазе сети
Межфазное напряжение, В	0,01	По каждой паре фаз
Напряжение прямой последовательности, В	0,01	
Ток, А	0,0001	По каждой фазе сети
Коэффициент мощности	0,01	По каждой фазе сети и сумме фаз
Частота сети, Гц	0,01	
Коэффициент искажения синусоидальности кривой токов, %	0,01	Справочные данные
Коэффициентов несимметрии тока по нулевой и обратной последовательностям, %	0,01	
Коэффициент искажения синусоидальности кривой фазных напряжений, %	0,01	
Коэффициент искажения синусоидальности кривой межфазных напряжений, %	0,01	
Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой и обратной последовательностям, %	0,01	
Текущее время, с	1	
Текущая дата		
Температура внутри счетчика, °С	1	
<p>1 Цена единицы младшего разряда указана для коэффициентов трансформации напряжения и тока равных 1.</p> <p>2 Все физические величины индицируются с учетом введенных коэффициентов трансформации напряжения и тока.</p>		

Счетчики могут использоваться как измерители показателей качества электрической энергии согласно ГОСТ 32144-2013 по параметрам установившегося отклонения фазных (межфазных, прямой последовательности) напряжений и частоты сети.

### Испытательные выходы и цифровые входы

В счетчиках функционируют четыре изолированных испытательных выхода основного передающего устройства. Каждый испытательный выход может конфигурироваться:

- для формирования импульсов телеметрии одного из каналов учета энергии (активной, реактивной, прямого и обратного направления, и четырехквadrантной реактивной, в том числе и с учетом потерь);
- для формирования сигналов индикации превышения программируемого порога мощности (активной, реактивной, прямого и обратного направления);
- для формирования сигналов телеуправления;
- для проверки точности хода встроенных часов реального времени (только канал 0).

В счетчиках функционируют два цифровых входа, которые могут конфигурироваться:

- для управления режимом поверки (только первый цифровой вход).
- для счета нарастающим итогом количества импульсов, поступающих от внешних устройств (по переднему, заднему фронту или обоим фронтам);
- как вход телесигнализации.

### Журналы

Счетчики ведут журналы событий, журналы показателей качества электрической энергии, журналы превышения порога мощности и статусный журнал. Общее число записей в журналах 1040.

В журналах событий фиксируются времена начала/окончания следующих событий:

- время выключения/включения счетчика;
- время включения/выключения резервного источника питания;
- время выключения/включения фазы 1, фазы 2, фазы 3;
- время открытия/закрытия защитной крышки;
- время изменения коэффициентов трансформации
- время коррекции времени и даты;
- время коррекции тарифного расписания;
- время коррекции расписания праздничных дней;
- время коррекции списка перенесенных дней;
- время коррекции расписания утренних и вечерних максимумов мощности;
- время последнего программирования;
- время и количество перепрограммированных параметров;
- время изменения состояния входов телесигнализации;
- время инициализации счетчика;
- время сброса показаний (учтенной энергии);
- время инициализации первого, второго и третьего массива профиля мощности;
- время сброса максимумов мощности по первому, второму и третьему массиву профиля;
- время и количество попыток несанкционированного доступа к данным;
- время и количество измененных параметров измерителя качества;
- время и количество измененных параметров измерителя потерь;
- время воздействия на счетчик повышенной магнитной индукции.

Все перечисленные журналы имеют глубину хранения по 10 записей.

В журналах показателей качества электроэнергии фиксируются времена выхода/возврата за установленные верхнюю/нижнюю нормально/предельно допустимую границу:

- отклонения напряжений: фазных, межфазных, прямой последовательности;
- частоты сети;
- коэффициентов несимметрии напряжения по нулевой и обратной последовательностям;

– коэффициентов искажения синусоидальности кривой фазных и межфазных напряжений.

Глубина хранения каждого журнала выхода за нормально допустимые границы 20 записей, за предельно допустимые границы – 10 записей.

В журналах превышения порога мощности фиксируется время выхода/возврата за установленную границу среднего значения активной и реактивной мощности прямого и обратного направления из первого, второго или третьего массива профиля мощности. Глубина хранения журнала по каждой мощности 10 записей.

В статусном журнале фиксируется время и значение измененного слова состояния счетчика. Глубина хранения статусного журнала 10 записей.

#### Устройство индикации

Счетчики имеют жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) с подсветкой для отображения учетной энергии и измеряемых величин и три кнопки управления режимами индикации.

Счетчики в режиме индикации основных параметров позволяют отображать на индикаторе:

- учетную активную и реактивную энергию прямого и обратного направления и четырехквadrантную реактивную энергию по каждому тарифу и сумме тарифов;
- энергию с учетом потерь в линии передачи и силовом трансформаторе;
- число импульсов от внешних датчиков по цифровому входу 1 и 2.

Все перечисленные выше данные сохраняются в архивах с возможностью просмотра на индикаторе:

- всего от сброса показаний (нарастающий итог);
- за текущий и предыдущий год;
- за текущий и предыдущий месяц;
- за текущие и предыдущие сутки;
- на начало текущего года;
- на начало текущего и предыдущего месяца;
- на начало текущих и предыдущих суток.

Счетчики в режиме и индикации основных параметров, кроме перечисленных выше, отображают значения и время фиксации утренних и вечерних максимумов мощности по первому, второму и третьему массиву профиля мощности.

Счетчики в режиме индикации вспомогательных параметров позволяют отображать на индикаторе данные вспомогательных режимов измерения, приведенных в таблице 3, и кроме того, версию ПО счетчика и контрольную сумму метрологически значимой части ПО.

#### Интерфейсы связи

Счетчики СЭТ-4ТМ.03МТ имеют три равноприоритетных, независимых, гальванически изолированных интерфейса связи: два RS-485 и оптический интерфейс (ГОСТ IEC 61107-2011). Счетчики СЭТ-4ТМ.02МТ имеют два равноприоритетных, независимых, гальванически изолированных интерфейса связи: RS-485 и оптический интерфейс (ГОСТ IEC 61107-2011).

Счетчики поддерживают ModBus-подобный, СЭТ-4ТМ.02-совместимый протокол и обеспечивают возможность дистанционного управления функциями, программирования (перепрограммирования) режимов и параметров и считывания параметров и данных измерений. Независимость портов связи и высокая производительность протокола обмена счетчика СЭТ-4ТМ.03МТ позволяет его использование в составе сразу двух систем: АИИС КУЭ и АСДУ.

Работа со счетчиками через интерфейсы связи может производиться с применением программного обеспечения «Конфигуратор СЭТ-4ТМ».

Доступ к параметрам и данным со стороны интерфейсов связи защищен паролями на чтение и программирование (два уровня доступа). Метрологические коэффициенты и заводские параметры защищены аппаратной перемычкой и не доступны без снятия пломб завода-изготовителя и нарушения оттиска поверительного клейма.

### Защита от несанкционированного доступа

Для защиты от несанкционированного доступа в счетчиках предусмотрена установка пломб ОТК завода-изготовителя и организации осуществляющей поверку счетчика.

После установки на объект счетчики должны пломбироваться пломбами обслуживающей организации.

Кроме механического пломбирования в счетчике предусмотрено электронное пломбирование крышки зажимов во включенном состоянии счетчика. При этом факт и время вскрытия крышки зажимов фиксируется в соответствующем журнале событий счетчика.

В счетчиках установлен датчик магнитного поля, фиксирующий воздействие на счетчик магнитного поля повышенной. Факт и время воздействия на счетчик повышенной магнитной индукции фиксируется в журнале событий.

Общий вид счетчика, схема пломбирования от несанкционированного доступа, обозначение места нанесения знака поверки представлены на рисунке 1.

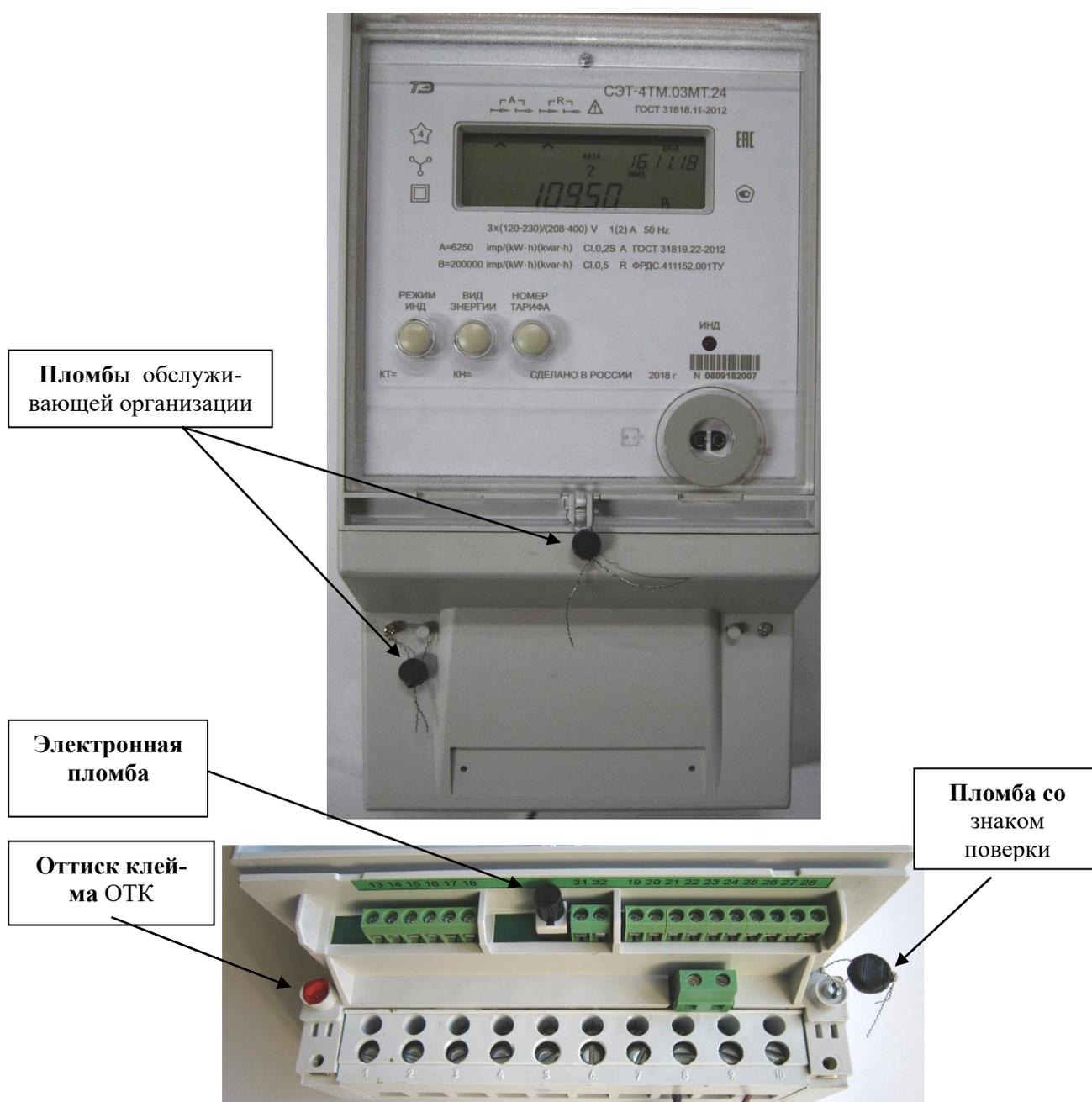


Рисунок 1 – Общий вид счетчика, схема пломбирования от несанкционированного доступа, обозначение места нанесения знака поверки

## Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) счетчиков имеет структуру с разделением на метрологически значимую и метрологически незначимую части. Каждая структурная часть исполняемого кода программы во внутренней памяти микроконтроллера защищается циклической контрольной суммой, которая непрерывно контролируется системой диагностики счетчиков.

Метрологические характеристики счетчиков напрямую зависят от калибровочных коэффициентов, которые записываются в память счетчиков на заводе-изготовителе на стадии калибровки. Калибровочные коэффициенты защищаются циклическими контрольными суммами, которые непрерывно контролируются системой диагностики счетчиков. Массивы калибровочных коэффициентов защищены аппаратной перемычкой защиты записи и не доступны для изменения без вскрытия счетчиков.

При обнаружении ошибок контрольных сумм (КС) системой диагностики устанавливаются флаги ошибок в слове состояния счетчиков с записью события в статусный журнал счетчиков и отображением сообщения об ошибке на ЖКИ:

- E-09 - ошибка КС программы;
- E-10 - ошибка КС массива калибровочных коэффициентов.

Метрологические характеристики нормированы с учетом влияния программного обеспечения.

Конструкция счетчиков исключает возможность несанкционированного влияния на ПО счетчика и измерительную информацию.

Версия ПО счетчиков и цифровой идентификатор ПО могут отображаться на ЖКИ в кольце индикации вспомогательных параметров.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «высокий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	TE4_1850.p.s
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 03.18.XX
Цифровой идентификатор ПО	00FE
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения	CRC 16 ModBus RTU
<p>Номер версии ПО состоит из трех полей, каждое поле содержит два символа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- первое поле - код устройства (03 – СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ);</li> <li>- второе поле – номер версии метрологически значимой части ПО;</li> <li>- третье поле – номер версии метрологически незначимой части ПО.</li> </ul>	

## Метрологические и технические характеристики

Таблица 5 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Класс точности при измерении в прямом и обратном направлении в соответствии с вариантом исполнения:	
– активной энергии по ГОСТ 31819.22-2012	0,2S или 0,5S
– реактивной энергии по ФРДС.411152.001ТУ	0,5*
– реактивной энергии по ГОСТ 31819.23-2012	1,0
Номинальный (максимальный) тока, А	1 (2) или 5 (10)
Максимальный ток в течение 0,5 с, А	20I <sub>макс</sub>
Стартовый ток (чувствительность) (0,001I <sub>ном</sub> ), мА	1 или 5
Номинальное напряжение, В	3×(57,7-115)/(100-200) или 3×(120-230)/(208-400)

Продолжение таблицы 5

Наименование характеристики	Значение
Установленный рабочий диапазон напряжений от $0,8U_{\text{НОМ}}$ до $1,15U_{\text{НОМ}}$ , В, для счетчиков с $U_{\text{НОМ}}$ : - $3 \times (57,7-115)/(100-200)$ В - $3 \times (120-230)/(208-400)$ В	$3 \times (46-132)/(80-230)$ $3 \times (96-265)/(166-460)$
Диапазон входных напряжений резервного источника питания (переменного или постоянного тока), В	от 100 до 265
Номинальная частота сети, Гц	50
Диапазон рабочих частот, Гц	от 47,5 до 52,5
Пределы основной относительной погрешности измерения, %: - активной мощности (прямого и обратного направления при активной, индуктивной и емкостной нагрузках в зависимости от класса точности 0,2S или 0,5S), $\delta P$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\cos\varphi=1$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\cos\varphi=0,5$ при $0,01I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05I_{\text{НОМ}}$ , $\cos\varphi=1$ при $0,02I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05I_{\text{НОМ}}$ , $\cos\varphi=0,5$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\cos\varphi=0,25$ - реактивной мощности (прямого и обратного направления при активной, индуктивной и емкостной нагрузках в зависимости от класса точности 0,5 или 1), $\delta Q$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\sin\varphi=1$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\sin\varphi=0,5$ при $0,01I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05I_{\text{НОМ}}$ , $\sin\varphi=1$ при $0,02I_{\text{НОМ}} \leq I < 0,05I_{\text{НОМ}}$ , $\sin\varphi=0,5$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\sin\varphi=0,25$ - полной мощности, $\delta S$ (аналогично реактивной мощности) - напряжения (фазного, межфазного, прямой последовательности и их усредненных значений) в диапазоне от $0,8U_{\text{НОМ}}$ до $1,15U_{\text{НОМ}}$ , $\delta u$ - тока, $\delta i$ при $I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ : при $0,01I_{\text{НОМ}} \leq I < I_{\text{НОМ}}$ - частоты и ее усредненного значения в диапазоне от 47,5 до 52,5 Гц, $\delta f$ - коэффициента активной мощности, $\delta \text{кр}$ - мощности активных потерь, $\delta P_{\text{п}}$ - мощности реактивных потерь, $\delta Q_{\text{п}}$ - активной энергии и мощности с учетом потерь (прямого и обратного направления), $\delta(P \pm P_{\text{п}})$ - реактивной энергии и мощности с учетом потерь (прямого и обратного направления), $\delta(Q \pm Q_{\text{п}})$	$\pm 0,2$ или $\pm 0,5$ $\pm 0,3$ или $\pm 0,6$ $\pm 0,4$ или $\pm 1,0$ $\pm 0,5$ или $\pm 1,0$ $\pm 0,5$ или $\pm 1,0$ $\pm 0,5$ или $\pm 1,0$ $\pm 0,6$ или $\pm 1,0$ $\pm 1,0$ или $\pm 1,5$ $\pm 1,0$ или $\pm 1,5$ $\pm 1,0$ или $\pm 1,5$ $\pm 1,0$ или $\pm 1,5$ $\delta Q$ $\pm 0,4$ $\pm 0,4$ $\pm \left[ 0,4 + 0,02 \left( \frac{I_{\text{НОМ}}}{I_x} - 1 \right) \right]$ $\pm 0,05$ $\delta P + \delta S$ $2\delta i + 2\delta u$ $2\delta i + 4\delta u$ $\delta_P \cdot \frac{P}{P \pm P_n} + \delta_{P_n} \cdot \frac{P_n}{P \pm P_n}$ $\delta_Q \cdot \frac{Q}{Q \pm Q_n} + \delta_{Q_n} \cdot \frac{Q_n}{Q \pm Q_n}$
Средний температурный коэффициент в диапазоне температур от $-40$ до $+60$ °С (в зависимости от класса точности), %/К, при измерении: - активной энергии и мощности при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\cos\varphi=1$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\cos\varphi=0,5$ - реактивной энергии и мощности при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\sin\varphi=1$ при $0,05I_{\text{НОМ}} \leq I \leq I_{\text{МАКС}}$ , $\sin\varphi=0,5$	0,01 или 0,03 0,02 или 0,05 0,03 или 0,05 0,05 или 0,07

Продолжение таблицы 5

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения частоты, напряжения и тока в диапазоне температур от -40 до +60 °С, $\delta_{д}$ , %	$0,05\delta_{д}(t-t_{23})^{**}$
Точность хода встроенных часов в нормальных условиях во включенном и выключенном состоянии, с/сут	$\pm 0,5$
Изменение точности хода часов во включенном состоянии в диапазоне рабочих температур от -40 до +60 °С, и в выключенном состоянии в диапазоне температур от -40 до +70 °С, с/°С /сут	$\pm 0,1$
<p>* в виду отсутствия в ГОСТ 31819.23-2012 класса точности 0,5, пределы погрешностей при измерении реактивной энергии счетчиков класса точности 0,5 устанавливаются равными пределам соответствующих погрешностей счетчиков активной энергии класса точности 0,5S по ГОСТ 31819.22-2012.</p> <p>** где <math>\delta_{д}</math> – пределы допускаемой основной погрешности измеряемой величины, t – температура рабочих условий, <math>t_{23}</math> – температура 23°С</p>	

Таблица 6 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Постоянная счетчиков, имп./кВт·ч, имп./квар·ч): - режим испытательных выходов (А) для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (57,7-115)/(100-200)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	25000 5000
для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (120-230)/(208-400)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	6250 1250
- режим испытательных выходов (В) для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (57,7-115)/(100-200)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	800000 160000
для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (120-230)/(208-400)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	200000 40000
- режим испытательных выходов (С) для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (57,7-115)/(100-200)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	12800000 2560000
для счетчиков с $U_{ном} 3 \times (120-230)/(208-400)$ В $I_{ном} 1$ А $I_{ном} 5$ А	3200000 640000
Активная (полная) мощность, потребляемая каждой параллельной цепью напряжения счетчика, Вт (В·А), не более: 57,7 В 115 В 120 В 230 В	0,8 (1,0) 1,0 (1,5) 1,0 (1,5) 1,5 (2,5)
Полная мощность, потребляемая каждой последовательной цепью, В·А, не более	0,1

Продолжение таблицы 6

Наименование характеристики	Значение
Максимальный ток потребления от резервного источника питания переменного и постоянного тока в диапазоне напряжений от 100 до 265 В, мА, не более: = 100 В = 265 В ~100 В ~ 265 В	30 15 45 28
Начальный запуск счетчика, с, менее,	5
Жидкокристаллический индикатор: - число индицируемых разрядов - цена единицы младшего разряда при отображении энергии и коэффициентах трансформации равных 1, кВт·ч (квар·ч)	8 0,01
Тарификатор: - число тарифов - число тарифных зон в сутках с дискретом 10 мин - число типов дней - число сезонов	8 144 8 12
Скорость обмена информацией, бит/с: - по оптическому порту - по интерфейсу RS-485	9600 38400, 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, 600
Характеристики испытательных выходов: - количество испытательных выходов изолированных конфигурируемых - максимальное напряжение в состоянии «разомкнуто», В - максимальный ток в состоянии «замкнуто», мА - выходное сопротивление: в состоянии «разомкнуто», кОм, не менее в состоянии «замкнуто», Ом, не более	4 30 50 50 200
Характеристики цифровых входов: - количество цифровых входов - напряжение присутствия сигнала, В - напряжение отсутствия сигнала, В	2 от 4 до 30 от 0 до 1,5
Сохранность данных при прерываниях питания, лет: - информации, более - внутренних часов, не менее	40 12 (питание от литиевой батареи)
Защита информации	Пароли двух уровней доступа и аппаратная защита памяти метрологических коэффициентов
Самодиагностика	Циклическая, непрерывная
Габаритные размеры, мм, не более - высота - ширина - длина	330 170 80,2
Масса, кг, не более	1,6

Продолжение таблицы 6

Наименование характеристики	Значение
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - относительная влажность при 30 °С, % - давление, кПа (мм. рт. ст.)	группа 4 по ГОСТ 22261-94 от -40 до +60 90 от 70 до 106,7 (от 537 до 800)
Средний срок службы, лет	30
Средняя наработка до отказа, ч	220000
Время восстановления, ч	2

**Знак утверждения типа**

наносится на панели счетчиков методом офсетной печати. В эксплуатационной документации знак утверждения типа наносится на титульных листах типографским способом.

**Комплектность средства измерений**

Таблица 7 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Счетчик электрической энергии многофункциональный СЭТ-4ТМ. _____ (одно из исполнений)	ФРДС.411152.001. __	1 шт.
Формуляр	ФРДС.411152.001ФО	1 экз.
Руководство по эксплуатации. Часть 1	ФРДС.411152.001РЭ	1 экз.
Руководство по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки	ФРДС.411152.001РЭ1*	1 экз.
Программное обеспечение «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», версия не ниже 11.12.18	ФРДС.00004-01**	1 шт.
Индивидуальная упаковка	ФРДС.411915.373	1 шт.

\* Поставляется по отдельному заказу организациям, проводящим поверку счетчиков.

\*\* Поставляется по отдельному заказу для индивидуальной работы со счетчиком через интерфейсы RS-485 или оптопорт.

Ремонтная документация разрабатывается и поставляется по отдельному договору с организациями, проводящими послегарантийный ремонт счетчиков.

**Поверка**

осуществляется по документу ФРДС.411152.001РЭ1 «Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ. Руководство по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки», утвержденному ФБУ «Нижегородский ЦСМ» 24 декабря 2018 г.

Основные средства поверки:

- рабочий эталон 2-го разряда по ГОСТ 8.551-2013;
- ваттметр-счетчик электрической энергии трехфазный эталонный ЦЭ7008 (регистрационный № 27558-11);
- частотомер электронно-счетный ЧЗ-63 (регистрационный № 9084-83);
- секундомер механический СОСпр-26-2 (регистрационный № 11519-11).

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых счетчиков с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на счетчик давлением на специальную мастику или навесную пломбу, расположенную в месте крепления верхней части корпуса к основанию.

**Сведения о методиках (методах) измерений**

приведены в эксплуатационном документе

**Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к счетчикам электрической энергии многофункциональным СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ**

ГОСТ 31818.11-2012. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии

ГОСТ 31819.22-2012. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S

ГОСТ 31819.23-2012. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 23. Статические счетчики реактивной энергии

ГОСТ 8.551-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической мощности и электрической энергии в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц

ФРДС.411152.001ТУ. Счетчики электрической энергии многофункциональные СЭТ-4ТМ.03МТ, СЭТ-4ТМ.02МТ. Технические условия

**Изготовитель**

Общество с ограниченной ответственностью «ТехноЭнерго» (ООО «ТехноЭнерго»)  
ИНН 5261055814  
Адрес: 603152, г. Нижний Новгород, ул. Кемеровская, д. 3, офис 9  
Телефон (факс): (831) 218-04-50  
Web-сайт: te-nn.ru  
E-mail: info@te-nn.ru

**Испытательный центр**

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Нижегородской области» (ФБУ «Нижегородский ЦСМ»)  
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Республиканская, д. 1  
Телефон: (831) 428-78-78, факс: (831) 428-57-48  
Web-сайт: www.nncsm.ru  
E-mail: mail@nncsm.ru

Аттестат аккредитации ФБУ «Нижегородский ЦСМ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30011-13 от 27.11.2013 г.

Заместитель  
Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

А.В. Кулешов

М.п. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.