

УДК 621.317.7

МОНИТОРИНГ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Дмитрий Валерьевич Гурьянов

кандидат технических наук, доцент

guryanov72@mail.ru

Александр Викторович Чувилкин

кандидат технических наук, доцент

sanek_reg68@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В научной статье приведены основные модели счетчиков электроэнергии по Тамбовской области. Представлены их основные характеристики, виды неисправностей и погрешность измерения.

Ключевые слова: мониторинг, счетчики, погрешность, измерение.

Для эффективного наблюдения за уровнем потерь электроэнергии необходимо анализировать данные, собранные с приборов учета, и выявлять любые отклонения от ожидаемых значений. Это поможет определить потенциальные проблемы в системе энергоснабжения и принять меры для их устранения, что в конечном счете может снизить потери электроэнергии и повысить эффективность энергопотребления.

Для анализа были взяты данные, по показаниям приборов учета, которые регистрировались каждый месяц на протяжении 7 месяцев с ноября 2023 по май 2024 г. Количество потребленной электроэнергии определялось показаниями приборов учета. Объектом исследования являются приборы учёта электрической энергии, подлежащие измерению: СЕ 102М и Меркурий 201. Снятие показаний приборов учета потребителей происходит в конце месяца. Для анализа были выбраны несколько видов приборов учета электрической энергии, расположенные в частном секторе в г. Рассказово [1].

Чтобы эффективно проанализировать данные исследований, важно учитывать нормативные требования, характеристики приборов и ожидаемые показатели. Кроме того, необходимо уделить внимание любым отклонениям от стандартных значений, которые могут потребовать корректирующих мер или дополнительных исследований. По данным фактического потребления (кВт*ч) и данным помогающим осуществить контроль за работоспособностью и точностью измерений приборов учета были составлены таблицы учета активной мощности и энергии с погрешностью счетчиков (Табл. 1 и Табл.4).

Рассмотрим нормативные требования, характеристики и ожидаемые показатели счетчика СЕ 102М (рис. 1).



Рисунок 1- Счетчик CE 102M.

Прибор предназначен для измерения и учета активной энергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока. Счетчик удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 52322-2005, ГОСТ Р 52320-2005.

Исполнения счетчиков (CE 102M), тип корпуса (S6 – для установки на щиток, R5– для установки на рейку), класс точности (1 или 2), номинальное фазное напряжение 230В (4), базовый 5А 3 и максимальный ток 60А (5), тип счетного механизма (механический шестиразрядный – М6; механический семиразрядный – М7), положение запятой приведены в таблице 1, постоянная счетчика 2000 имп/кВт*ч.

Счетчик подключается к сети переменного тока и устанавливается в местах, имеющих дополнительную защиту от влияния окружающей среды (помещения, стойки) с рабочими условиями применения: - температура окружающего воздуха от минус 40 до 70°С; - относительная влажность окружающего воздуха 30 - 98 %; - атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (537 - 800 мм рт.ст.); - частота измерительной сети ($50 \pm 2,5$) Гц; - форма кривой напряжения измерительной сети – синусоидальная с коэффициентом несинусоидальности не более 12 %.

Установочные размеры счетчика в корпусе R5 соответствуют стандарту DIN EN50022-35 для установки на рейку.

Технические характеристики:

- Класс точности счетчика 1 или 2 по ГОСТ Р 52322-2005.
- Максимальная сила тока составляет 60 А.
- Полная (активная) мощность, потребляемая цепью напряжения счетчика не превышает 9 В•А (0,8 Вт) при номинальном напряжении, нормальной температуре, номинальной частоте.
- Полная мощность, потребляемая цепью тока не превышает 0,05 В*А при базовом токе, нормальной температуре и номинальной частоте счетчика.
- Счетчик имеет счетный механизм, осуществляющий учет электрической энергии непосредственно в киловатт-часах от запятой слева и десятых долей от запятой справа.
- В счетчике имеется гальванически изолированное от измерительных цепей испытательное выходное устройство.
- Начальный запуск. Счетчик нормально функционирует не позднее чем через 5 с после того, как к зажимам счетчика будет приложено номинальное напряжение.
- Проверка без тока нагрузки. При разомкнутой цепи тока и значении напряжения равном 1,15 номинального значения испытательное выходное устройство счетчика не создает более одного импульса, в течение времени наблюдения равного: 13 мин 40 с для счетчика с базовым током 5 А класса точности 1; 10 мин 50 с для счетчика с базовым током 5 А класса точности 2.
- Стартовый ток. Счетчик с базовым током 5А включается и продолжает регистрировать показания при токе 0,01А.
- Предел допускаемого значения основной погрешности нормируется для информативных значений входного сигнала:
 - сила тока – $(0,05 I_b \div I_{\text{макс}})$;
 - напряжение – $(0,75 \div 1,15) U_{\text{ном}}$;
 - коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8$ (емк) – 1,0 -0,5 (инд).

Предел допускаемого значения дополнительной погрешности при напряжении ниже $0,75 U_{ном}$ не превышает плюс 10 минус 100 %.

Средняя наработка до отказа, не менее 160000 ч.

Средний срок службы – 30 лет.

Принцип действия счетчика основан на перемножении входных сигналов тока и напряжения по методу сигма-дельта модуляции с последующим преобразованием сигнала в частоту следования импульсов, пропорциональную входной мощности. Суммирование этих импульсов отсчетным устройством дает количество активной энергии. Счетчик также имеет в своем составе испытательный выход для подключения к системам автоматизированного учета потребленной электроэнергии или для поверки. Конструктивно счетчик выполнен в пластмассовом корпусе. В корпусе размещена печатная плата, на которой расположена вся схема счетчика. В качестве датчика входного тока используется шунт, соединенный с контактами колодки. Зажимы для подсоединения счетчика к сети, испытательный выход закрываются пластмассовой крышкой [2].

Проведенный визуальный осмотр состояния электропроводки и замер погрешностей счетчика электроэнергии СЕ 102М у потребителя, проживающего в г. Рассказово в частном секторе, специалисты выявили начальные симптомы проблем с электрическим счетчиком. При замере показаний для более детального анализа и точного выявления основных причин поломки счетчика использовался специализированный прибор СЕ 602М.

По характеристикам прибора следует указать, что предел допускаемой основной относительной погрешности 1%, прибор однофазный, установленный на опоре в БЗУМ, коэффициент разности показаний 1, метод учета интегральный, класс точности 1, прибор в заданном классе точности, предел допускаемой основной относительной погрешности 1,0%, замер данных производился 7 месяцев и приведен в таблице 3.

Таблица 1

Учет активной мощности и энергии с погрешностью счетчиков.

| Суммарная активная мощность (PΣ) | Суммарная, за время измерения погрешности, активная энергия (WP) | Погрешность проверяемого счетчика, в процентах (E) |
|----------------------------------|--|--|
| 123.22 Вт | 656.33 мВт.ч | +0,4213% |
| 122.51 Вт | 629.16 мВт.ч | -0,2698% |
| 122.98 Вт | 611.66 мВт.ч | -0,4354% |
| 123.36 Вт | 614.50 мВт.ч | +0,3899% |
| 123.78 Вт | 617.00 мВт.ч | -0,4289% |
| 122.99 Вт | 616.63 мВт.ч | +0,3231% |
| 122.69 Вт | 612.17 мВт.ч | +7,2566% |

Исходя из предоставленных данных, можно сделать следующие выводы относительно неисправности прибора СЕ 102М: при проведенном техническом осмотре и замере погрешностей счетчика СЕ 102М у потребителя в г. Рассказово в частном секторе были выявлены начальные симптомы проблем с электрическим счетчиком. По характеристикам прибора СЕ 102М, он является однофазным, установлен на опоре в БЗУМ, имеет коэффициент разности показаний 1, метод учета интегральный, класс точности 1, предел допускаемой основной относительной погрешности 1%. Суммарная активная мощность до 122 Вт, а суммарная активная энергия составляет 12,167 Вт.ч. Погрешность проверяемого счетчика превышает допустимый предел 1% и составляет +7,2566% при остановке прибора, рисунок 2.

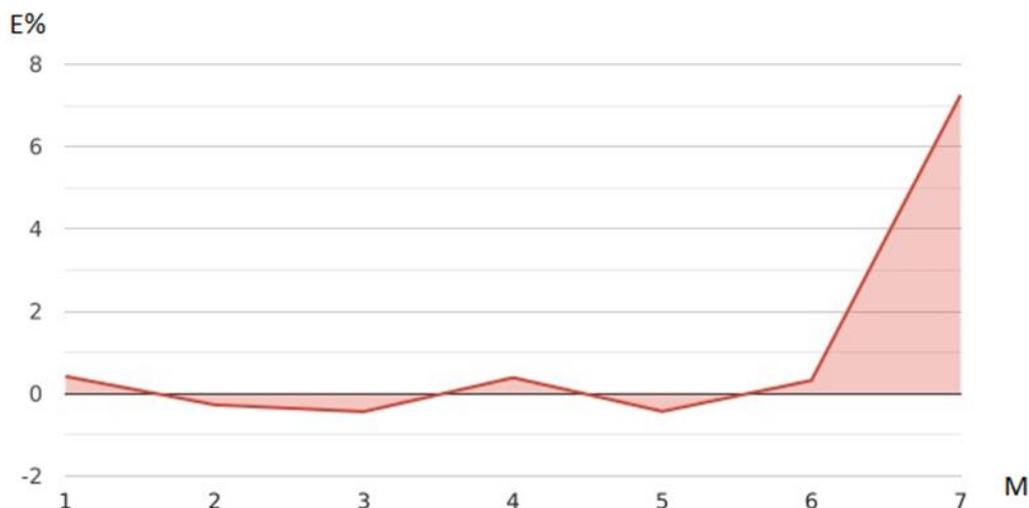


Рисунок 2 - Погрешность проверяемого счетчика: E — погрешность в %, M — месяцы.

С учетом увеличенной погрешности более чем в 7% при остановке прибора СЕ 102М, можно сделать вывод о его неисправности. Такие значительные отклонения от допустимой погрешности указывают на необходимость ремонта или замены данного счетчика.

Процесс замера данных с использованием прибора СЕ 602М включал в себя следующие шаги:

- Подготовка прибора к работе и его калибровка.
- Установка прибора для замера показаний счетчика СЕ 102М.
- Проведение замеров и анализ полученных данных для выявления погрешностей и основных причин неисправности счетчика.
- После выявления неисправностей принимаются соответствующие меры в виде ремонта или замены неисправного прибора СЕ 102М на исправный.

Также для сравнения данных рассмотрим нормативные требования, характеристики и ожидаемые показатели счетчика Меркурий 201.

Счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока электронные Меркурий 201, непосредственного включения, однофазные, с импульсным выходом, предназначены для измерения и учета электрической активной энергии в двухпроводных сетях переменного тока напряжением 230 В, частотой (50 ± 1) Гц.

Принцип действия счетчиков ватт-часов активной энергии переменного тока электронных «Меркурий 201» основан на учете информации, получаемой с импульсного выхода измерительной микросхемы. В качестве датчиков тока в счетчиках используется шунт, включенный последовательно в цепь тока. В качестве датчиков напряжения используются резистивные делители, включенные в параллельную цепь напряжения.

В качестве счетного механизма счетчики имеют электромеханические устройства отсчетные (УО) или жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ) согласно таблице 1.

Счетчики с УО обеспечивают отображение информации в виде шестиразрядных чисел, пять старших разрядов дают показания в кВт-ч, шестой разряд, отделенный запятой, индицирует значение электроэнергии, в-десятых, и сотых долях кВт-ч.

Счетчики с ЖКИ обеспечивают отображение энергопотребления нарастающим итогом в виде восьмизначных чисел, шесть старших разрядов дают показания в кВт-ч, два младших -указывают десятые и сотые доли кВт ч. Имеют световую индикацию мощности потребления. Период мерцания светового индикатора пропорционален уровню энергопотребления. В качестве испытательного выходного устройства счетчики имеют электрический и (или) оптический импульсный выход. Могут применяться автономно или в автоматизированных системах по сбору и учету информации о потребленной электроэнергии.

Счетчики электроэнергии Меркурий 201 состоят из следующих узлов:

- корпуса (основания корпуса, крышки корпуса, клеммной крышки);
- клеммной колодки;
- печатного узла.

Печатный узел представляет собой плату с электронными компонентами, которая устанавливается в основании корпуса. Печатная плата подключается к клеммной колодке с помощью проводов. Крышка корпуса крепится к основанию

защелками и одним или двумя винтами (в зависимости от модификации) и имеет окно для считывания показаний с ЖКИ (УО) и для наблюдения за светодиодным индикатором функционирования. Клеммная колодка состоит из четырех клемм для подключения электросети и нагрузки.

На печатном узле находятся:

- блок питания;
- оптрон импульсного выхода;
- микроконтроллер (МК);
- энергонезависимое запоминающее устройство;
- ЖКИ (УО).

Электросчетчики Меркурий 201 предназначены для эксплуатации внутри закрытых помещений. Степень защиты счетчиков от проникновения пыли и воды IP51.

Меркурий 201 имеют несколько вариантов исполнения, отличающиеся:

- базовым и максимальным током;
- классом точности;
- постоянной счетчика;
- устройством для отображения учтенной электроэнергии;
- наличием электрического и (или) оптического испытательного выхода;
- функциональными возможностями;
- климатическим исполнением;
- типом корпуса.
- УО - устройство отсчетное электромеханическое
- ЖКИ - жидкокристаллический индикатор
- PLC - модуль модема передачи информации по силовой сети.

Таблица 2

Варианты исполнения счетчиков Меркурий серии 201.

| Модификации счетчика | Постоянная счетчика, | Базовый (максимальный) | Тип индикатора | Дополнительные функции |
|----------------------|----------------------|------------------------|----------------|------------------------|
|----------------------|----------------------|------------------------|----------------|------------------------|

| | имп./кВт-ч) | ток, А | | |
|-----------------|-------------|--------|-----|-----|
| Меркурий 201.1 | 6400 | 5(60) | УО | - |
| Меркурий 201.2 | 6400 | 5(60) | ЖКИ | - |
| Меркурий 201.22 | 6400 | 5(60) | ЖКИ | PLC |
| Меркурий 201.3 | 6400 | 10(80) | УО | - |
| Меркурий 201.4 | 6400 | 10(80) | ЖКИ | - |
| Меркурий 201.42 | 6400 | 10(80) | ЖКИ | PLC |
| Меркурий 201.5 | 3200 | 5(60) | УО | - |
| Меркурий 201.6 | 3200 | 10(80) | УО | - |
| Меркурий 201.7 | 3200 | 5(60) | УО | - |
| Меркурий 201.8 | 5000 | 5(80) | ЖКИ | - |
| Меркурий 201.82 | 5000 | 5(80) | ЖКИ | PLC |
| Меркурий 201.9 | 3200 | 10(80) | УО | - |

Общий вид счетчиков ватт-часов активной энергии переменного тока электронных «Меркурий 201», изготовляемых в разных корпусах, представлен на рисунке 3 [2].



Рисунок 3 - Счетчик «Меркурий 201».

В счетчиках с ЖКИ используется программное обеспечение «Меркурий 201».

Меркурий 201 с PLC-модемом передают показания о потребленной энергии нарастающим итогом с момента ввода счетчика в эксплуатацию и принимают от PLC-концентратора следующие показания:

- текущее время суток;
- сетевой идентификатор модема.

Для работы со счетчиками с PLC-модемом используется тестовое программное обеспечение «BMonitorFEC». Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений «высокий» в соответствии с Р50.2.077-2014.

Таблица 3

Метрологические характеристики электросчетчиков Меркурий 201.

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-------------------------------|
| Класс точности | 1 или 2 по ГОСТ 31819.21-2012 |
| Номинальное напряжение, В | 230 |
| Установленный рабочий диапазон напряжения | от 0,9 до 1 $U_{ном}$ |
| Расширенный рабочий диапазон напряжения | от 0,8 до 1,15 $U_{ном}$ |
| Предельный рабочий диапазон напряжения | от 0 до 1,15 $U_{ном}$ |
| Базовый ток (I_b), А | 5 или 10 |
| Максимальный ток ($I_{макс}$) А | 60 или 80 |
| Номинальная частота сети, Гц | 50 |
| Стартовый ток (чувствительность), А, не более: для счетчика с $I_b = 5$ А для счетчика с $I_b = 10$ А | 20 или 10* 40 или 20* |
| Постоянная счетчика, имп./кВт-ч | 6400 или 5000 или 3200 |
| Жидкокристаллический индикатор: число индицируемых разрядов цена единицы младшего разряда при отображении энергии, кВт-ч | 8 0,01 |
| Отсчетное устройство: число индицируемых разрядов цена единицы младшего разряда при отображении энергии, кВт-ч | 6 0,01 |
| Количество тарифов | 1 |

Проведенный технический осмотр состояния электропроводки и замер погрешностей счетчика электроэнергии Меркурий 201.7 у потребителя, проживающего в г. Рассказово в частном секторе, специалисты выявили начальные симптомы проблем с электрическим счетчиком. При замере показаний для более детального анализа и точного выявления основных причин поломки счетчика использовался специализированный прибор СЕ 602М.

По характеристикам прибора следует указать, что прибор однофазный, установленный на опоре в БЗУМ, коэффициент разности показаний 1, метод учета интегральный, класс точности 1, прибор в заданном классе точности, предел допускаемой основной относительной погрешности 1,5%, замер данных производился 7 месяцев и приведен в таблице 4 [3].

Таблица 4

Учет активной мощности и энергии с погрешностью счетчиков.

| Суммарная активная мощность (PΣ) | Суммарная, за время измерения погрешности, активная энергия (WP) | Погрешность проверяемого счетчика, в процентах (E) |
|----------------------------------|--|--|
| 165.90 Вт | 621.13 мВт.ч | -1,2351% |
| 166.11 Вт | 607.85 мВт.ч | -0,3289% |
| 165.61 Вт | 622.15 мВт.ч | -1,4121% |
| 166.26 Вт | 620.33 мВт.ч | +1,1354% |
| 165.80 Вт | 605.20 мВт.ч | +1,2228% |
| 164.31 Вт | 598.56 мВт.ч | -0,5213% |
| 166.18 Вт | 623.75 мВт.ч | +0,2005% |

Исходя из представленных данных, можно сделать следующие выводы:

Счетчик электроэнергии Меркурий 201.7 у потребителя в частном секторе в г. Рассказово показал начальные симптомы проблем. Для более точного анализа и определения причин поломки счетчика использовался специализированный прибор СЕ 602М.

Процесс замера данных с использованием прибора СЕ 602М включил в себя следующие шаги:

- Подготовка прибора к работе и его калибровка.
- Установка прибора на определенной опоре в БЗУМ.

- Проведение непосредственно замера показаний счетчика электроэнергии Меркурий 201.7 с использованием специализированного прибора.

- Анализ полученных данных для более детального изучения и выявления основных причин проблем с счетчиком.

- При необходимости корректировка работы счетчика или замена его на исправное устройство.

Характеристики прибора СЕ 102М указывают на то, что он однофазный, установлен на опоре в БЗУМ, имеет коэффициент разности показаний 1, метод учета интегральный, класс точности 1, предел допускаемой основной относительной погрешности 1,5%. Суммарная активная мощность составляет от 2194 Вт до 2888 Вт, а суммарная активная энергия - 129 Вт.ч. Погрешность проверяемого счетчика не превышает 1,5%, рисунок 4.

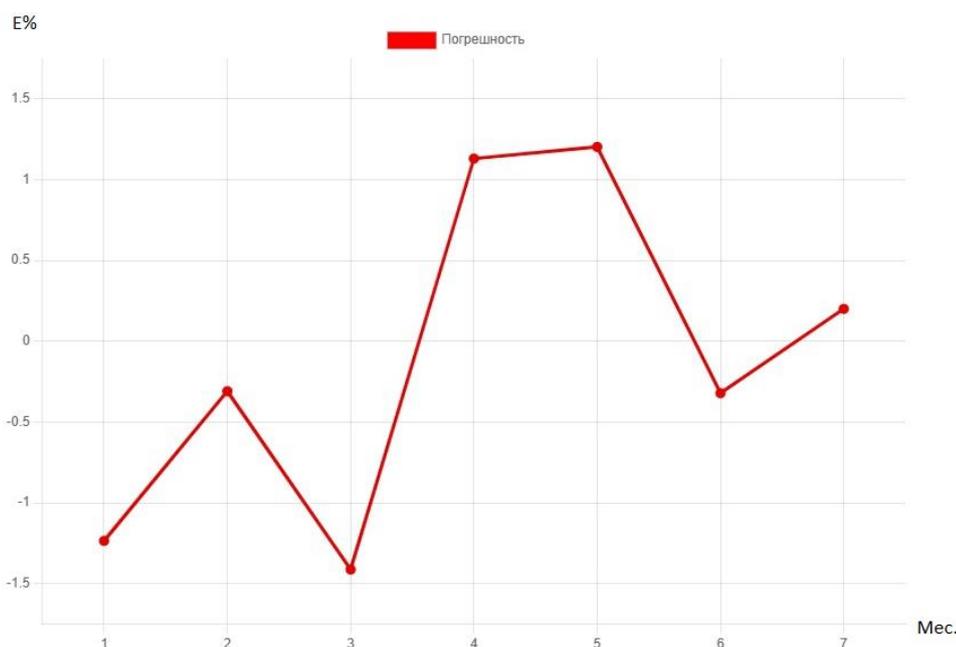


Рисунок 4 - Погрешность проверяемого счетчика: Е- погрешность в %, Мес.- месяцы.

Данный подход к замеру данных позволил точно определить состояние счетчика, прибор исправен и принимать меры по его исправлению в случае выявления неисправности не было необходимым.

Список литературы:

1. Бондаренко В. В., Гурьянов Д. В. Методы борьбы с несанкционированным вмешательством в работу прибора учёта электрической энергии // Наука и Образование. 2024. Т. 7. № 2.
2. Однофазные однотарифные счетчики электроэнергии / Энергомера – URL: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters/single-phase>
3. Поверка электросчетчиков / ТАЙПИТ-ИП – URL: www.meters.taipit.ru

UDC 621.317.7

MONITORING OF ELECTRICITY METERS IN THE TAMBOV REGION

Dmitry V. Guryanov

candidate of technical sciences, associate professor
guryanov72@mail.ru

Alexander V. Chuvilkin

candidate of technical sciences, associate professor
sanek_reg68@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The scientific article presents the main models of electricity meters in the Tambov region. Their main characteristics, types of faults and measurement error are presented.

Keywords: monitoring, counters, error, measurement.

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.