

**Модуль измерения параметров переменного тока  
PZEM-014/016**

**Инструкция по эксплуатации**

## Содержание

1 Введение.....	3
2 Коммуникационный протокол.....	3
2.1 Протокол физического уровня.....	3
2.2 Протокол прикладного уровня.....	3
2.3 Считывание результатов измерений.....	3
2.4 Чтение и изменение параметров ведомого устройства.....	5
2.5 Сброс счетчика энергии.....	6
2.6 Калибровка.....	6
2.7 Проверка контрольной суммы (CRC).....	6
3 Функциональная блок-схема.....	7
4 Схема подключения.....	8
5 Прочие указания.....	10

## 1 Введение

Настоящий документ описывает характеристики **модуля АС-коммуникации PZEM-014/016**. Модуль предназначен для измерения следующих параметров переменного тока:

- напряжения (AC Voltage),
- тока (AC Current),
- активной мощности (Active Power),
- частоты (Frequency),
- коэффициента мощности (Power Factor),
- активной энергии (Active Energy).

Модуль **не оснащён дисплеем**, а передача данных осуществляется через интерфейс RS485.

**PZEM-014:** диапазон измерения — до 10 А (встроенный шунт)

**PZEM-016:** диапазон измерения — до 100 А (внешний трансформатор тока)

## 2 Коммуникационный протокол

### 2.1 Протокол физического уровня

Физический уровень использует интерфейс связи UART с преобразованием в RS485. Скорость передачи данных: 9600 бод, 8 бит данных, 1 стоповый бит, без контроля четности.

### 2.2 Протокол прикладного уровня

Прикладной уровень использует протокол Modbus-RTU для обмена данными. В настоящее время поддерживаются только следующие функциональные коды: 0x03 (Чтение регистров хранения), 0x04 (Чтение входных регистров), 0x06 (Запись одиночного регистра), 0x41 (Калибровка), 0x42 (Сброс счетчика энергии) и т.д.

Функциональный код 0x41 предназначен только для внутреннего использования (адрес может быть только 0xF8), и применяется для заводской калибровки и возврата к заводским настройкам. После функционального кода следует 16-битный пароль, пароль по умолчанию - 0x3721.

Диапазон адресов ведомых устройств: 0x01 ~ 0xF7. Адрес 0x00 используется как широковещательный адрес, при этом ведомое устройство не должно отвечать ведущему. Адрес 0xF8 используется как универсальный адрес, который применяется только в среде с одним ведомым устройством и может использоваться для калибровки и других операций.

### 2.3 Считывание результатов измерений

**Формат команды на чтение измеренных данных (от ведущего устройства)**

Общая длина команды — 8 байт.

Адрес ведомого устройства + 0x04 + Старший байт адреса регистра + Младший байт адреса регистра + Старший байт количества регистров + Младший байт количества регистров + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

**Формат ответа от ведомого устройства (модуля):**

Ответ может быть двух типов:

1. Правильный (нормальный) ответ:

Адрес ведомого устройства + 0x04 + Количество байтов + Старший байт данных регистра 1 + Младший байт данных регистра 1 + ... + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

2. Ошибка (аварийный ответ):

Адрес ведомого устройства + 0x84 + Код ошибки + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

Коды ошибок расшифровываются следующим образом (аналогично и далее):

- 0x01 - Недопустимая функция
- 0x02 - Недопустимый адрес
- 0x03 - Недопустимые данные
- 0x04 - Ошибка ведомого устройства

Регистры результатов измерений расположены согласно следующей таблице:

Адрес регистра	Описание	Разрешение
0x0000	Значение напряжения	1 единица соответствует 0,1 В
0x0001	Значение тока, младшие 16 бит	1 единица соответствует 0,001 А
0x0002	Значение тока, старшие 16 бит	
0x0003	Значение мощности, младшие 16 бит	1 единица соответствует 0,1 Вт
0x0004	Значение мощности, старшие 16 бит	
0x0005	Значение энергии, младшие 16 бит	1 единица соответствует 1 Вт·ч
0x0006	Значение энергии, старшие 16 бит	
0x0007	Значение частоты	1 единица соответствует 0,1 Гц
0x0008	Значение коэффициента мощности	1 единица соответствует 0,01
0x0009	Состояние тревоги	0xFFFF - тревога, 0x0000 - нет тревоги

Например, ведущее устройство отправляет следующую команду (код контрольной суммы CRC заменен на 0xHH и 0xLL, аналогично и далее):

0x01 + 0x04 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x0A + 0xHH + 0xLL

Это означает, что ведущему устройству необходимо прочитать 10 регистров с адресом ведомого 0x01, а начальный адрес регистра - 0x0000.

Корректный ответ от ведомого выглядит следующим образом:

0x01 + 0x04 + 0x14 + 0x08 + 0x98 + 0x03 + 0xE8 + 0x00 + 0x00 + 0x08 + 0x98 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x01 + 0xF4 + 0x00 + 0x64 + 0x00 + 0x00 + 0xHH + 0xLL

Приведенные выше данные показывают:

- Напряжение: 0x0898, в десятичном формате 2200, отображается как 220,0 В
- Ток: 0x000003E8, в десятичном формате 1000, отображается как 1,000 А
- Мощность: 0x00000898, в десятичном формате 2200, отображается как 220,0 Вт
- Энергия: 0x00000000, в десятичном формате 0, отображается как 0 Вт·ч
- Частота: 0x01F4, в десятичном формате 500, отображается как 50,0 Гц
- Коэффициент мощности: 0x0064, в десятичном формате 100, отображается как 1,00
- Состояние тревоги: 0x0000, указывает, что текущая мощность ниже порогового значения тревоги

## 2.4 Чтение и изменение параметров ведомого устройства

В настоящее время поддерживается только чтение и изменение адреса ведомого устройства и порога тревоги по мощности.

Регистры расположены согласно следующей таблице:

Адрес регистра	Описание	Разрешение
0x0001	Порог тревоги по мощности	1 единица соответствует 1 Вт
0x0002	Адрес Modbus-RTU	Диапазон 0x0001-0x00F7

Формат команды на чтение параметров ведомого устройства аналогичен формату команды для чтения измеренных данных (подробно описан в разделе 2.3).

Единственное отличие — код функции, который изменяется с 0x04 на 0x03.

### Запись параметров устройства (изменение значений регистров)

**Общая длина команды — 8 байт.**

Адрес ведомого устройства + 0x06 + Старший байт адреса регистра + Младший байт адреса регистра + Старший байт значения регистра + Младший байт значения регистра + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

### Формат команды ответа от ведомого разделяется на два типа:

1. Правильный (нормальный) ответ:

Адрес ведомого устройства + 0x06 + Количество байтов + Младший байт адреса регистра + Старший байт значения регистра + Младший байт значения регистра + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

2. Ответ с ошибкой (аварийный):

Адрес ведомого устройства + 0x86 + Код ошибки + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

Например, установка порога срабатывания сигнала превышения мощности.

Пример команды от ведущего устройства:

0x01 + 0x06 + 0x00 + 0x01 + 0x08 + 0xFC + 0xHH + 0xLL

Это означает, что ведущему устройству необходимо установить регистр 0x0001 (порог тревоги по мощности) на значение 0x08FC (2300 Вт).

Если установка выполнена успешно, ведомое устройство возвращает тот же самый пакет данных, который был отправлен от ведущего устройства.

Например, установка Modbus-адреса ведомого устройства. Пример команды от ведущего устройства:

0x01 + 0x06 + 0x00 + 0x02 + 0x00 + 0x05 + 0xHH + 0xLL

Это означает, что ведущему устройству необходимо установить регистр 0x0002 (адрес Modbus-RTU) на значение 0x0005.

При успешной настройке ведомое устройство возвращает те же данные, которые были отправлены ведущим устройством.

## 2.5 Сброс счетчика энергии

Для сброса накопленной активной энергии (счётчика) используется специальная команда.

**Формат команды на сброс энергии (от ведущего устройства):**

Общая длина команды — 4 байта.

Адрес ведомого + 0x42 + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

**Ответ ведомого устройства**

1. Корректный ответ: Адрес ведомого + 0x42 + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

2. Ответ с ошибкой: Адрес ведомого + 0xC2 + Код ошибки + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

## 2.6 Калибровка

Для выполнения внутренней калибровки модуля используется специальная команда, отправляемая от ведущего устройства.

**Формат команды на калибровку (от ведущего устройства):**

Общая длина команды — 6 байт.

0xF8 + 0x41 + 0x37 + 0x21 + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

**Ответ ведомого устройства**

1. Корректный ответ: 0xF8 + 0x41 + 0x37 + 0x21 + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

2. Ответ с ошибкой: 0xF8 + 0xC1 + Код ошибки + Старший байт контрольной суммы CRC + Младший байт контрольной суммы CRC.

Следует отметить, что калибровка занимает 3-4 секунды. После отправки команды ведущим устройством, в случае успешной калибровки, потребуется 3-4 секунды для получения ответа от ведомого устройства. Во время калибровки модуль может не отвечать на другие команды.

## 2.7 Проверка контрольной суммы (CRC)

Контрольная сумма CRC используется для проверки целостности передаваемых данных. Расчёт осуществляется по алгоритму CRC-16, принятым в протоколе Modbus RTU.

- Формат CRC — **16-битный**, занимает **2 байта**.
- Используемый генераторный многочлен:

$$X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$$

Шестнадцатеричное представление многочлена: 0xA001

### Метод расчёта

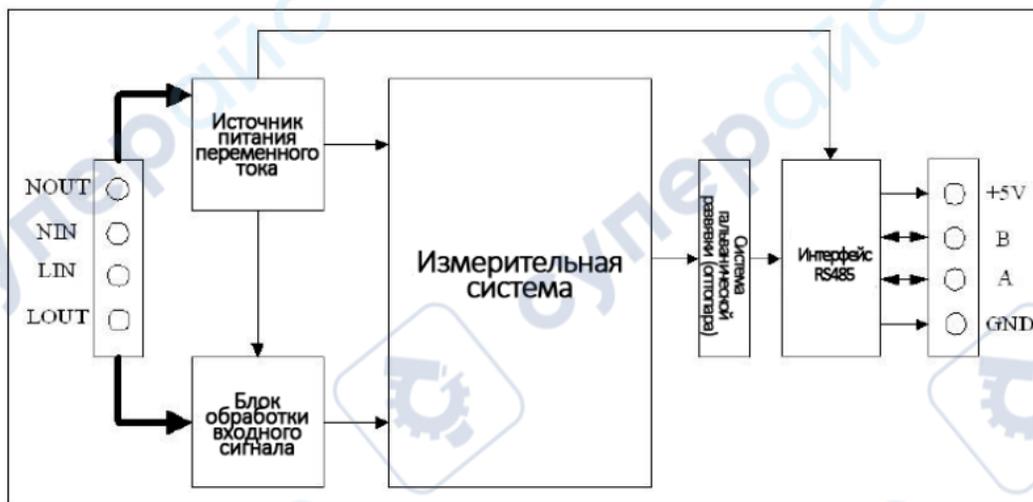
Контрольная сумма вычисляется по всем байтам кадра, за исключением самих байтов CRC.

Результат деления (остаток) по указанному многочлену и есть значение контрольной суммы, которая добавляется в конец каждого запроса и ответа.

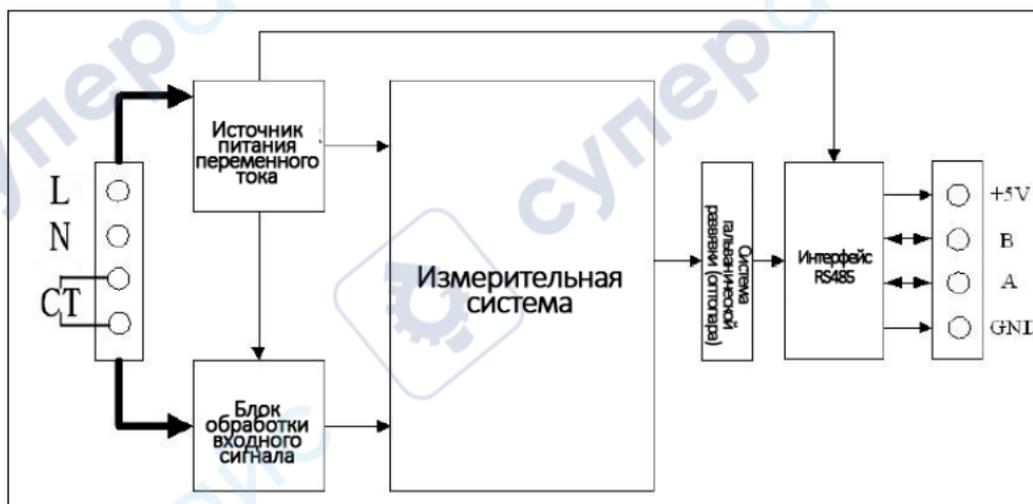
💡 CRC передаётся в порядке: сначала младший байт, затем старший байт (Little Endian), как того требует протокол Modbus RTU.

### 3 Функциональная блок-схема

Ниже приведены функциональные блок-схемы работы модулей PZEM-014 и PZEM-016. Оба модуля состоят из следующих основных компонентов:



PZEM-014



PZEM-016

### Функциональная блок-схема PZEM-014

#### Описание подключения:

- **NOUT / NIN / LIN / LOUT** — клеммы подключения нагрузки и питания.
- Встроенный шунт используется для измерения тока.
- Сигнал с нагрузки подаётся в измерительный блок.
- Данные передаются по интерфейсу RS485, гальванически развязанному через оптопару.

### Функциональная блок-схема PZEM-016

#### Описание подключения:

- **L / N / CT** — клеммы подключения линии, нуля и внешнего трансформатора тока.
- Ток измеряется через **внешний трансформатор тока (СТ)**.
- Аналогично модулю PZEM-014, данные поступают в измерительный блок, а затем через опторазвязку передаются по интерфейсу RS485.

#### Назначение выводов интерфейса RS485 (для обоих модулей):

- +5V — питание интерфейса
- B — линия B (RS485)
- A — линия A (RS485)
- GND — общий провод

#### 4 Схема подключения



#### Назначение клемм:

##### Вход питания и измерения:

- **L** — фазный провод сети переменного тока (Line)
- **N** — нулевой провод сети (Neutral)
- **Нагрузка** — подключение нагрузки (лампа, электроприбор и т.д.)

Модуль измеряет ток, протекающий через нагрузку, и напряжение в цепи.

#### Интерфейс связи (RS485):

- 5V — питание интерфейсной части
- B — линия B интерфейса RS485
- A — линия A интерфейса RS485
- GND — общий провод (земля)

Интерфейс RS485 подключается к ПК через преобразователь **RS485–USB**.

⚠ **Внимание:** Подключение модуля должно выполняться при отключённом питании!  
Соблюдайте все требования электробезопасности при работе с сетевым напряжением.



#### Назначение клемм:

##### Подключение питания и измерения:

- L — фазный провод сети переменного тока (Line)
- N — нулевой провод сети (Neutral)
- **Нагрузка** — подключение нагрузки (например, лампа)
- **СТ (трансформатор тока)** — подключается к модулю для измерения тока в фазной линии:
  - один провод фазного питания (L) **обязательно должен проходить через окно трансформатора тока**
  - трансформатор тока подключается к соответствующим клеммам модуля

Модуль измеряет ток через трансформатор, напряжение — напрямую по сети. Все данные передаются в измерительную систему, после чего доступны по интерфейсу RS485.

**⚠ Внимание:** Перед подключением убедитесь, что питание отключено. Никогда не разрывайте цепь подключения трансформатора тока при наличии нагрузки — это может привести к повреждению оборудования!

## 5 Прочие указания

### 1 Питание

Сетевое напряжение переменного тока (АС) подаётся на импульсный источник питания, который формирует два гальванически развязанных выхода:

- **3,3 В** — подаётся на **измерительную систему**
- **5 В** — используется для **схем передачи данных по интерфейсу RS485** и может

также использоваться для **питания внешних устройств**

**Выходная способность по току для интерфейса RS485 (+5 В): до 100 мА**

### 2 Температурный диапазон эксплуатации

- **Рабочая температура:** от **-20 °С** до **+60 °С**