Протокол общения с приборами выполнен в соответствии с протоколом MODBUS-RTU. В приборах используется только две функции из протокола MODBUS-RTU. Это

1. Функция чтения содержания регистров - 0x03;
2. Функция записи в регистры – 0x10.

Максимальное число регистров для чтения и записи - 125.

**Kоды ошибок.**

В случае распознания принятого пакета, но c неверными данными, устройство в ответ выдает следующие коды ошибок.

|  |  |
| --- | --- |
| 0x01 | Некорректная функция |
| 0x02 | Некорректный адрес данных |
| 0x03 | Некорректное задание данных |
| 0x04 | Невозможно выполнить операцию |

**Описание принципа функционирования.**

Устройство имеет регистровую программную модель, т.е. имеется массив регистров, содержащий результаты измерений, настройки функционирования и т.д. Чтобы узнать или записать какой либо параметр, ведущему необходимо прочитать или записать соответствующие регистры. Устройство поддерживает команды чтения и записи регистров. Регистры двухбайтные.

**Параметры настройки приемопередатчика.**

Сом порт должен выбираться из наличных на управляющем компьютере.

Скорость передачи – 3000000 бит/c

Формат передачи байта: 1 старт бит; 8 бит данных; 1 стоп бит.

**Примечание. На данном этапе для совместимости с программой АИСТ введен бит четности EVEN.**

**Карта памяти приборов.**

Карта памяти отображает расположение 16-ти разрядных регистров содержащих настройки устройства и результаты измерений.

Адреса регистров:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Адрес | Регистр | | Пояснение |
|  |  |  | |
| 0x0000 | ADR\_DEV | Регистр хранения адреса устройства на шине MODBUS, Равен 1 и изменить его нельзя (только чтение) | |
| 0x0001 | ADR\_NUM\_DEV | Регистр хранения заводского номера устройства (чтение и запись) | |
| 0x0002 | ADR\_VERS | Номер версии прошивки контроллера | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
| 0x001b | ADR\_KU | Коэффициент усиления АЦП (KU) | |
| 0x001c | ADR\_Usm\_HI | Напряжение смещения для измерения Tp на датчике давления. | |
| 0x001d | ADR\_Usm\_LO |
|  |  |  | |
| 0x0030 | ADR\_tabl\_Kalibr | Первый регистр данных калибровки | |
|  | …………………….. |  | |
| 0x04fe | ADR\_tabl\_Kalibr\_End | Последний регистр данных калибровки | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
| 0x600 | Adr\_Reg\_Sost | Регистр состояния | |
| 0x601 | Memory\_Size\_H | Размер занятой памяти | |
| 0x602 | Memory\_Size\_L |
|  |  |  | |
| 0x680 | Scenario\_Home | Первый регистр файла сценариев | |
|  | ……………….. |  | |
| 0x6a7 | Scenario\_End | Последний регистр файла сценариев | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
| **Регистры результатов в физических единицах** | | | |
|  |  |  | |
| 0x1006 | ADR\_RZ1 | Регистр пользователя Z1 сохраняемый в ОЗУ | |
|  |  |  | |
| 0x1008 | ADR\_P\_HI | Значение давления (float) | |
| 0x1009 | ADR\_P\_LO |
| 0x100a | ADR\_T\_HI | Значение внешней температуры (float) | |
| 0x100b | ADR\_T\_LO |
| 0x100c | ADR\_TP\_HI | Значение температуры датчика давления (float) | |
| 0x100d | ADR\_TP\_LO |
|  |  |  | |
| **Регистры результатов в единицах АЦП** | | | |
| 0x100E | ADR\_PA\_HI | Значение давления в ед. АЦП | |
| 0x100F | ADR\_PA\_LO |
| 0x1010 | ADR\_TA | Значение внешней температуры в ед. АЦП | |
| 0x1011 | ADR\_TPA | Значение температуры датчика давления в ед. АЦП | |
|  |  |  | |
| 0x1013 | U\_Bat\_HI | Напряжение батареи питания прибора в вольтах (float). | |
| 0x1014 | U\_Bat\_Lo |
| 0x1015…  0x1024 | Name\_Pribor | Имя прибора в символьном виде. Окончание имени 0x00. Имя прибора приведено в табл.1. | |
| 0x1025 |  |  | |
| 0x1026 |  |  | |
| 0x1027 |  |  | |
| 0x1028 |  |  | |
| 0x1029 | Adr\_Mem\_Hi | Адрес начала блока памяти | |
| 0x102a | Adr\_Mem\_Li |
| 0x102b | Adr\_GK\_Hi | Количество импульсов ГК | |
| 0x102c | Adr\_GK\_Lo |
| 0x102d | Adr\_DE\_Op\_Hi | Количество импульсов опорного счетчика диэлькометра | |
| 0x102e | Adr\_ DE\_Op\_Lo |
| 0x102f | Adr\_DE\_Izm\_Hi | Количество импульсов измерительного счетчика диэлькометра | |
| 0x1030 | Adr\_ DE\_Izm\_Lo |
| 0x1031 | ADR\_GK\_HI | Значение ГК (float) | |
| 0x1032 | ADR\_GK\_LO |
| 0x1033 | ADR\_DE\_HI | Значение диэлькометра (float) | |
| 0x1034 | ADR\_DE\_LO |
| 0x1035 | ADR\_LM1\_HI | Значение первой точки локатора муфт в ед. АЦП | |
| 0x1036 | ADR\_LM1\_LO |
| 0x1037 | ADR\_LM2\_HI | Значение второй точки локатора муфт в ед. АЦП | |
| 0x1038 | ADR\_LM2\_LO |  | |
| 0x1039 | ADR\_LM3\_HI | Значение третьей точки локатора муфт в ед. АЦП | |
| 0x103a | ADR\_LM3\_LO |  | |
| 0x103b | ADR\_LM4\_HI | Значение четвертой точки локатора муфт в ед. АЦП | |
| 0x103c | ADR\_LM4\_LO |  | |
|  |  |  | |
|  |  |  | |
| 0x1100 | Adr\_Mem\_Home | Начало блока памяти | |
| …… |  |  | |
| 0x117с | Adr\_Mem\_End | Конец блока памяти | |

**Примечание.** Все параметры, занимающие более одного регистра, пишутся в порядке старший-младший.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип прибора | Имя прибора | Параметры регистрируемые прибором |
| МИД-1М | MID\_1M | Локатор муфт |
| МИД-1М-ТД | MID\_1M\_TD | Локатор муфт, давление, температура. |
| МИД-1М-ГК | MID\_1M\_GK | Локатор муфт, гамма каротаж. |
| МИД-1М-ТД-ВЛ-ГК | MID\_1M\_TD\_WL\_GK | Локатор муфт, давление, температура, гамма каротаж, диэлькометр. |

**Коэффициент усиления АЦП (регистр 0x001b ).**

В регистре хранится значение коэффициент усиления АЦП канала измерения давления. Регистр работает на чтение и запись. Значения регистра 0,1,2,3,4,5,6,7. Эти значения соответствуют значениям усиления 1,2,4,8,16,32,64,128.

**Напряжения смещения АЦП (регистр 0x001c,0x001d ).**

В регистре хранится значение напряжение смещения АЦП канала измерения температуры датчика давления в вольтах. Регистр работает на чтение и запись. Значения регистра может быть в пределах от 0 до 2,5 вольт.

**Регистр состояния 0x600.**

**Бит 0** – запуск стирания памяти (запись/чтение).

Чтение:

0 – возможен запуск стирания, если бит в 0(память не занята);

1 – запуск стирания запрещен;

Запись:

0 – нет эффекта;

1 – запуск стирания памяти;

**Бит 1** – запуск теста памяти (запись/чтение).

Чтение:

0 – возможен запуск теста памяти, если бит 2 в 0(память не занята);

1 – запуск теста памяти запрещен;

Запись:

0 – нет эффекта;

1 – запуск теста памяти;

**Бит 2** – состояние памяти (чтение).

Чтение:

0 – память не занята;

1 – память занята;

**Бит 3** – результат операции стирания или тестирования памяти (чтение/запись).

Чтение:

0 – операция прошла успешно;

1 – ошибка операции;

Запись:

0 – установка бита в 0, если биты 0…2 в нуле;

1 – нет эффекта;

Для стирания памяти нужно:

- дождаться освобождения прибора (бит 0, 1, 2 регистра состояния равны 0);

- при необходимости обнулить бит 3 регистра состояния;

- запустить стирание памяти, записав в регистр состояния 0x0001;

- дождаться окончания стирания памяти (бит 0 и бит 2 регистра состояния равны 0);

- проверить результат стирания памяти (бит 3 регистра состояния равен 0 – стирание прошло успешно, бит 3 регистра состояния равен 1 – ошибка стирания);

Для тестирования памяти нужно:

- дождаться освобождения прибора (бит 0, 1, 2 регистра состояния равны 0);

- при необходимости обнулить бит 3 регистра состояния;

- запустить тест памяти, записав в регистр состояния 0x0002;

- дождаться окончания теста памяти (бит 1 и бит 2 регистра состояния равны 0);

- проверить результат тестирования памяти (бит 3 регистра состояния равен 0 – тест прошёл успешно, бит 3 регистра состояния равен 1 – ошибка тестирования);

Запись в регистр ADR\_NUM\_DEV должна производиться по широковещательному адресу (адрес 0), предполагается что подчиненное устройство одно в сети. Предварительно перед записью в эти регистры в регистр ADR\_RZ1 должно быть записано соответствующее значение 0x9134

**Структура файла сценариев (регистры 0x680-0x6a7):**

1. Номер сценария №1 – 1 байт.
2. Продолжительность сценария №1 в периодах записи – 4 байта.
3. Период измерения в периодах записи – 2 байта.
4. Флаги включения модулей прибора – 1 байт.
5. Номер сценария №2 – 1 байт.
6. Продолжительность сценария №2 в периодах записи – 4 байта.
7. Период измерения в периодах записи – 2 байта.
8. Флаги включения модулей прибора – 1 байт.
9. . . .

37. Номер сценария №10 – 1 байт.

38. Продолжительность сценария №10 в периодах записи – 4 байта.

39. Период измерения в периодах записи – 2 байта.

40. Флаги включения модулей прибора – 1 байт.

В нерабочие сценарии пишем все 0xff.

Номера сценариев идут от 1 до 10.

Продолжительность сценария в программе задается в часах, минутах и секундах. В файл сценария пишется полученное из этого времени количество периодов записи. Период записи равен 500 мс, т.е. время в секундах нужно умножить на 2. При чтении сценария периоды записи нужно преобразовать в время.

Период измерения в программе задается секундах. В файл сценария пишется полученное из этого времени количество периодов записи. Период записи равен 500 мс, т.е. время в секундах нужно умножить на 2. При чтении сценария периоды записи нужно преобразовать во время.

Флаги включения модулей прибора определяют, какие модули прибора работают, и какие модули прибора не работают. Максимальное количество модулей 4 – модуль давления и температуры, модуль локатора муфт, модуль ГК, модуль диэлькометра.

Бит 0 определяет режим модуля давления, температуры.

Бит 1 определяет режим модуля локатора муфт.

Бит 2 определяет режим модуля ГК.

Бит 3 определяет режим модуля диэлькометра.

При 0 модуль не работает, при 1 – работает.

Если в сценарии все модули выключены – прибор запись в этом сценарии не производит.

Правильность заполнения сценариев проверяет верхняя программа.

**Запись в память прибора.**

Размер памяти – 134217728 байт.

Запись в память состоит из неповторяющейся части – Заголовка и  повторяющейся части – набора Векторов регистрации.

**Структура Заголовка (256 байт):**

1. Признак начала работы по включению питания или переходу на новый сценарий – 16 байт 0x11;
2. Имя прибора в текстовом виде – 16 байт (см. табл.1);
3. № прибора в текстовом виде – 16 байт;
4. № версии прошивки – 2 байта;
5. Номер текущего сценария – 1 байт.
6. Файл сценариев – 80 байт.
7. Остальное резерв.

Все многобайтные данные пишутся в заголовке в порядке старший-младший.

**Формат вектора регистрации.**

Длина вектора – 52 байта.

|  |  |
| --- | --- |
| **N-байта** | **Величина** |
| 1 | Значение давления в битах АЦП |
| 2 |
| 3 |
| 4 | Вычисленное значение давления (float) |
| 5 |
| 6 |
| 7 |
| 8 | Значение T в битах АЦП |
| 9 |
| 10 | Вычисленное значение температуры (float) |
| 11 |
| 12 |
| 13 |
| 14 | Значение Tр в битах АЦП |
| 15 |
| 16 | Количество импульсов ГК |
| 17 |
| 18 | Значение ГК(float), мкР |
| 19 |
| 20 |
| 21 |
| 22 | Опорный счетчик диэлькометра |
| 23 |
| 24 |
| 25 | Измерительный счетчик диэлькометра |
| 26 |
| 27 |
| 28 | Значение диэлькометра (float) |
| 29 |
| 30 |
| 31 |
| 32 | Значение LM в битах АЦП-первый отсчет |
| 33 |
| 34 |
| 35 | Значение LM в битах АЦП-второй отсчет |
| 36 |
| 37 |
| 38 | Значение LM в битах АЦП-третий отсчет |
| 39 |
| 40 |
| 41 | Значение LM в битах АЦП-четвертый отсчет |
| 42 |
| 43 |
| 44 | Значение напряжения батареи(float), вольт |
| 45 |
| 46 |
| 47 |
| 48 | Резерв |
| 49 |
| 50 |
| 51 |
| 52 | Номер текущего сценария |

Все многобайтные данные в векторе регистрации пишутся в порядке старший-младший.

Данные калибровки датчиков давления и пр. храняться в файле в текстовом виде.

Файл калибровок должен быть преобразован в загрузочный файл, который будет непосредственно записан в прибор с адреса 0x0030.

Структура загрузочного файла.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер в байтах | Значение |
| 8 | Номер датчика в текстовом виде. Если номер датчика менее 8 символов, то нужно дополнить его слева пробелами (код 0x20) до восьми символов. |
| 1 | Латинский символ T или t. |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Значение первой температуры (формат c плавающей запятой) |
| 2 | Два байта значения первой температуры в битах АЦП |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение температуры не последнее, если значение температуры последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 7\*19 | Значения 2,3,4,5…20 температуры (если есть) |
| 1 | Латинский символ F или f . |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Первое значение усилия для первой температуры в физических величинах (формат c плавающей запятой) |
| 3 | Первое значение усилия для первой температуры в битах АЦП |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение усилия не последнее, если значение усилия последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 8\*19 | Последующие значения усилия для первой температуры (если есть) |
| 1 | Латинский символ F или f . |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Первое значение усилия для 2 (3,4,5…20) температуры в физических величинах |
| 3 | Первое значение усилия для 2 (3,4,5…20) температуры в битах АЦП |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение усилия не последнее, если значение усилия последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 8\*19 | Последующие значения усилия для 2 (3,4,5…20) температуры (если есть) |
|  |  |
|  | Далее идут данные калибровки канала внешней температуры |
| 1 | Латинский символ T или t. |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Значение температуры (формат c плавающей запятой). Первая точка калибровки. |
| 2 | Значение температуры в битах АЦП. Первая точка калибровки. |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение температуры не последнее, если значение температуры последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 7\*19 | Значения 2,3,4,5…20 температуры (если есть) |
|  |  |
|  | Далее идут данные калибровки канала ГК. Данные одной точки калибровки занимают 8 байт. Максимальное количество точек калибровки – 20. Данные расположены в порядке старший-младший. |
| 1 | Латинский символ G или g. |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Значение ГК (формат c плавающей запятой). Первая точка калибровки. |
| 3 | Значение ГК в битах АЦП. Первая точка калибровки. |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение ГК не последнее, если значение ГК последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 8\*19 | Значения 2,3,4,5…20 ГК (если есть) |
|  |  |
|  | Далее идут данные калибровки канала диэлькометра. Данные одной точки калибровки занимают 9 байт. Максимальное количество точек калибровки – 20. |
| 1 | Латинский символ D или d. |
| 1 | Латинский символ M или m. |
| 1 | Пробел (код 0x20). |
| 4 | Значение диэлькометра (физическая величина в формате c плавающей запятой). Первая точка калибровки. |
| 4 | Значение диэлькометра (значение с датчика в формате c плавающей запятой). Первая точка калибровки. |
| 1 | Пробел (код 0x20) если значение калибровки не последнее, если значение калибровки последнее латинский символ E или e. |
| От 0 до 9\*19 | Значения 2,3,4,5…20 диэлькометра (если есть) |

Все многобайтные данные в загрузочном файле пишутся в порядке старший-младший.