



DCMTE
Руководство
пользователя



Содержание

1	Общее описание	3
1.1	Назначение устройства	3
2	Структура устройства	4
2.1	Механическое исполнение	4
2.2	Внутренняя структура	5
2.3	Подключение устройства	6
2.3.1	<i>Подключение напряжения питания.</i>	6
2.3.2	<i>Измерительные входы.</i>	7
2.3.3	<i>Связь.</i>	8
3	Описание работы	9
3.1	Управление протоколом ModBus	13
3.2	СИД-ы	13
3.3	Технические данные	13
4	Связь	14
4.1	Линия связи	14
4.2	Протокол	14
4.2.1	<i>Структура телеграмм.</i>	14
4.2.2	<i>Расчёт CRC.</i>	15
5	Распределение регистров ModBus	17
5.1	Таблица электронных данных	17
5.2	Часы реального времени	17
5.3	Мгновенные значения измерения	18
5.4	Указатель параметров	19
5.5	Регистры пуска (boot)	20
5.6	РЕГИСТРЫ СОГЛАСОВАНИЯ А/Ц ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	20
5.7	Регистры калибровки	20
5.8	Регистраты	21

1 Общее описание

1.1 Назначение устройства

Устройство DCMTE предназначено для измерения и регистрации электрического тока, напряжения, мощности и потребленной электроэнергии в 1 и трёх не зависимых друг от друга цепях сетей номинального напряжения максимум 600 В_{DC}. Считывание результатов измерения возможно по линии RS485 протоколом ModBus.

Устройство выпускается в корпусе из стекловолоконного пластика со степенью защиты от пыли и влаги IP64. Измерительные кабели присоединены к прибору через сальник.

ВНИМАНИЕ, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ! Внутри прибора есть элементы под напряжением 600 В. Удаление крышки разрешено исключительно в обесточенном состоянии!



2 Структура устройства

2.1 Механическое исполнение

1. Устройство монтируется в корпус из стекловолоконного пластика. Электрические выводы присоединяются к устройству через сальник, обеспечивая механическую защиту IP64. Изображение устройства видно на Рис.1. Указаны габаритные размеры. Описание назначения трёх светодиодов см. в п. [3.2](#)

Надписи на Рис.1:

TÁP – Питание, BE - Вход

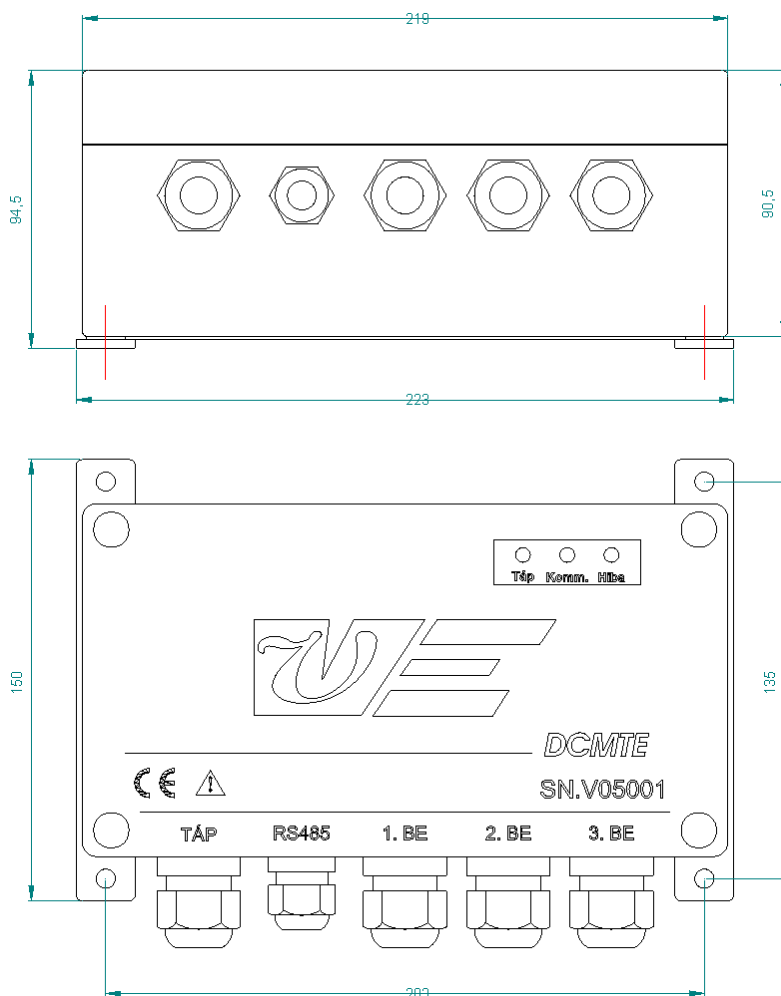


Рис. 1: Устройство DCMTE

2.2 Внутренняя структура

Структура устройства может быть разделена на шесть блоков (см. Рис. 2.) Отдельные блоки представляют собой гальванически разделённые цепи.

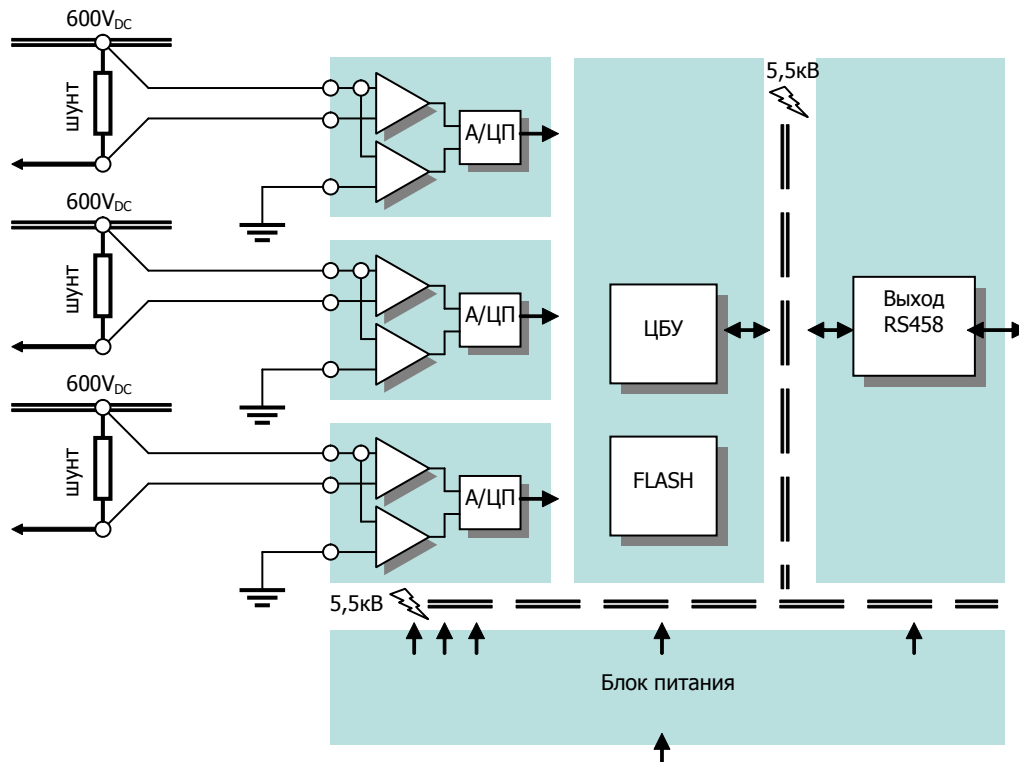


Рис. 2: Внутренняя структура устройства DCMTE

Блок питания: для работы прибора необходимо питание 24 В или 230 В. Напряжение пробоя между входами, выходами и питанием составляет 5,5 кВ_{АС}.

Блоки аналоговых входов: на аналоговые входы подается измеряемое напряжение макс. 600 В и напряжение шунта 60 мВ (100 мВ) для измерения тока. Как правило напряжения на шунтах порядка 60-100 мВ, что является незначительной величиной по сравнению с 600 В. Поэтому цепи установлены на потенциал шин 600 В_{DC} и измеряют по сравнению с шиной напряжение шунта порядка -100 мВ и напряжение земли -600 В. Поскольку в случае измерения 3 цепей эти цепи гальванически разделены, то возможно измерение цепей под разным напряжением. В таком случае разница между напряжениями отдельных цепей не должна превышать 2,5 кВ. Входные сигналы после согласования уровней подаются на вход аналого/цифрового преобразователя (АЦП). Опрос каналов производится частотой $F_S=1250$ Гц. Цифровые значения с выхода АЦП через оптические преобразователи передаются в центральный блок (ЦБУ). Этот блок осуществляет измерение, запись измеренных значений в энергонезависимую память FLASH и обеспечивают связь блоком RS485.

Блок связи RS-485: программирование преобразователя, считывание текущих и сохраненных значений осуществляется через канал последовательной связи RS-485 протоколом Modbus. Напряжение на пробой между блоком RS-485 и

остальными блоками составляет 5,5 кВ_{АС}. Дальнейшая информация о работе устройства даётся в главе [3](#)

2.3 Подключение устройства

Выводы устройства показаны на рис. 3. К прибору подключены кабель питания, измерительные кабели и кабель связи. Назначение каждого кабеля отмечено на крышке прибора. Подключение же отдельных проводов кабелей рассматриваются в следующих пунктах.

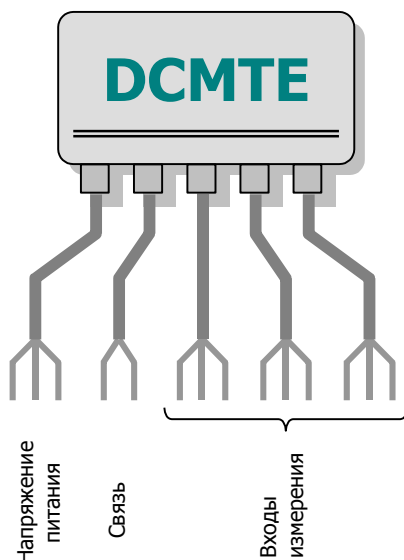


Рис. 3: Электрические выводы устройства DCMTE

2.3.1 Подключение напряжения питания.

Прибор запускается при подаче напряжения питания соответствующего уровня. Зеленый светодиод оповещает о наличии напряжения питания. Маркировка проводов указана в следующей таблице 1:

Таблица 1. Цвет проводов кабеля напряжения питания

Провод	Цвет	Примечание
Напряжение питания +	Чёрный	Так как устройство работоспособно как на переменном (АС), так и на постоянном токе (DC), порядок присоединения этих двух проводов неважен.
Напряжение питания –	Синий	
Экранирующее заземление	Жёлтый/Зелёный	Вход, необходимый для фильтрации помех импульсного блока питания. Провод должен быть подключен либо к точке земли сети 230 В, либо к любой хорошо заземлённой металлической поверхности.

ВНИМАНИЕ, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ! При подаче напряжения питания 110 В или 230 В необходимо соблюдать указания, действительные на данном предприятии для работ с оборудованием 110 или 230 В.



2.3.2 Измерительные входы.

Подключение прибора указан на рис. 4. При подключении измерительных кабелей необходимо соблюдать цвет проводов, т. к. при неправильном подключении устройство может быть повреждено!

Таблица II. Цвет проводов измерительного кабеля:

Провод	Цвет	Примечание
600 В	Красный	См. Рис. 4
Шунт	Жёлтый	
Земля	Синий	

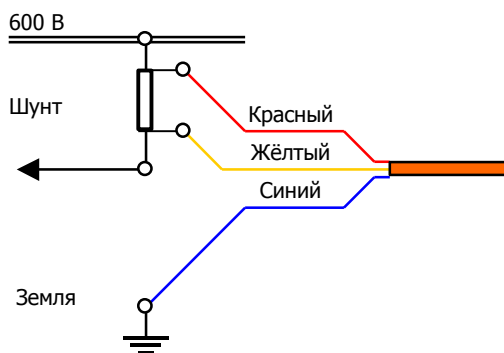


Рис. 4: Схема включения измерительных входов

ВНИМАНИЕ, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ: При подключении к сети 600 В необходимо соблюдать указания, действительные на данном предприятии для работ с оборудованием 600 В.



2.3.3 Связь.

Связь (коммуникация) устройства осуществляется по линии RS485 в асинхронном последовательном режиме со скоростью 9600 бод. Для линии RS485 характерно, что к одной паре проводов можно подключить параллельно несколько устройств. Пара проводов обозначена А и В. Подключение к персональному компьютеру производится через преобразователь RS232/RS485 (например RSI фирмы ВЕРТЕС) или USB/RS485. Схема включения показана на Рис. 5. Провод подключения должен быть экранированной витой парой. Экранирование должно быть заземлено в одной точке, например при звене RSI.

Таблица III. : Цвет проводов кабеля:

Провод	Цвет	Примечание
А	Жёлтый	
В	Зелёный	

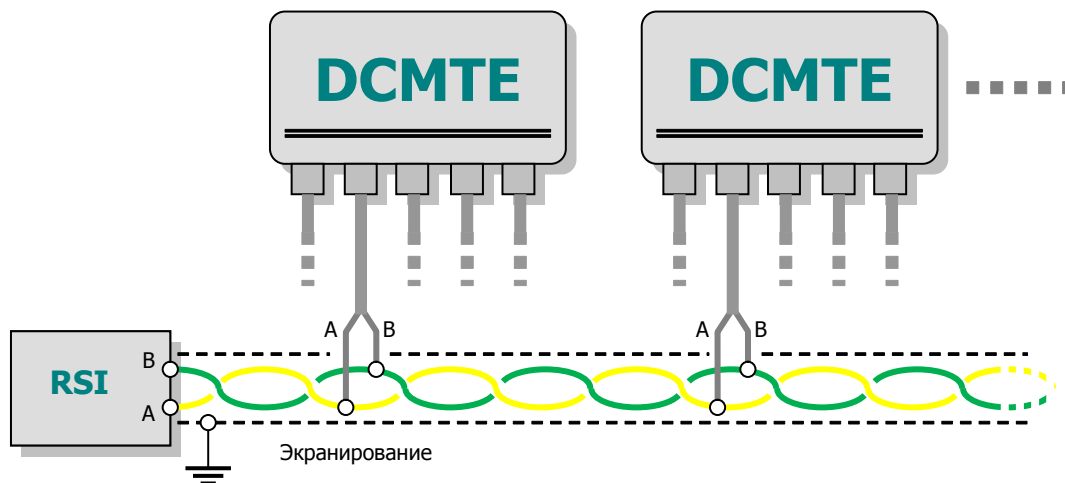


Рис. 5.: Подключение DCMTE к линии

3 Описание работы

Работа устройства DCMTE определяется управляющей программой, разработанной для ЦБУ устройства. Блок-схема управляющей программы изображена на рис. 6. В следующих пунктах даётся описание отдельных блоков. Прямого доступа к выходным данным устройства нет, поэтому результаты измерений и параметры работы доступны или могут быть изменены через последовательное линейное звено. Подробная информация об управлении отдельных блоков имеется в главе 5.

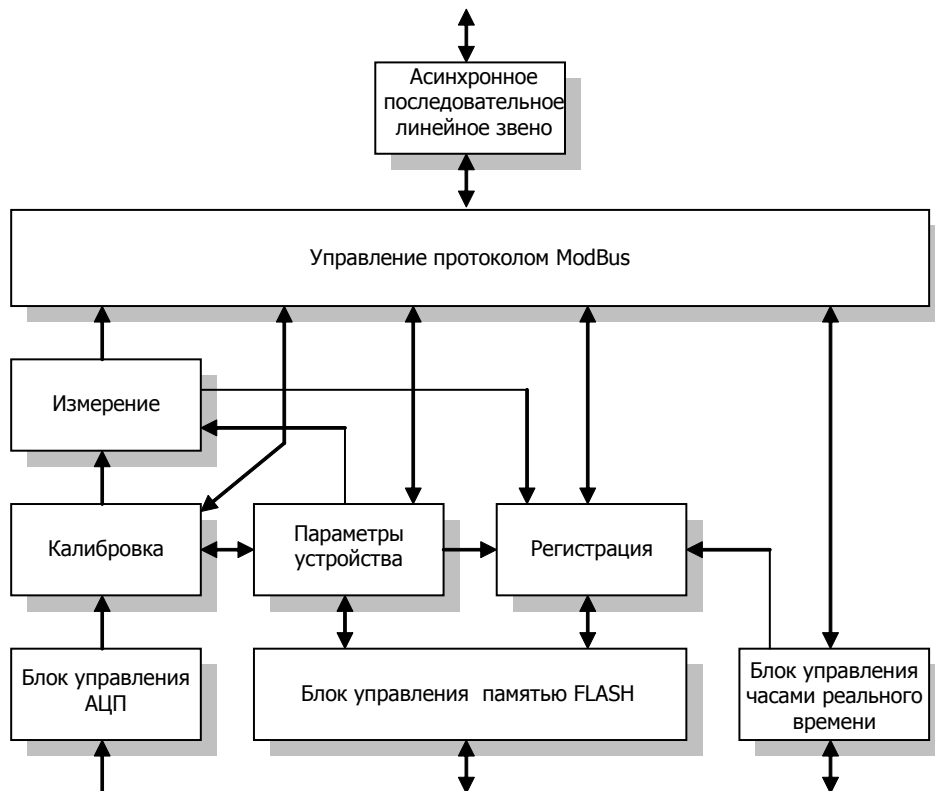


Рис. 6: Блок-схема управляющей программы DCMTE

Отдельные звенья устройства управляются следующими блоками программного обеспечения:

- ◆ Асинхронный последовательный блок, управляющий приёмом и отправлением телеграмм через порт RS485.
- ◆ Блок управления аналого/цифровым преобразователем.

Его задачей является управление АЦП одного или трёх (в зависимости от исполнения) измерительных звеньев и считывании измерений. Опрос каждого из аналоговых входных каналов (3 или $3 \times 2 = 6$) производится с частотой $F_S = 1250$ Гц.

- ◆ Блок управления памятью FLASH.

Объем памяти FLASH составляет 512 кбайт. В ней хранятся программа управления, таблица параметров и массивы измерений. Задачей блока является считывание, запись и хранение информации. Если в ходе записи в память FLASH напряжение питания пропадает, то в памяти FLASH может

оказаться массив с ошибочными данными. Поэтому звено согласования памяти переписывает исправляемый блок во временную память. В результате при старте следующей программы содержание памяти FLASH может быть исправлено. Таким образом, звеном согласования памяти FLASH обеспечивается, чтобы она всегда содержала действительные данные.

Как это видно на рис. 6, памятью FLASH пользуется как блок регистрации, так и блок управления параметрами. Поэтому задачей блока согласования памяти FLASH является также установление очередного порядка необходимых команд записи и считывания.

◆ Блок управления часов реального времени.

Интегральная схема часов реального времени содержат дату и время, устанавливаемые протоколом ModBus. Когда устройство выключено, работа часов обеспечивается литиевой батареей напряжением 3 В. Кроме расчёта реального времени в блоке расположена также память 256 байтов, содержание которой защищается также указанной выше литиевой батареей. В этой памяти хранятся некоторые часто меняющиеся величины, характеризующие состояние системы, которые должны быть сохранены при отказе напряжения питания. Этим предохраняется память FLASH от разрушения из-за часто производимых записей. (Для памяти FLASH допустимое число записей ограничено.).

Таблица параметров хранится в памяти FLASH. Здесь можно найти константы калибровки, номинальное значение тока (соответствующего напряжению 60/100 мВ) и длина периода записи. Эти значения записываются и считываются через протокол ModBus.

◆ Калибровка

Аналоговые цепи измерения содержат узлы, обеспечивающие линейную передачу данных, малую зависимость от температуры и долгосрочную устойчивость характеристики передачи. Однако эта характеристика передачи имеет относительно высокое смещение нуля и погрешность усиления. Поэтому для данных, полученных из АЦП, требуется коррекция согласно выражению:

$$x_c = A(x + B) \tag{1}$$

где x – значение, полученное из АЦП, B – смещение нуля, $1/A$ – погрешность усиления и x_c – калиброванное значение. Блоком калибровки выражение (1) рассчитывается для всех данных, полученных из АЦП. В результате в блок измерения передаются уже калиброванные значения. Значения постоянных A и B находятся в таблице параметров в памяти FLASH.

Коэффициенты A и B определяются модулем калибровки. Для этого необходимо в ходе калибровки подать сигналы задания. Калибровка осуществляется при изготовлении устройства. В случае необходимости дальнейшая калибровка может быть произведена заводом-изготовителем, Vertesz Elektronika. Информация по проведению калибровки выдаётся лишь по особому соглашению.

◆ Измерение

Блоком измерения на основе калиброванных мгновенных данных, полученных из каналов тока и напряжения, через каждые $T_{MEAS}=40$ мсек выдаются результаты измерений. Устройством измеряется ток, напряжение, мощность, а также расходуемая и рекуперированная энергия каналов.

◆ **Регистрация**

Устройством определяются циклы измерения – периоды регистрации T_{REG} , заданные в таблице параметров. В конце каждого цикла измерения создаётся рекорд, записываемый в память FLASH. Время периода регистрации может быть установлено по ступеням 1 мин между 1 и 15 мин. Конец циклов измерения определяется часами устройства. Конец циклов имеет место, если в начале целой минуты выполняется равенство

$$T_{ABS} \bmod T_{REG} = 0 \quad (2)$$

где

T_{ABS} – время, прошедшее с 31.12.1999 00:00:00 в минутах по часам реального времени,

mod – деление с остатком,

T_{REG} – время периода регистрации в минутах.

Например, если $T_{REG}=15$ мин, то рекорд создаётся в течение каждого часа в XX:00, XX:15, XX:30, XX:45 мин. Если же $T_{REG}=2$ мин, то в каждую чётную минуту. Если значение T_{REG} равно числу, не делимому на 60 без остатка, то рекорды создаются в ходе отдельных часов в разные минуты.

Относительно длины циклов измерения (T_{LEN}) вообще выполняется:

$$T_{LEN} \approx T_{REG}.$$

Минимальное отклонение между указанными величинами возможно, т.к. тактовые импульсы часов реального времени и процессора не синхронизированы. Поскольку значение часов реального времени может быть изменено через последовательную линию связи, измерение энергии и определение длины циклов измерения производятся на основе тактовых импульсов процессора.

Значительные отклонения получаются в следующих случаях:

- ◆ Первый цикл измерения после включения устройства всегда будет короче, чем T_{REG}
- ◆ После изменения периода регистрации при втором цикле измерения, например, если вначале $T_{REG} = 4$ мин, то циклы измерения заканчиваются в том числе в XX:24 и XX:28 минуты. Если же в XX:26 мин меняется период измерения так, что $T_{REG}=15$ мин, то в XX:28-ког ещё заканчивается актуальный цикл измерения согласно прежнему значению 4 мин и только после этого переходит к циклу $T_{REG}=15$ мин. Однако в этом случае цикл измерения заканчивается также в XX:30 мин согласно выполнению уравнения (2) Таким образом, после циклов измерения с длиной $T_{LEN} \approx 4$ мин сначала выполняется цикл измерения $T_{LEN} \approx 2$ мин несмотря

на то, что было установлено $T_{REG}=15$ мин. В дальнейшем, конечно, будет уже $T_{LEN}\approx 15$ мин.

Эти случаи регистрируются в соответствующих рекордах (см. ниже).

В устройстве может храниться 3840 рекордов. Если память полностью заполняется, то переписывается (теряется) старейший рекорд. Это значит, что например, в случае $T_{REG} = 15$ мин в памяти могут храниться результаты измерения $T_{TOT} = 3840 \cdot 15$ мин = 40 дней, но например при $T_{REG} = 1$ мин только $T_{TOT} = 3840 \cdot 1$ мин = 2 дней и 16 часов при непрерывной работе. Рекорды могут считываться в любом порядке (random access), пока они не переписаны или не стираются командой пользователя. Существует однако метод считывания, обеспечивающий считывание данных в порядке их записи (serial access). В этом случае – при последовательном считывании - регистрируется, какие рекорды были уже считаны. Это даёт возможность считывания рекордов, записанных лишь после последнего считывания, если считывание производится лишь через определённое время. При последовательном считывании в случае переписи рекорда, не считанного ещё последовательным считыванием, предполагается потеря данных и это записывается в новом рекорде.

В каждом рекорде содержится следующая информация:

- Время записи рекорда.
- Минимальное, среднее и максимальное значение измеренных за определённый закрытый период измерения величин (U, I, P)
- Актуальные значения счётчиков энергии в момент записи
- Информации о состоянии устройства:
 - В начале закрытого цикла измерения устройство включается. (Первый цикл после пуска)
 - Переписан несчитанный рекорд, имеет место потеря данных (см. выше).
 - Время периода записи (T_{REG}) изменено.
- Время цикла измерения (T_{LEN}).

3.1 Управление протоколом ModBus

Задача: Интерпретация телеграмм, полученных от блока управления последовательным портом, исполнение команд, закодированных в телеграммах, составление ответных телеграмм и их отправление через блок управления последовательным портом. Поскольку этот узел является единственным блоком связи с внешним миром, в главе 4. даётся его подробное описание.

3.2 СИД-ы

На лицевой панели можно видеть три СИД-а, кодирующих следующие информации о работе устройства:

Таблица IV. Значение СИД-ов лицевой панели

Цвет	Функция	Значение
Зелёный	Блок питания	<ul style="list-style-type: none"> Светит непрерывно, если необходимое напряжение питания подаётся на устройство и внутренний блок питания готов к работе.
Жёлтый	Связь	<ul style="list-style-type: none"> Светит непрерывно, если через последовательное линейное звено производится передача (приём или передача) данных
Красный	Ошибка	<ul style="list-style-type: none"> Мигает, если процессор работает, но в устройстве обнаружена неполадка Светит непрерывным светом, если процессор не работает

3.3 Технические данные

Указанные данные действительны в области $T=0...50^{\circ}\text{C}$

Параметр	Минимальное значение.	Типовое значение	Максимальное значение	Условия/примечания
Питание (при напр. 110 В/230 В)				
▪ Напр. питания [$V_{AC/DC}$]	80		270	
▪ Потребляемый ток [mA]			40 90	$U_{TAP}=230\text{ В}$ $U_{TAP}=100\text{ В}$
Питание (при напряжении 24 В)				
▪ Напр. питания [$V_{AC/DC}$]	17		28	
▪ Потребляемый ток I [mA]			400	$U_{TAP}=24\text{ В}$
Входы сигналов напряжения				
▪ Область измерения [V_{DC}]	-600		1000	
▪ Перегружаемость [V_{DC}]	-1000		1500	1 сек
▪ Ток нагрузки [mA]		0,8		$U_{BE}=600\text{ В}$
Входы сигналов тока				
▪ Область измерения [A_{DC}]	-1500 -3750		2500 6250	При шунте 60мВ/1000А При шунте 60мВ/2500А
▪ Перегружаемость [A_{DC}]	-2500 -6520		4000 10000	1 сек при шунте 60 мВ/1000А 1 сек при шунте 60мВ/2500А
▪ Ток нагрузки [μA]		40		$U_{BE}=60\text{ мВ}$
Прочность пробоя				
▪ Между входами измерения, питания и связи [кВ]		5,5		1 сек, повторение испытания запрещено
Погрешность измерения				
▪ Напряжение [В]		2	5	
▪ Ток [А]		4 10	10 25	При шунте 60 мВ/1000 А При шунте 60 мВ/2500 А
▪ Мощность [кВт]		4 10	10 25	При шунте 60 мВ/1000 А и 600 кВт При шунте 60 мВ/2500 А и 1500 кВт
Механические данные				
▪ Защищённость	IP64			
▪ Габариты	См. рис. 1			
▪ Масса [кг]	1			

4 Связь

4.1 Линия связи

Связь (коммуникация) устройства осуществляется посредством последовательного линейного звена RS485, в асинхронном режиме, со следующими параметрами:

- ◆ 9600 бит/сек
- ◆ 8 битов данных
- ◆ 1 стоп бит
- ◆ чётная чётность

4.2 Протокол

В качестве протокола связи используются команды *Считывание регистров Холдинг (0x03)* и *Запись в регистры Холдинг (0x10)* стандарта ModBus RTU. Устройство работает в режиме *слейв (slave)*. Адрес даётся в ходе производства, может попадать в область 1...249.

Описание содержания отдельных регистров см. в главе 5. Протокол, используемый в устройствах, отличается от стандарта в следующем:

- ◆ Нет телеграммы отказа. Ответа не даётся в следующих случаях:
 - Принимается телеграмма с ошибкой контрольного значения CRC
 - Принимается телеграмма с неизвестным командным кодом
 - Ссылка на несуществующий Регистр Холдинг.
- ◆ В случае команды 0x10 переписываются лишь регистры с возможностью записи и считывания, но нет телеграммы отказа, если приходит команда записи в регистр, позволяющий только считывание.
- ◆ Создаётся возможность обработки и отправления телеграмм, длиннее допустимых стандартом 256 байтов:
 - Размер буфера передачи 2053 байта, таким образом командой 0x03 одновременно можно опрашивать содержание до 1024 регистров.
 - Размер буфера приёма 2057 байтов, поэтому командой 0x10 возможна запись в 1024 регистра одновременно.

4.2.1 Структура телеграмм

Обрамление телеграмм:

- ◆ Считывание регистров Холдинг:

Получены актуальные значения N регистров с начального адреса A , заданного как параметр.

Запрос:

0	1	2	3	4	5	6	7
Адрес устройства	Код команды 0x03	Адрес первого регистра, верхний байт MSB(A)	Адрес первого регистра, нижний байт LSB(A)	Число регистров, верхний байт MSB(N)	Число регистров, нижний байт LSB(N)	MSB(CRC)	LSB(CRC)

(CRC – контрольное значение, расчёт см. в п. 4.2.2)


```

$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40
);

```

CRClo: array[0..255] of byte =

```

(
$00,$C0,$C1,$01,$C3,$03,$02,$C2,$C6,$06,$07,$C7,$05,$C5,$C4,$04,
$CC,$0C,$0D,$CD,$0F,$CF,$CE,$0E,$0A,$CA,$CB,$0B,$C9,$09,$08,$C8,
$D8,$18,$19,$D9,$1B,$DB,$DA,$1A,$1E,$DE,$DF,$1F,$DD,$1D,$1C,$DC,
$14,$D4,$D5,$15,$D7,$17,$16,$D6,$D2,$12,$13,$D3,$11,$D1,$D0,$10,
$F0,$30,$31,$F1,$33,$F3,$F2,$32,$36,$F6,$F7,$37,$F5,$35,$34,$F4,
$3C,$FC,$FD,$3D,$FF,$3F,$3E,$FE,$FA,$3A,$3B,$FB,$39,$F9,$F8,$38,
$28,$E8,$E9,$29,$EB,$2B,$2A,$EA,$EE,$2E,$2F,$EF,$2D,$ED,$EC,$2C,
$E4,$24,$25,$E5,$27,$E7,$E6,$26,$22,$E2,$E3,$23,$E1,$21,$20,$E0,
$A0,$60,$61,$A1,$63,$A3,$A2,$62,$66,$A6,$A7,$67,$A5,$65,$64,$A4,
$6C,$AC,$AD,$6D,$AF,$6F,$6E,$AE,$AA,$6A,$6B,$AB,$69,$A9,$A8,$68,
$78,$B8,$B9,$79,$BB,$7B,$7A,$BA,$BE,$7E,$7F,$BF,$7D,$BD,$BC,$7C,
$B4,$74,$75,$B5,$77,$B7,$B6,$76,$72,$B2,$B3,$73,$B1,$71,$70,$B0,
$50,$90,$91,$51,$93,$53,$52,$92,$96,$56,$57,$97,$55,$95,$94,$54,
$9C,$5C,$5D,$9D,$5F,$9F,$9E,$5E,$5A,$9A,$9B,$5B,$99,$59,$58,$98,
$88,$48,$49,$89,$4B,$8B,$8A,$4A,$4E,$8E,$8F,$4F,$8D,$4D,$4C,$8C,
$44,$84,$85,$45,$87,$47,$46,$86,$82,$42,$43,$83,$41,$81,$80,$40
);

```

procedure CRC16(p: pointer; len: word; var Hi: byte; var Lo: byte);

var

Index : word;

i : word;

begin

Hi:=\$FF;

Lo:=\$FF;

for i:=0 to len-1 do

begin

Index:=Hi xor TByteArray(p^)[i];

Hi:=Lo xor CRCHi[Index];

Lo:=CRCLo[Index];

end;

end;

END.

5 Распределение регистров ModBus

5.1 Таблица электронных данных

Адрес/тип	Название	Примечание
0x0000 (R)	Тип аппарата	▪ 0x0901 : Устройство DCMTE
0x0001 (R)	Версия аппарата	▪ Байт MS: Главная версия (BCD) ▪ Байт LS: Вспомогательная версия (BCD)
0x0002 (R)	Конфигурация аппарата	Распределение битов: ▪ Биты 0...3 : 1 пара каналов ▪ Биты 4...7 : 2 пары каналов ▪ Биты 8...11 : 3 пары каналов Типы: ▪ 0x0 : Нет аппарата ▪ 0x1 : 600 В, 60 мВ ▪ 0x2 : 600 В, 100 мВ
0x0003 (R)	Версия программного обеспечения	▪ Байт MS: Главная версия (BCD) ▪ Байт LS: Вспомогательная версия (BCD)
0x0004 (R)	Номер версии программного обеспечения	Время перевода программного обеспечения и номер в течение дня Распределение битов: ▪ Биты 15...14 : год ((Год - 3) mod 4) ▪ Биты 13...10 : месяц ▪ Биты 9...5 : день ▪ Биты 4...0 : номер в течение дня
0x0005- 0x000F (R)	Заводской номер:	▪ 22 байта, 0-стринг терминала

У каждого датчика, разработанного фирмой *Vertesz Elektronika Kft* после 2003 года, по адресу 0x0000 можно найти идентификатор типа, однозначно определяющий тип датчика.

5.2 Часы реального времени

Адрес/тип	Название	Примечание
0x0010 (RW)	Регистр состояния	▪ 0x0001 : Обновление регистров ▪ 0x0002 : Остановка обновления ▪ 0x0003 : Установка часов Описание см. в тексте
Актуальное время		
0x0011 (RW)	Год	2000...2063
0x0012 (RW)	Месяц	1...12
0x0013 (RW)	День	1...31
0x0014 (RW)	Час	0...23
0x0015 (RW)	Мин.	0...59
0x0016 (RW)	Сек.	0...59
Время, прошедшее с 31.12.1999 00:00:00, выраженное в минутах		
0x0017 (R)	Нижнее слово (LSW),	
0x0018 (R)	Верхнее слово (MSW)	
Время последнего включения устройства		
0x0019 (R)	Год	2000...2063
0x001A (R)	Месяц	1...12
0x001B (R)	День	1...31
0x001C (R)	Час	0...23
0x001D (R)	Мин.	0...59
0x001E (R)	Сек.	0...59

После включения устройства значение регистра состояния (0x0010) равно 0x0001. В таком случае содержание регистров актуального времени

(0x0011...0x0016) обновляется из интегральной схемы часов в каждую секунду. Для установки часов устройства в регистр состояния нужно записать значение 0x0002. При этом обновление прекращается и регистры 0x0011...0x0016 готовы к записи. Нужно записать устанавливаемое время, потом в регистр состояния нужно записать значение 0x0003. В результате значение регистров 0x0011...0x0016 записывается в интегральную схему часов, затем, после закончения этого действия, значение регистра состояния будет опять равно 0x0001. Пока значение регистра состояния равно 0x0003, не допускается запись ни в регистр состояния, ни в регистры актуального времени!

5.3 Мгновенные значения измерения

Адрес/тип	Название	Примечание
Значения напряжения		
0x0020 (R)	Канал 1	Значение напряжений $U_K = U_{KNOM} \cdot N_K / 5000$, где U_K – напряжение канала K [В], U_{KNOM} – номинальное напряжение канала (см. Таблицу параметров), N_K – значения, считанные из регистров
0x0021 (R)	Канал 2.	
0x0022 (R)	Канал 3.	
Значения тока		
0x0023 (R)	Канал 1	Значения токов $I_K = I_{KNOM} \cdot N_K / 5000$, где I_K – ток канала K [А], I_{KNOM} – номинальный ток канала (см. Таблицу параметров), N_K – значения, считанные из регистров
0x0024 (R)	Канал 2.	
0x0025 (R)	Канал 3.	
Значения мощности		
0x0026 (R)	Канал 1	Значение мощностей $P_K = U_{KNOM} \cdot I_{KNOM} \cdot N_K / 5000$, где P_K – мощность канала K [Вт], U_{KNOM} – номинальное напряжение канала, I_{KNOM} – номинальный ток канала (см. Таблицу параметров), N_K – значения, считанные из регистров
0x0027 (R)	Канал 2.	
0x0028 (R)	Канал 3.	
Положительные интегрированные значения мощности (энергии)		
0x0029 (R)	Канал 1 LSW	Значение энергии в Втсек: $E_K = U_{KNOM} \cdot I_{KNOM} \cdot N_K$ Где E_K энергия канала K [Втсек], U_{KNOM} – номинальное напряжение канала, I_{KNOM} – номинальный ток канала (см. Таблицу параметров), N_K значения, считанные из регистров. То же в кВтчасах: $E_K = U_{KNOM} \cdot I_{KNOM} \cdot N_K / 3\ 600\ 000$
0x002A (R)	Канал 1. MSW	
0x002B (R)	Канал 2. LSW	
0x002C (R)	Канал 2 MSW	
0x002D (R)	Канал 3. LSW	
0x002E (R)	Канал 3. MSW	
Отрицательные (рекуперированные) интегрированные значения мощности (энергии)		
0x002F (R)	Канал 1 LSW	Расчёт тот же, что при положительной энергии
0x0030 (R)	Канал 1. MSW	
0x0031 (R)	Канал 2. LSW	
0x0032 (R)	Канал 2 MSW	
0x0033 (R)	Канал 3. LSW	
0x0034 (R)	Канал 3. MSW	
Счётчик измерений		
0x0035 (R)	Счётчик	Счётчик 16 битов, который после расчёта мгновенных значений, т.е. через каждые 40 сек увеличивается на один. После 0xFFFF переполнится, примет значение 0x0000. Это происходит примерно через каждые 43 мин. С его помощью можно рассчитать время между двумя считываниями, если это меньше 43 мин.

5.4 Указатель параметров

Адрес/тип	Название	Примечание
Регистр команд		
0x0038 (RW)	Регистр команд	Под влиянием значения 0x0313 , записанного в регистр, актуальное содержание указателя параметров переписывается в память FLASH. После окончания действия записи значение регистра опять будет равно 0x0000 . (см. текст)
Номинальные значения напряжения и тока каналов		
0x0040 (RW)	U_{1NOM} LSW	32-битные значения IEEE с плавающей запятой (single). Значения каналов напряжения всегда равны 600.0 В. Значения каналов тока равны значениям тока, соответствующим номинальному напряжению шунтов, выраженным в [A].
0x0041 (RW)	U_{1NOM} MSW	
0x0042 (RW)	I_{1NOM} LSW	
0x0043 (RW)	I_{1NOM} MSW	
0x0044 (RW)	U_{2NOM} LSW	
0x0045 (RW)	U_{2NOM} MSW	
0x0046 (RW)	I_{2NOM} LSW	
0x0047 (RW)	I_{2NOM} MSW	
0x0048 (RW)	U_{3NOM} LSW	
0x0049 (RW)	U_{3NOM} MSW	
0x004A (RW)	I_{3NOM} LSW	
0x004B (RW)	I_{3NOM} MSW	
Время периода регистрации		
0x0050 (RW)	Время периода регистрации T_{REG}	См. в главе 3
Константы калибровки		
0x0070 (RW)	Смещение нуля канала U_1 (B)	Значения, рассчитанные блоком калибровки устройства. Эти регистры не должны быть изменены
0x0071 (RW)	Множитель канала U_1 (A)	
0x0072 (RW)	Смещение нуля канала I_1 (B)	
0x0073 (RW)	Множитель канала I_1 (A)	
0x0074 (RW)	Смещение нуля канала U_2 (B)	
0x0075 (RW)	Множитель канала U_2 (A)	
0x0076 (RW)	Смещение нуля канала I_2 (B)	
0x0077 (RW)	Множитель канала I_2 (A)	
0x0078 (RW)	Смещение нуля канала U_3 (B)	
0x0079 (RW)	Множитель канала U_3 (A)	
0x007A (RW)	Смещение нуля канала I_3 (B)	
0x007B (RW)	Множитель канала I_3 (A)	
0x007C (RW)	Информация о калибровке	
0x007D (RW)		

Указатель параметров при каждом пуске устройства заполняется из памяти FLASH, а в ходе работы хранится в RAM-е. Если в указателе параметров какое-нибудь значение меняется либо через линию связи, либо в ходе калибровки, то изменения производятся лишь в RAM-е. Актуальное содержание указателя параметров может быть сохранено путём записи в память FLASH командой «Сохранение указателя параметров».

5.5 Регистры пуска (boot)

Адрес/тип	Название	Примечание
0x0080 (RW)	Регистр команды ReBoot	При записи значения 0x0313 в регистр, программа управления заканчивает работу, пускается сервисная программа. С помощью сервисной программы может быть сменена программа управления, установлен заводской номер устройства, адрес ModBus, ... и т.п.
0x0081 (R)	Счётчик пуска	<p>При включении устройства сначала пускается программа сервис. При этом счётчик пуска (хранимый в его RAM-е, защищённого батареей интегральной схемы часов) увеличивается на один, и если его значение меньше четырёх, то происходит попытка запуска программы управления.</p> <p>Если программа управления может работать одну минуту, то стирается счётчик пуска. Если за минуту происходит более 4 новых пусков, то программой сервис предполагается неполадка программы управления и в этом случае до следующей попытки пуска пройдёт время 2 минуты. Поэтому если случайно попадает плохая программа управления в устройство, оно остаётся доступным.</p>

5.6 РЕГИСТРЫ СОГЛАСОВАНИЯ А/Ц ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Адрес/тип	Название	Примечание
0x0090 (R)	<i>Значение опроса канала U_1</i>	Значения, опрошенные АЦП последними.
0x0091 (R)	<i>Значение опроса канала I_1</i>	
0x0092 (R)	<i>Значение опроса канала U_2</i>	
0x0093 (R)	<i>Значение опроса канала I_2</i>	
0x0094 (R)	<i>Значение опроса канала U_3</i>	
0x0095 (R)	<i>Значение опроса канала I_3</i>	
0x0096 (R)	Состояние узла согласования А/ЦП	В настоящей версии программного обеспечения не используется
0x0097 (R)	Каналы, опрошенные последними	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0xFFFF: опрос ещё не начался ▪ 0x0000: каналы напряжения ▪ 0x0001: каналы тока

5.7 Регистры калибровки

Адрес/тип	Название	Примечание
0x0098 (R)	<i>Опрос калиброванного канала U_1</i>	Актуальные значения данных опроса, переданных блоком калибровки блоку измерения
0x0098 (R)	<i>Опрос калиброванного канала I_1</i>	
0x009A (R)	<i>Опрос калиброванного канала U_2</i>	
0x009B (R)	<i>Опрос калиброванного канала I_2</i>	
0x009C (R)	<i>Опрос калиброванного канала U_3</i>	
0x009D (R)	<i>Опрос калиброванного канала I_3</i>	

5.8 Регистраты

Адрес/тип	Название	Примечание
Содержание рекорда, сохранённого последним		
0x00C0 (R)	Время сохранения LSW	Число минут, прошедших с 31.12.1999 00:00:00 в момент сохранения рекорда (Внимание! .01.01 2000 г. в 00:00 часов, т.е. в первую минуту нового года это значение не равно 0, а уже равно $24 \times 60 = 1440$)
0x00C1 (R)	Время сохранения MSW	
0x00C2 (R)	Информация состояния (LSW)	Значение битов: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0: это первый рекорд с момента последнего включения устройства. ▪ 1: Период регистрации T_{REG} изменился, это первый рекорд, образованный согласно новому T_{REG}. ▪ 2: Произошла потеря данных: этим рекордом переписан прежний рекорд, не считанный последовательным доступом.
0x00C3 (R)	Информация состояния (MSW)	
0x00C4 (R)	Длина цикла измерения (LSW)	Длина цикла измерения (фактическое время, за которое рекорд завершён) в мсек
0x00C5 (R)	Длина цикла измерения (MSW)	
0x00C6 (R)	U_1 минимум	Значение напряжений $U_K = U_{KNOM} \cdot N_K / 5000$, где U_K – напряжение канала K [В], U_{KNOM} – номинальное напряжение канала (считывается из указателя параметров), N_K – значения, считанные из регистров
0x00C7 (R)	U_1 среднее	
0x00C8 (R)	U_1 максимум	
0x00C9 (R)	U_2 минимум	
0x00CA (R)	U_2 среднее	
0x00CB (R)	U_2 максимум	
0x00CC (R)	U_3 минимум	
0x00CD (R)	U_3 среднее	
0x00CE (R)	U_3 максимум	
0x00CF (R)	I_1 минимум	
0x00D0 (R)	I_1 среднее	
0x00D1 (R)	I_1 максимум	
0x00D2 (R)	I_2 минимум	
0x00D3 (R)	I_2 среднее	
0x00D4 (R)	I_2 максимум	
0x00D5 (R)	I_3 минимум	
0x00D6 (R)	I_3 среднее	
0x00D7 (R)	I_3 максимум	
0x00D8 (R)	P_1 минимум	Значение мощностей $P_K = U_{KNOM} \cdot I_{KNOM} \cdot N_K / 5000$, где P_K – мощность канала K [Вт], U_{KNOM} – номинальное напряжение канала, I_{KNOM} – номинальный ток канала (считывается из указателя параметров), N_K значения, считанные из регистров
0x00D9 (R)	P_1 среднее	
0x00DA (R)	P_1 максимум	
0x00DB (R)	P_2 минимум	
0x00DC (R)	P_2 среднее	
0x00DD (R)	P_2 максимум	
0x00DE (R)	P_3 минимум	
0x00DF (R)	P_3 среднее	
0x00E0 (R)	P_3 максимум	
0x00E1 (R)	E_{1P} LSB	
0x00E2 (R)	E_{1P} MSB	
0x00E3 (R)	E_{2P} LSB	
0x00E4 (R)	E_{2P} MSB	
0x00E5 (R)	E_{3P} LSB	
0x00E6 (R)	E_{3P} MSB	
0x00E7 (R)	E_{1N} LSB	Расчёт тот же, что при энергии с положительным знаком.
0x00E8 (R)	E_{1N} MSB	
0x00E9 (R)	E_{2N} LSB	
0x00EA (R)	E_{2N} MSB	
0x00EB (R)	E_{3N} LSB	
0x00EC (R)	E_{3N} MSB	
0x00ED (R)	Fenntartva	
0x00EE (R)	Fenntartva	
0x00EF (R)	Fenntartva	
Регистры состояния регистрата (см. текст)		
0x00FA (R)	Количество рекордов	Количество N всех рекордов, хранимых в памяти FLASH (0...3840).
0x00FB (R)	Írás index	Индекс W рекорда, переписываемого при закрытии следующего рекорда.
0x00FC (R)	Olvasás index	Индекс R рекорда, который может быть считан по следующей команде «последовательное считывание» из памяти FLASH.

Регистры управления считывания регистрата (см. текст)

0x00FD (RW)	Регистр команды	Коды команд: <ul style="list-style-type: none"> 0x0101: Считывание рекордов с индексом (random access) 0x0102: Продолжение считывания последовательных рекордов (serial access) 0x0103: Начало считывания последовательных рекордов (serial access) 0x0F01. Стирание (удаление) всех рекордов
0x00FE (RW)	Регистр индексов	X (0...3849)
0x00FF (RW)	Регистр счётчика	C (0...10)
Регистры буферов данных		
0x0100...	Количество (не более 10) рекордов, заданное регистром-счётчиком (0x00FF), начинающим счёт с адреса, заданного индексным регистром (0x00FE).	
+48·I+0x00	Время сохранения LSW	I=0...9
+48·I+0x01	Время сохранения MSW	См. ещё текст у регистров <i>рекорда, сохранённого последним</i> (0x00C0).
+48·I+0x02	Информация состояния (LSW)	
+48·I+0x03	Информация состояния (MSW)	
+48·I+0x04	Длина цикла измерения (LSW)	
+48·I+0x05	Длина цикла измерения (MSW)	
+48·I+0x06	U_1 минимум	
+48·I+0x07	U_1 среднее	
+48·I+0x08	U_1 максимум	
+48·I+0x09	U_2 минимум	
+48·I+0x0A	U_2 среднее	
+48·I+0x0B	U_2 максимум	
+48·I+0x0C	U_3 минимум	
+48·I+0x0D	U_3 среднее	
+48·I+0x0E	U_3 максимум	
+48·I+0x0F	I_1 минимум	
+48·I+0x10	I_1 среднее	
+48·I+0x11	I_1 максимум	
+48·I+0x12	I_2 минимум	
+48·I+0x13	I_2 среднее	
+48·I+0x14	I_2 максимум	
+48·I+0x15	I_3 минимум	
+48·I+0x16	I_3 среднее	
+48·I+0x17	I_3 максимум	
+48·I+0x18	P_1 минимум	
+48·I+0x19	P_1 среднее	
+48·I+0x1A	P_1 максимум	
+48·I+0x1B	P_2 минимум	
+48·I+0x1C	P_2 среднее	
+48·I+0x1D	P_2 максимум	
+48·I+0x1E	P_3 минимум	
+48·I+0x1F	P_3 среднее	
+48·I+0x20	P_3 максимум	
+48·I+0x21	E_{1P} LSB	
+48·I+0x22	E_{1P} MSB	
+48·I+0x23	E_{2P} LSB	
+48·I+0x24	E_{2P} MSB	
+48·I+0x25	E_{3P} LSB	
+48·I+0x26	E_{3P} MSB	
+48·I+0x27	E_{1N} LSB	
+48·I+0x28	E_{1N} MSB	
+48·I+0x29	E_{2N} LSB	
+48·I+0x2A	E_{2N} MSB	
+48·I+0x2B	E_{3N} LSB	
+48·I+0x2C	E_{3N} MSB	
+48·I+0x2D	Резерв	
+48·I+0x2E	Резерв	
+48·I+0x2F	Резерв	

Смотри ещё текст гл. 3. В памяти FLASH может храниться 3840 массива (рекорда). Размер каждого массива 96 байтов. Структура массивов соответствует структуре, описанной у регистров 0x00C0... и 0x0100.... Устройство не содержит массивов при первом пуске и после кода команды *стирать все массивы*, записанного в регистр 0x00FD. При создании нового рекорда поочерёдно заполняется вся память, имеющаяся в распоряжении устройства, с первого массива ($X=0$) до последнего ($X=3839$). После заполнения всей памяти запись опять начинается с первого массива. Таким образом всегда заменяется старейший массив. Регистр *индекса записи* (0x00FB) указывает на массив, заменяемый в конце актуального периода регистрации (в следующих математических выражениях значение *индекса записи* обозначается I). Значение регистра *число рекордов* (0x00FA), обозначаемое N , непрерывно возрастает до достижения значения $N=3840$. После этого начинается замена содержания старых рекордов, а число хранимых рекордов не растёт.

Считывание содержания рекорда, сохранённого последним, возможно из 48 регистров, начиная с адреса 0x00C0. (В версии программного обеспечения v1.00 эти регистры после включения устройства, до создания первого рекорда содержат недействительную информацию.)

Старые рекорды могут считываться через *регистры буферов данных*, расположенных по адресу 0x0100...0x02DF. Здесь имеется место для 10 рекордов. С помощью трёх регистров, расположенных по адресу 0x00FD...0x00FF, можно задать устройству, какие рекорды переписать в эти регистры из памяти FLASH.

По адресу 0x00FD можно найти *регистр команд*. С помощью командного кода, записанного в *регистр команд*, могут быть доступны рекорды, хранимые в памяти FLASH, следующим образом. Сигнал об окончании исполнения команды даётся кодом 0x0000, считываемым из *регистра команд*. Это значит, что запрошенные рекорды из памяти FLASH переписаны в *регистры буферов данных* и они могут быть оттуда считаны. Запись следующего командного кода всегда разрешается только после исполнения предыдущей команды.

По адресу 0x00FE находится *индексный регистр* (обозначение: X). Из рекордов в буфере данных первым показывается индекс FLASH. Если его значение равно 0xFFFF, то в буфере данных нет действительных данных. Подробное описание см. ниже при рассмотрении отдельных методов считывания. Изменение его значения разрешено только, если значение *командного регистра* равно 0x0000, т.е. не происходит исполнения команды.

Регистр по адресу 0x00FF показывает число рекордов в буфере данных (обозначение: C). Если его значение равно 0x0000, то буфер данных не содержит действительных данных. Иначе первые $48 \cdot C$ регистров буфера данных (поскольку величина рекорда 96 байтов, т.е. содержит данные 48 регистров), содержит C рекордов, следующих один за другим с индекса X , списанных из памяти FLASH. Дальнейшая информация находится при рассмотрении отдельных методов считывания. Изменение его значения разрешено только, если значение *командного регистра* равно 0x0000, т.е. не происходит исполнения команды.

- ◆ Считывание рекордов с индексацией (random access).

В случае записи командного кода 0x0101 в регистр команд (0x00FD) С рекордов, начиная с индекса X, переписываются из памяти FLASH в регистры 0x0100...0x02DF, где X - значение, записанное в индексный регистр, С – значение, записанное в регистр-счётчик. Разумеется, что индексный регистр и регистр-счётчик должны быть записаны раньше командного регистра или с ним одновременно (в одной телеграмме).

Перед считыванием выполняется действие:

$$C := \min(C, 10, N - X) \quad (3.)$$

где **min()** – функция минимум. На основе выражения (3) видно, что устройством даётся только 10 рекордов (поскольку такова ёмкость буферных регистров данных), и в буфер данных переписываются только рекорды с индексом, больше начального индекса. Это считывание не меняет содержание *индексного регистра считывания*. Если в индексном регистре даётся ссылка на рекорд, не содержащий действительных данных ($X \geq N$), то значения, считываемые из *индексных и счётчик-регистров* после исполнения команды *будут равны* $X=0xFFFF$ и $C=0$ соответственно. Это означает, что буфер данных не содержит действительных данных.

◆ Последовательное считывание рекордов (serial access).

Этим методом считывания можно считывать поочерёдно рекорды, созданные последовательно во времени, один за другим. В этом случае требуется лишь запись *командных регистров*, а в *индексные регистры и счётчики-регистры* значения запишутся автоматически в ходе исполнения команды.

С помощью регистра R *индекса считывания* (0x00FC) регистрируется, какие рекорды были уже считаны последовательным доступом. Число рекордов, не считанных последовательным доступом, определяется выражением:

$$U = \begin{cases} W - R & \text{если } W \geq R \\ (W - R) + N & \text{если } W < R \end{cases} \quad (4)$$

Если требуется продолжение одного из предыдущих считываний, то в *командный регистр* нужно записать значение 0x0102. Тогда выполняются действия:

$$\begin{aligned} &\text{если } W \geq R \text{ то } U := W - R, \text{ иначе } U := (W - R) \bmod N \\ &C := \min(U, 10, N - R) \\ &\text{если } C > 0 \text{ то } X := R, \text{ иначе } X := 0xFFFF \\ &\text{если } C > 0 \text{ то } R := (R + C) \bmod N \end{aligned} \quad (5)$$

Соответственно, первым шагом вычисляется число рекордов, переписываемых в буфер данных. Это ничто иное, чем число несчитанных рекордов, если оно не более 10. Если же $N-R$ (число рекордов с индексом, равным или более

значения *индекса считывания*, что имеет место при $W < R$) меньше указанных, то это будет значение C .

Значение начального индекса (X) принимает значение *индекса считывания*, а значение *индекса считывания* возрастает числом переписываемых рекордов.

Если путём последовательного доступа требуется считывание всех рекордов, то в *командный регистр* нужно записать значение 0x0103. При этом выполняются действия:

$$\begin{aligned} R &:= (W + 1) \bmod N \\ \text{если } W \geq R \text{ то } U &:= W - R, \text{ иначе } U := (W - R) \bmod N \\ C &:= \min(U, 10, N - R) \\ \text{если } C > 0 \text{ то } X &:= R, \text{ иначе } X := 0xFFFF \\ \text{если } C > 0 \text{ то } R &:= (R + C) \bmod N \end{aligned} \tag{6}$$

В этом случае происходит то же самое, что выше, с тем отличием, что перед всем действием значение *индекса считывания* указывает на рекорд, следующий за индексом записи. Таким образом может быть считано $N-1$ рекордов (а не N , т.к. параллельно с действием считывания в любой момент времени может быть готов следующий рекорд, в результате чего переписывается рекорд с индексом W).

◆ Удаление рекордов

Удаление всех рекордов, хранимых в устройстве, производится путём записи значения 0x0F01 в командный регистр. При этом индексные регистры и регистры-счётчики принимают значения $X=0xFFFF$ и $C=0$ соответственно.

◆ Действие буфера данных

Как указано выше, буфер данных содержит действительные данные при $X \neq 0xFFFF$. После успешного считывания данных содержание буфера данных остаётся неизменным, пока один из рекордов буфера данных не переписется в памяти FLASH. В каждом случае, когда записывается рекорд в FLASH, проверяется, можно ли найти копию рекорда с данным индексом в буфере данных. Если да, то значение индексного регистра меняется на 0xFFFF.

◆ Потеря данных

После каждой записи рекорда *индекс записи* возрастает на единицу. Если его значение достигает значения *индекса считывания*, это значит, что следующим рекордом будет переписан несчитанный рекорд. В таком случае *индекс считывания* также возрастает на один. При этом значение признака потери данных в следующем рекорде также будет равно 1. После этого, если не происходит считывание, *индекс записи* всегда будет «толкать перед собой» индекс считывания, и в последующих рекордах значение признака потери данных будет равно 1.