

ООО «Навиком»

АГРЕГАТ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ

**ПУЛЬСАР**

**СИСТЕМА КОМАНД ИНТЕРФЕЙСА RS-485**

Ярославль, 2012 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА MODBUS.....</b>	<b>4</b>
<b>ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ КОМАНД.....</b>	<b>6</b>
<b>ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ КОМАНД.....</b>	<b>9</b>
<b>Отдать подготовленные данные (код функции 0x01) .....</b>	<b>9</b>
<b>Команды для процессора POWER (адрес 0x02) .....</b>	<b>10</b>
<b>Команды работы с FRAM (адрес 0x03).....</b>	<b>12</b>
<b>Формат команд, хранящихся в FRAM, в общем случае .....</b>	<b>13</b>
<b>Проверка связи с центральным процессором (код функции 0x04).....</b>	<b>14</b>
<b>Выдать текущее состояние устройства (код функции 0x05) .....</b>	<b>15</b>
<b>Команды для центрального процессора (адрес 0x06).....</b>	<b>16</b>
<b>Выдать текущее состояние устройства в укороченном формате (код     функции 0x07).....</b>	<b>21</b>
<b>Выдать информацию о выпрямителе (код функции 0x10).....</b>	<b>22</b>
<b>Формат байта конфигурации выпрямителя .....</b>	<b>22</b>
<b>Формат байта состояния канала.....</b>	<b>23</b>
<b>Формат контрольного байта.....</b>	<b>23</b>
<b>ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ .....</b>	<b>24</b>
<b>ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМАНД.....</b>	<b>25</b>
<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ .....</b>	<b>26</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Блок управления агрегатом выпрямительным «ПУЛЬСАР ПРО» представляет собой сложную многопроцессорную систему. Множество функций управления, контроля, связи распределено между отдельными процессорами (микроконтроллерами), объединенными в локальную сеть, взаимодействующими друг с другом по помехозащищенному протоколу. В частности, связью с удаленным терминалом по интерфейсу RS-485 занимается процессор устройства, именуемый **LINK**. Управлением и контролем силовых модулей занимается процессор **POWER**. Программа, выполняемая источником питания автономно, сохраняется в памяти программ, именуемой **FRAM**. Связь процессоров между собой и некоторые другие общие функции выполняет центральный процессор, именуемый **MEGA64**.

Связь агрегата выпрямительного с терминалом осуществляется по интерфейсу RS-485. Протокол обмена MODBUS, режимы ASCII и RTU.

Варианты настроек порта					
«Режим последовательного порта» (значение настроечного параметра № 3)	7001	7002	8001	0821/ 800201	0802/ 800002
Режим протокола	ASCII	ASCII	ASCII	RTU	RTU
Количество бит данных	7	7	8	8	8
Контроль чётности	None	None	None	Even	None
Количество стоп-бит	1	2	1	1	2

Перед началом работы следует установить скорость обмена, адрес устройства на шине и режим последовательного порта. Для этого необходимо войти в режим настройки параметров выпрямителя и установить требуемые значения согласно инструкции.

Параметры настройки порта выпрямителя должны совпадать с настройками порта терминала.

В данном документе описаны только те команды, которые доступны пользователю для прямого управления через интерфейс RS-485. Этот перечень может частично или полностью не совпадать с перечнем команд, доступных для хранения в памяти программ выпрямителя (выполняемых выпрямителем по автономной программе).

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право вносить изменения в систему команд с целью улучшения потребительских свойств изделия.

## Описание протокола MODBUS

### ASCII фрейм.

В ASCII-режиме, сообщение начинается с символа "двоеточия" («:», ASCII 3A hex), и заканчивается последовательностью "возврат каретки–перевод строки" (CRLF, ASCII 0D и 0A HEX).

Допустимые символы для передачи – это шестнадцатеричные цифры 0-9, A-F. Монитор сетевого устройства в сети непрерывно отслеживает символ "двоеточие". Когда он принят, каждое устройство декодирует следующие поле сообщения (поле адреса) и т.д.

Длительность интервалов между символами сообщения может достигать 1 сек. Если интервал больше, то принимающее устройство распознает это как ошибку связи. Типичный фрейм сообщения показан ниже.

Старт	Адрес	Ф-ия	Данные	LRC	Конец
1 сим :	2 сим XX	2 сим XX	n сим XX XX ... XX	2 сим XX	2 сим CR LF

### RTU фрейм.

В RTU-режиме, сообщение начинается с интервала тишины, равного времени передачи 3,5 символов при данной скорости передачи в сети. Первым полем затем передается адрес устройства.

Вслед за последним передаваемым символом также следует интервал тишины продолжительностью не менее 3,5 символов. Новое сообщение может начинаться после этого интервала.

Фрейм сообщения передается непрерывно. Если интервал тишины продолжительностью 1,5 символов возник во время передачи фрейма, принимающее устройство заканчивает прием сообщения и следующий байт будет воспринят как начало следующего сообщения.

Таким образом, если новое сообщение начнется раньше 3,5 интервала, принимающее устройство воспримет его как продолжение предыдущего сообщения. В этом случае устанавливается ошибка, так как будет несовпадение контрольных сумм. Типичный фрейм сообщения показан ниже.

Старт	Адрес	Ф-ия	Данные	CRC	Конец
3,5 сим T1- T2- T3- T4	8 бит	8 бит	n x 8 бит	16 бит	3,5 сим T1- T2- T3- T4

### Содержание адресного поля.

Адресное поле фрейма содержит два символа (ASCII) или 8 бит (RTU). Каждому подчиненному устройству присваивается адрес в пределах от 1 до 99.

### Содержание поля функции.

Поле функции фрейма содержит два символа (ASCII) или 8 бит (RTU). Диапазон числа 1–255.

### Содержание поля данных.

Поле данных в сообщении от главного к подчиненному содержит дополнительную информацию, которая необходима подчиненному для выполнения указанной функции.

### Содержание поля контрольной суммы.

В MODBUS-сетях используются два метода контроля ошибок передачи. Содержание поля контрольной суммы зависит от выданного режима передачи.

В режиме ASCII поле контрольной суммы содержит два ASCII-символа. Контрольная сумма является результатом вычисления LRC, выполненного над содержанием сообщения, начиная с "." и заканчивая CR LF. В режиме RTU поле контрольной суммы содержит 16-и битовую величину. Контрольная сумма является результатом вычисления CRC, выполненного над содержанием сообщения. CRC добавляется к сообщению последним полем младшим байтом вперед.

**Формат передачи символов.**

Передача символов идет младшим битом вперед.

Все значения форматов WORD и DOUBLE WORD передаются младшим байтом вперед.

## Описание системы команд

Все управляющие команды подаются из функции 0x43 протокола MODBUS, все ответы устройства начинаются с сетевого адреса подчиненного устройства, например, 0x01, кода функции (0x43), затем следуют данные ответа.

### Общий вид фрейма ASCII

:	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	<b>DATA</b>	LRC	CR	LF
---	-----------------	-------------------	-------------	-----	----	----

### Общий вид фрейма RTU

T1- T2- T3- T4	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	<b>DATA</b>	LowCRC	HiCRC	T1- T2- T3- T4
----------------	-----------------	-------------------	-------------	--------	-------	----------------



Далее везде описывается только поле **DATA**, если не указано иное.

### Общий формат команды (содержимое поля DATA)

Счетчик байт	Адрес	Команда	Данные
1 байт	1 байт	1 байт	N байт

Счетчик байт – количество байт в команде.

Адрес – адрес устройства, к которому происходит обращение, или код функции, которую надо выполнить.

Команда – команда, которую должно выполнить адресуемое устройство.

Данные – параметры команды или данные для передачи.

### Адрес

#### Адресуемое устройство/код функции:

0x01 – отдать подготовленные данные

0x02 – процессор, управляющий силовыми модулями (**POWER**)

0x03 – память программ (**FRAM**)

0x04 – проверка связи с центральным процессором

0x05 – выдать текущее состояние устройства

0x06 – центральный процессор устройства (**MEGA64**)

0x07 – выдать текущее состояние устройства в укороченном формате

0x10 – выдать информацию о выпрямителе

### Команда

#### Команды, выполняемые силовым процессором (**POWER**):

0x80 – выключить силовые модули, установить ток и напряжение в «0»

0x82 – тест, определение конфигурации модулей.

0x83 – установить требуемые ток и напряжение, включить силовые модули

0x89 – градиент тока и/или напряжения до конечного значения за заданное время

#### Команды, выполняемые центральным процессором (**MEGA64**):

0x01 – передать управление терминалу на шине MODBUS

0x02 – освободить управление по шине MODBUS, передать его локальному пульту

- 0x03 – начать выполнение ранее введенной программы, записанной в **FRAM**
- 0x04 – приостановить выполнение программы с отключением силового модуля, параметры управления сохраняются
- 0x06 – изменить полярность выходного напряжения (выполнить «РЕВЕРС») (только для выпрямителей, оснащённых блоком реверса).
- 0x07 – останов с очисткой памяти программ (FRAM) Прекращает выполнение программы, обнуляет рабочие параметры, обнуляет память программ.
- 0x08 – продолжить программу с момента останова по команде «приостановить» (0x04).
- 0x09 – «холодная перезагрузка» устройства без очистки памяти программ.
- 0x0A – «холодная перезагрузка» устройства с очисткой памяти программ.
- 0x0F – обнулить сохраненное в памяти значение Ампер-часов

#### Команды работы с памятью программ (FRAM):

- 0x00 – чтение данных из памяти программ
- 0x01 – запись данных в память программ
- 0x50 – чтение времени наработки выпрямителя

#### Данные

Содержимое этого поля зависит от выполняемой команды.

#### Общий формат ответа устройства.

:	Адрес MODBUS	КОД	DATA	LRC	CR	LF
---	-----------------	-----	------	-----	----	----

#### Сообщения об ошибках

Одна из четырех ситуаций может иметь место при запросе главного к подчиненному:

- Если подчиненное устройство приняло запрос без коммуникационных ошибок и может нормально распознать запрос, оно возвращает нормальный ответ.
- Если подчиненное устройство не приняло запрос, ответ не возвращается. Главный ожидает ответа на запрос в течение определенного таймаута.
- Если подчиненный принял запрос, но обнаружил коммуникационную ошибку (паритет, ошибка контрольной суммы), то ответ не возвращается. Главный ожидает ответа на запрос в течение определенного таймаута.
- Если подчиненный принял запрос без коммуникационной ошибки, но не может выполнить затребованную функцию, подчиненный возвращает сообщение об ошибке и ее причинах.

Сообщение об ошибке имеет два поля, которые отличаются от полей нормального ответа:

**ПОЛЕ КОДА ФУНКЦИИ:** В нормальном ответе подчиненный повторяет код функции, содержащийся в поле кода функции запроса. Во всех кодах функций старший значащий бит установлен в 0. При возврате сообщения об ошибке подчиненный устанавливает этот бит в 1.

По установленному старшему биту в коде функции главный распознает сообщение об ошибке, и может проанализировать поле данных сообщения.

**ПОЛЕ ДАННЫХ (DATA):** В нормальном ответе, подчиненный может возвращать данные или статистику в поле данных (любую информацию, которая затребована в запросе). В сообщении об ошибке, подчиненный возвращает код ошибки в поле данных.

#### **СПИСОК КОДОВ ОШИБОК:**

Код	Название	Описание
0x01	НЕВЕРНАЯ ФУНКЦИЯ	Принятый код функции не может быть обработан подчиненным.
0x04	НЕТ СВЯЗИ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ПРОЦЕССОРОМ	Сбой на плате управления, возможно временный. Предыдущая и текущая команды не выполнены.
0x06	ДАнные НЕ ГОТОВЫ	Запрашиваемые главным данные еще не готовы. Следует повторить запрос позже.
0x07	НЕОЖИДАННАЯ КОМАНДА	Подчиненный не ожидал получения данной команды. Вероятно, неправильная последовательность посылки команд главным.

## Подробное описание команд

Далее везде в описаниях формата и примерах команд описано только поле **ДАТА** команды. В описаниях формата и примерах ответов описано поле **КОД**.

Все команды делятся на два класса: управляющие и контролирующие.

С помощью управляющих команд пользователь управляет работой устройства, включением, выключением, режимом работы, выходными параметрами и т.д. Такие команды не подразумевают получения непосредственного ответа от устройства, подтверждающего успешное их выполнение. В ответ на такие команды устройство может ответить, что команда принята к исполнению (нормальный ответ), либо выдать код ошибки, если произошел какой-либо сбой в системе связи

Контролирующие команды служат для отслеживания выполнения управляющих команд и контроля режима работы устройства. Эти команды подаются в специальном формате, далее везде они обозначены как «КОМАНДЫ С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ». Чтобы получить данные, запрашиваемые такой командой, следующей после нее должна быть подана команда «**Отдать подготовленные данные**» (код функции 0x01).

Примеры использования этих классов команд приведены в конце настоящего руководства.

### Отдать подготовленные данные (код функции 0x01)

Команда:	<b>0x01</b>			
Описание:	Отдает данные, запрошенные предыдущей командой с отложенным ответом. Если эта команда применена не после команды с отложенным ответом, выдается ошибка «НЕОЖИДАННАЯ КОМАНДА».			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x01	0x01	<ПУСТО>	<ПУСТО>
Формат ответа:	Данные, запрошенные предыдущей командой (командой с отложенным ответом). Количество и формат см. в описании соответствующих команд.			
Пример команды:	01 01			

**Команды для процессора POWER (адрес 0x02)**

Команда:	<b>0x80</b>			
Описание:	Выключает силовой модуль, устанавливает выход тока и напряжения в 0.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x02	0x80	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 02 80			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x82</b>			
Описание:	Запускает процедуру тестирования наличия/работоспособности подключенных силовых модулей. Эту команду необходимо выполнить первой после включения источника питания. Данная команда выполняется блоком питания непрерывно до ее завершения/отмены другой командой. Рекомендуемая последовательность действий: дать команду <b>0x82</b> , выдержать паузу 3 сек, дать команду <b>0x80</b> .			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x02	0x82	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 02 82			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x83</b>		
Описание:	Устанавливает значения тока и напряжения, включает нужное количество силовых модулей, если подключено достаточное их количество. Если ток или напряжение нулевые, все модули отключаются.		
Данные:	Номер байта данных	Содержание байта данных	
	00	Младший байт	Требуемое значение тока
	01	Старший байт	
02	Значение напряжения. Равно требуемому напряжению, умноженному на 10. Например, требуемые 12,3 В=123 DEC=0x7B HEX		
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда
	0x05	0x02	0x83
Формат ответа:	3 байта		
Формат ответа:	1 байт кода.		
Пример команды:	05 02 83 E8 03 7B (установить 1000 А; 12,3 В)		
Нормальный ответ:	05		

Команда:	<b>0x89</b>		
Описание:	Выполняет плавное изменение тока или напряжения за заданное время. Параметрами команды являются конечные значения тока и напряжения. В качестве начальных значений используются текущие установки (установки на момент начала команды). Если текущее и заданное этой командой значения одного из параметров совпадают, то во время выполнения данной команды этот параметр остается неизменным.		
Данные:	Номер байта данных	Содержание байта данных	
	00	Младший байт	Требуемое значение тока
	01	Старший байт	
	02	Значение напряжения. Равно требуемому напряжению, умноженному на 10. Например, требуемые 12,3 В=123 DEC=0x7B HEX	
	03	Младший байт	Длительность выполнения операции в секундах
04	Старший байт		
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда
	0x07	0x02	0x89
Формат ответа:	5 байт		
Формат ответа:	1 байт кода.		
Пример команды:	07 02 89 E8 03 7B 3C 00 (установить 1000 А; 12,3 В, за время 60 секунд)		
Нормальный ответ:	05		

**Команды работы с FRAM (адрес 0x03)**

Команда:	<b>0x00</b>	<b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>		
Описание:	Чтение данных из памяти программ <b>FRAM</b> .			
Данные:	Номер байта данных		Содержание байта данных	
	00	Младший байт		Стартовый адрес
	01	Старший байт		
	02	Количество читаемых байт		
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x05	0x03	0x00	3 байта
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	05 03 00 02 00 08		(читать 8 байт с адреса 0x0002)	
Нормальный ответ:	05			
Формат отложенного ответа:	Данные, начиная со стартового адреса, в заданном количестве.			
Пример ответа:	01 02 03 04 05 06 07 08		(8 байт с адреса 0x0002)	

Команда:	<b>0x01</b>			
Описание:	Запись данных в память программ <b>FRAM</b> .			
Данные:	Номер байта данных		Содержание байта данных	
	00	Младший байт		Стартовый адрес
	01	Старший байт		
	02	Количество записываемых байт		
	03-...	Сами данные		
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	(Количество байт данных + 5)	0x03	0x01	(Количество байт данных + 3)
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	0E 03 01 02 00 08 11 22 33 44 55 66 77 88			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x50</b> <b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>			
Описание:	Чтение времени наработки выпрямителя из энергонезависимой памяти. Единица измерения – секунда.			
Данные:	нет			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x03	0x50	нет
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 03 50			
Нормальный ответ:	05			
Формат отложенного ответа:	4 байта числа типа unsigned long (младший байт впереди)			
Пример ответа:	01 02 03 04 05 06 07 08 (8 байт с адреса 0x0002)			

### Формат команд, хранящихся в FRAM, в общем случае

Команда	Ток	Напряжение*10	Часы	Минуты	Секунды	ПАРАМЕТР
1 байт	2 байта (младший – первый)	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт	1 байт

В программе команды могут быть любой комбинацией из описанных, однако рекомендуем использовать только следующие: 0x74, 0x75, 0x79, 0x83, 0x84, 0x89, 0x06, 0x8F, т.е. те команды, которые можно отображать и программировать через локальный пульт.

Программа, записанная в FRAM, должна завершаться нулевой операцией, т.е. 8 байт 0x00. Тогда, при выполнении программы, если код очередной считанной процессором из FRAM операции – 0x00, MEGA64 прекращает выполнение программы (выпрямитель останавливается).

Формула пересчета номера операции (отображается на пульте) в адрес (в FRAM):  $Adres = (Nomer - 1) * 8$ .

Более подробное описание формата хранения в памяти программ приведено в Кратком справочнике по программированию выпрямителя.

**Проверка связи с центральным процессором (код функции 0x04)**

Команда:	Отсутствует <b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>			
Описание:	Выполнить проверку связи с центральным процессором (MEGA64).			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x01	0x04	<ПУСТО>	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	01 04			
Нормальный ответ:	05			
Формат отложенного ответа:	03 E2 E3 E4 (связь нормальная) или 04 (Нет связи с MEGA64, возможно временная задержка)			

**Выдать текущее состояние устройства (код функции 0x05)**

Команда:	Отсутствует <b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>				
Описание:	Выдать текущее состояние устройства в расширенном формате.				
Данные:	Отсутствуют				
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные	
	0x01	0x05	<ПУСТО>	<ПУСТО>	
Формат ответа:	1 байт кода.				
Пример команды:	01 05				
Нормальный ответ:	05				
Формат отложенного ответа:	Номер байта данных	Содержание байта данных			
	0x 00	Номер выполняемой операции из программы			
	0x 01	Команда, соответствующая этому номеру (из <b>FRAM</b> )			
	0x 02	Часы	Длительность текущей операции (из <b>FRAM</b> )		
	0x 03	Минуты			
	0x 04	Секунды			
	0x 05	Зарезервировано			
	0x 06	Младший байт значения Ампер-часов	Непрерывно ведущийся подсчет количества Ампер-часов, переданных в нагрузку. Не обнуляется при выключении питания устройства.		
	0x 07	...			
	0x 08	...			
	0x 09	Старший байт значения Ампер-часов			
	0x 0A	Контрольный байт			
	0x 0B	Байт состояния 1 канала			
	0x 0C	Байт состояния 2 канала			
	0x 0D	Байт состояния 3 канала			
	0x 0E	Байт состояния 4 канала			
	0x 0F	Текущая выполняемая команда			Для процессора <b>POWER</b>
	0x 10	Младший байт тока	Для контроля команд 0x83 и 0x89		
	0x 11	Старший байт тока			
	0x 12	Напряжение			
0x 13	Часы	Время с начала текущей операции			
0x 14	Минуты				
0x 15	Секунды				
0x 16	Младший байт тока	Замеренные АЦП значения выходных параметров			
0x 17	Старший байт тока				
0x 18	Напряжение				
0x 19	<b>0x55</b> Признак корректной связи с АЦП				
0x 1A	<b>0xAA</b> Признак корректной связи с <b>POWER</b>				

**Команды для центрального процессора (адрес 0x06)**

Команда:	<b>0x01</b>			
Описание:	<p>Передать управление терминалу. Запрещает управление с локального пульта устройства. На локальном пульте производится только индикация текущего режима работы.</p> <p>Если в течение 60 секунд от терминала не поступает ни одной команды, то управление автоматически передается локальному пульту. В этом случае для возобновления управления с терминала необходимо применить данную команду повторно.</p>			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x01	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 01			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x02</b>			
Описание:	<p>Разрешить управление с локального пульта. При этом управление с терминала не производится.</p>			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x02	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 02			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x03</b>			
Описание:	Начать выполнение программы, записанной в память программ, начиная с операции, номер которой указан в поле данных. Нумерация начинается с 0x01, операция с номером 0x00 отсутствует.			
Данные:	Номер байта данных		Содержание байта данных	
	00		Номер операции	
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x03	0x06	0x03	1 байт
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	03 06 03 05			(Запустить программу с шага 5)
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x04</b>			
Описание:	Приостановить выполнение программы с отключением силового модуля, параметры управления сохраняются.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x04	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 04			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x06</b>																							
Описание:	Выполнить операцию «РЕВЕРС» (изменение полярности выходного напряжения). Если значение ПАРАМЕТРА равно 0x00, то выполнить РЕВЕРС однократно. Если значение ПАРАМЕТРА равно 255, то принудительно устанавливается прямая полярность выхода. Выполнение этой команды никак не влияет на остальные заданные параметры работы устройства (в частности, заданные выходной ток и напряжение остаются прежними).																							
Данные:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер байта данных</th> <th colspan="3">Содержание байта данных</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td> <td colspan="3">Не значащий</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td colspan="3">Не значащий</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td colspan="3">Не значащий</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td colspan="3">ПАРАМЕТР</td> </tr> </tbody> </table>				Номер байта данных	Содержание байта данных			00	Не значащий			01	Не значащий			02	Не значащий			03	ПАРАМЕТР		
Номер байта данных	Содержание байта данных																							
00	Не значащий																							
01	Не значащий																							
02	Не значащий																							
03	ПАРАМЕТР																							
Формат команды:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Счетчик байтов</th> <th>Адрес</th> <th>Команда</th> <th>Данные</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x06</td> <td>0x06</td> <td>0x06</td> <td>4 байта</td> </tr> </tbody> </table>				Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные	0x06	0x06	0x06	4 байта												
Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные																					
0x06	0x06	0x06	4 байта																					
Формат ответа:	1 байт кода.																							
Пример команды:	06 06 06 00 00 00 00 (изменить полярность выходного тока)																							
Нормальный ответ:	05																							

Команда:	<b>0x07</b>											
Описание:	Останов с очисткой памяти программ (FRAM) Прекращает выполнение программы, обнуляет рабочие параметры, обнуляет память программ.											
Данные:	Отсутствуют											
Формат команды:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Счетчик байтов</th> <th>Адрес</th> <th>Команда</th> <th>Данные</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x02</td> <td>0x06</td> <td>0x07</td> <td>&lt;ПУСТО&gt;</td> </tr> </tbody> </table>				Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные	0x02	0x06	0x07	<ПУСТО>
Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные									
0x02	0x06	0x07	<ПУСТО>									
Формат ответа:	1 байт кода.											
Пример команды:	02 06 07											
Нормальный ответ:	05											

Команда:	<b>0x08</b>			
Описание:	Продолжить программу с момента останова по команде «приостановить» (0x04). Выходные параметры (ток, напряжение, полярность, время) – те же, что до приостановки.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x08	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 08			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x09</b>			
Описание:	«Горячая перезагрузка» устройства без очистки памяти программ. Прекращает выполнение программы, обнуляет рабочие параметры, память программ сохраняется. Рекомендуется эту команду использовать для прекращения работы программы.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x09	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 09			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x0A</b>			
Описание:	«Холодная перезагрузка» устройства с очисткой памяти программ. Прекращает выполнение программы, обнуляет рабочие параметры, обнуляет память программ.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x02	0x06	0x0A	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	02 06 07			
Нормальный ответ:	05			

Команда:	<b>0x0F</b>											
Описание:	Обнуляет сохраненное в памяти значение Ампер-часов, отданных устройством в нагрузку. Значение Ампер-часов хранится в энергонезависимой памяти и не обнуляется никакими другими способами.											
Данные:	Отсутствуют											
Формат команды:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Счетчик байтов</th> <th>Адрес</th> <th>Команда</th> <th>Данные</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x02</td> <td>0x06</td> <td>0x0F</td> <td>&lt;ПУСТО&gt;</td> </tr> </tbody> </table>				Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные	0x02	0x06	0x0F	<ПУСТО>
Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные									
0x02	0x06	0x0F	<ПУСТО>									
Формат ответа:	1 байт кода.											
Пример команды:	02 06 0F											
Нормальный ответ:	05											

**Выдать текущее состояние устройства в укороченном формате (код функции 0x07)**

Команда:	Отсутствует <b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>			
Описание:	Выдать текущее состояние устройства в укороченном формате.			
Данные:	Отсутствуют			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные
	0x01	0x07	<ПУСТО>	<ПУСТО>
Формат ответа:	1 байт кода.			
Пример команды:	01 07			
Нормальный ответ:	05			
Формат отложенного ответа:	Номер байта данных	Содержание байта данных		
	0x 00	Контрольный байт		
	0x 01	Байт состояния 1 канала		
	0x 02	Байт состояния 2 канала		
	0x 03	Байт состояния 3 канала		
	0x 04	Байт состояния 4 канала		
	0x 05	Младший байт тока	Замеренные АЦП значения выходных параметров	
	0x 06	Старший байт тока		
0x 07	Напряжение			

**Выдать информацию о выпрямителе (код функции 0x10)**

Команда:	Отсутствует <b>КОМАНДА С ОТЛОЖЕННЫМ ОТВЕТОМ</b>																			
Описание:	Выдает информацию о выпрямителе: номинальные значения тока, напряжения, возможность реверса, количество силовых модулей, серийный номер.																			
Данные:	Отсутствуют																			
Формат команды:	Счетчик байтов	Адрес	Команда	Данные																
	0x01	0x10	<ПУСТО>	<ПУСТО>																
Формат ответа:	1 байт кода.																			
Пример команды:	01 10																			
Нормальный ответ:	05																			
Формат отложенного ответа:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер байта данных</th> <th>Содержание байта данных</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x 00</td> <td>Младший байт тока</td> </tr> <tr> <td>0x 01</td> <td>Старший байт тока</td> </tr> <tr> <td>0x 02</td> <td>Младший байт напряжения</td> </tr> <tr> <td>0x 03</td> <td>Старший байт напряжения</td> </tr> <tr> <td>0x 04</td> <td>Байт конфигурации выпрямителя</td> </tr> <tr> <td>0x 05</td> <td rowspan="3">Серийный номер выпрямителя в ASCII-коде</td> </tr> <tr> <td>...</td> </tr> <tr> <td>0x 10</td> </tr> </tbody> </table>				Номер байта данных	Содержание байта данных	0x 00	Младший байт тока	0x 01	Старший байт тока	0x 02	Младший байт напряжения	0x 03	Старший байт напряжения	0x 04	Байт конфигурации выпрямителя	0x 05	Серийный номер выпрямителя в ASCII-коде	...	0x 10
Номер байта данных	Содержание байта данных																			
0x 00	Младший байт тока																			
0x 01	Старший байт тока																			
0x 02	Младший байт напряжения																			
0x 03	Старший байт напряжения																			
0x 04	Байт конфигурации выпрямителя																			
0x 05	Серийный номер выпрямителя в ASCII-коде																			
...																				
0x 10																				

**Формат байта конфигурации выпрямителя**

№ бита	Значение	Комментарий			
		N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>0</sub>	Количество силовых модулей
0	N <sub>0</sub>	0	0	1	1 модуль
1	N <sub>1</sub>	0	1	0	2 модуля
2	N <sub>2</sub>	0	1	1	3 модуля
3	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО	1	0	0	4 модуля
4	1 – выпрямитель оснащен блоком реверса; 0 – блок реверса отсутствует.	При отсутствии блока реверса выпрямитель не может выполнять команды, влияющие на полярность выходного тока.			
5	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО				
6	1 – ток измеряется в целых Амперах; 0 – ток измеряется в десятых долях Ампера.	Пример: Функции 0x05 и 0x07 возвращают значения тока в виде двухбайтового слова. Предположим, получили значение тока, равное 0x05FA (1530 DEC). Если бит 6 байта конфигурации равен 1, то выходной ток выпрямителя равен 1530 А. Если бит 6 байта конфигурации равен 0, то выходной ток выпрямителя равен 153,0 А. Аналогично с напряжением.			
7	1 – напряжение измеряется в целых Вольтах; 0 – напряжение измеряется в десятых долях Вольта.				

**Формат байта состояния канала**

№ бита	Значение	Комментарий
0	1 – модуль включен	Означает, что соответствующий силовой модуль включен и работает нормально
1	1 – перегрев модуля	При перегреве происходит временный останов модуля. После возврата температуры в допустимый диапазон работа модуля продолжится с того же самого места. Необходимость в перезапуске устройства отсутствует.
2	1 – срабатывание защиты силового модуля	Снимается только полным выключением питания.
3	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО	
4	1 – модуль определился в команде ТЕСТ	Означает, что соответствующий силовой модуль исправен и готов к работе. Устанавливается и хранится до очередной команды ТЕСТ
5	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО	
6	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО	
7	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО	

**Формат контрольного байта**

№ бита	Значение					
	0	1	Управление не определено	0	Управление у локального пульта	1
1	0		1		1	
2	1 – идет выполнение программы, 0 – программа не выполняется (в т.ч. пауза)					
3	1 – работа заблокирована внешней цепью, 0 – работа разрешена					
4	1 – перегрев блока реверса, 0 – нормальная работа блока реверса					
5	1 – сработала защита блока реверса, 0 – нормальная работа блока реверса					
6	1 – реверс включен (обратная полярность выхода), 0 – реверса нет (прямая полярность выхода)					
7	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО					

## Общие замечания

Нормальный ответ устройства кодом «05» не гарантирует исполнение команды, а лишь сообщает, что команда принята к исполнению. Таким образом, результат выполнения команд должен контролироваться через другие команды.

При контроле исполнения команд, необходимо учитывать, что выходное напряжение и ток могут устанавливаться источником не мгновенно, а в течение некоторого времени, достигающего нескольких секунд. Кроме того, из-за особенностей микропроцессорного (цифрового) управления, значения тока и напряжения в установившемся режиме могут быть несколько отличны от заданного.

Основное внимание управляющей программы должно быть сосредоточено на контроле состояния силовых модулей, для этого достаточно анализировать байты состояния каналов и контрольный байт.

Между окончанием передачи одной команды и началом передачи следующей должна быть пауза длительностью не менее 50 мс. Рекомендуемая длительность паузы 150 мс.

Необходимо учитывать, что использование команд, не описанных в настоящем руководстве, может повлечь за собой неправильную работу устройства или повреждение данных, сохраненных в памяти (**FRAM**) устройства. Для восстановления работоспособности в таком случае рекомендуется выполнить команды «06 0A» - холодная перезагрузка, «06 0F» - обнулить сохраненное значение A\*ч, и, дополнительно, заново выполнить установку скорости порта и адреса устройства на шине, как описано в настоящем руководстве.

### Перечень команд, выполняемых независимо от установок приоритета

Команда	Описание
01	Отдать данные, запрошенные предыдущей командой с отложенным ответом
03 00	Чтение данных из памяти программ <b>FRAM</b>
03 01	Запись данных в память программ <b>FRAM</b>
04	Выполнить проверку связи с центральным процессором (MEGA64)
05	Выдать текущее состояние устройства в расширенном формате
06 01	Передать управление терминалу
07	Выдать текущее состояние устройства в укороченном формате
10	Выдать информацию о выпрямителе

## Примеры использования команд

### Пример использования управляющей команды.

Хотим установить режим работы силового модуля 1000 А; 12,3 В. Далее все данные в шестнадцатеричном формате.

Полный кадр команды:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	Количество байт данных	Адресуемое устройство	Команда устройства	Мл. байт тока	Ст. байт тока	Напряжение	LRC	CR	LF
:	01	43	05	02	83	E8	03	78	CF	[0x0D]	[0x0A]

Полный кадр нормального ответа устройства:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	КОД	LRC	CR	LF
:	01	43	05	B7	[0x0D]	[0x0A]

Полный кадр ответа устройства, при наличии ошибки:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	КОД	LRC	CR	LF
:	01	C3	04	B7	[0x0D]	[0x0A]

### Пример использования контролирующей команды.

Хотим проверить результат выполнения предыдущей команды. Используем команду с отложенным ответом. Далее все данные в шестнадцатеричном формате.

Полный кадр команды:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	Количество байт данных	Адресуемое устройство	LRC	CR	LF
:	01	43	01	07	B4	[0x0D]	[0x0A]

Полный кадр нормального ответа устройства:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	КОД	LRC	CR	LF
:	01	43	05	B7	[0x0D]	[0x0A]

Теперь запросим сами данные:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	Количество байт данных	Адресуемое устройство	LRC	CR	LF
:	01	43	01	01	BA	[0x0D]	[0x0A]

Полный кадр нормального ответа устройства:

	Адрес MODBUS	Функция MODBUS	Контрольный байт	Байты состояния каналов				Ток на выходе устройства		Напряжение на выходе устройства	LRC	CR	LF
				1-й	2-й	3-й	4-й	Мл. байт	Ст. байт				
:	01	43	03	11	11	00	00	E8	03	78	B7	[0x0D]	[0x0A]

## Рекомендуемый алгоритм управления устройством

После включения питания устройства приоритет управления принадлежит локальному пульту. В это время управляющие команды от терминала не будут реально влиять на работу устройства, несмотря на нормальный ответ, без ошибок. Определить, кому принадлежит приоритет управления (локальному пульту или удаленному терминалу), можно, используя команды «05» или «07» для получения значения контрольного байта. Данные команды устройство обрабатывает полностью всегда, независимо от установки приоритета управления.

Для управления устройством необходимо принудительно передать приоритет управления от локального пульта терминалу. Это делается командой «06 01». После ее выполнения следует проконтролировать результат, используя команды «05» или «07».

Теперь необходимо выполнить тестирование силовых модулей устройства. Запуск процесса тестирования производится командой «02 82». Спустя время от 0,5 сек (для одного силового модуля) до 2 сек (для 4 силовых модулей) после этой команды следует остановить процесс тестирования командой «02 80». После этого можно проконтролировать результат, используя команды «05» или «07». Проверив 4-й бит в байтах состояния каналов, убедиться, что необходимое количество силовых модулей исправно и готово к работе.

Теперь можно давать управляющие команды.

Рекомендуется регулярно производить опрос устройства командами «05» или «07» для контроля режима работы.

В случае, если в течение 60 секунд устройство не получит ни одной команды от терминала, то приоритет управления автоматически перейдет к локальному пульту. Режим работы устройства при этом не изменится. Для возобновления управления устройством с терминала необходимо снова принудительно передать приоритет управления от локального пульта терминалу командой «06 01».

При программировании операции плавного изменения тока или напряжения («02 89») рекомендуется перед ней выполнить установку начальных значений командой установки («02 83»). Иначе возможны неожиданные начальное и конечное значения тока и/или напряжения.