



Руководство по программированию

ModBus и SCPI

Для USB, GPIB, Ethernet
и интерфейс модулей Anybus

Elektro-Automatik



**Внимание! Этот документ
действителен только для
устройств из списка в 1.1.2 и
и только действует от версий
прошивок в этом же списке**

Doc ID: PGMBRU
Revision: 05
Date: 07-02-2018

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩЕЕ	5
1.1 Об этом документе	5
1.1.1 Авторское право	5
1.1.2 Область распространения	5
1.2 Разъяснение символов	5
1.3 Гарантия	5
1.4 Ограничение ответственности	5
2. МОДУЛИ ANYBUS	6
2.1 Обзор	6
2.2 Поддержка модулей Anybus	7
2.3 Перед тем как начать	7
2.4 Установка модуля Anybus	8
2.5 Сеть с линейной топологией	8
2.6 Сетевой доступ через HTTP	8
2.7 Сетевой доступ через TCP	8
3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ	9
3.1 Коммуникация с устройством в общем	9
3.2 Расположение управления	9
3.3 Расчёт времени сообщений и время исполнения команд	9
3.3.1 Время исполнения при записи	9
3.3.2 Время отклика при чтении	10
3.3.3 Расчёт времени сообщений	10
3.4 Обзор протоколов коммуникации	11
3.5 Специальные характеристики удалённого контроля	12
3.6 Фрагментированные сообщения при последовательных передачах	12
3.7 Задержка соединения	12
3.8 Эффективное разрешение при программировании	12
3.9 Минимальный уклон (генератор функций)	13
4. MODBUS RTU ПРОТОКОЛ	14
4.1 Общая информация о ModBus RTU	14
4.2 Общая информация о ModBus TCP	14
4.3 Формат устанавливаемых значений и разрешение	14
4.4 Перевод устанавливаемых и актуальных значений	14
4.5 Коммуникация с устройством через модули AnyBus	15
4.5.1 Profinet / Profibus	15
4.5.2 CANopen	15
4.5.3 CAN	15
4.5.4 ModBus TCP	15
4.5.5 EtherCAT	15
4.6 Коммуникация с устройством через порт USB	15
4.6.1 Установка драйвера USB	15
4.6.2 Первые шаги	15
4.7 О списках регистра	16
4.7.1 Колонка „Data type“	16
4.7.2 Колонка „Access“	16
4.7.3 Колонка „Number of registers“	16
4.7.4 Колонка „Data“	16
4.7.5 Колонки „Profibus/Profinet slot & index“	16
4.7.6 Колонка "EtherCAT SDO/PDO?"	17
4.8 ModBus RTU в деталях	17
4.8.1 Типы сообщений	17
4.8.2 Общее	17
4.8.3 Функции	17

4.8.4	Контрольные сообщения (запись).....	18
4.8.5	Сообщение запроса	18
4.8.6	Сообщение ответа.....	19
4.8.7	Контрольная сумма ModBus.....	19
4.8.8	Ошибки коммуникации.....	20
4.8.9	Примеры ModBus RTU сообщений	21
4.9	ModBus TCP в деталях	23
4.9.1	Пример сообщения ModBus TCP	23
4.10	Разъяснение специальных регистров.....	24
4.10.1	Регистр 171	24
4.10.2	Регистр 408	24
4.10.3	Регистр 411	24
4.10.4	Регистры 500-503 (Устанавливаемые значения)	24
4.10.5	Регистр 505 (Статус устройства).....	24
4.10.6	Регистры 650 - 662 (Конфигурация ведущий-ведомый)	25
4.10.7	Регистр 850 - 6695 (Генератор функций)	25
4.10.8	Регистры 850 - 1692 (Генератор секвенций)	28
4.10.9	Регистры 850 - 854 и 900 - 908 (Генератор функций EL 3000 В).....	28
4.10.10	Регистры 9000 - 9006 (Регулируемые ограничения).....	29
4.10.11	Регистры от 10007 - 10900.....	29
4.10.12	Регистры от 11000 (функция MPP слежение)	29
4.10.13	Регистры от 11500 (тест батареи)	30
4.10.14	Регистры от 12000 (расширенная симуляция фотовольтаики по DIN EN 50530)	30

5. ЯЗЫК КОМАНД SCPI 32

5.1	Формат устанавливаемых значений	32
5.2	Примеры для первого старта	32
5.2.1	Пинг	32
5.2.2	Переход в удалённый контроль и обратно в ручной контроль	32
5.3	Синтаксис	33
5.3.1	Объединённые команды.....	33
5.3.2	Верхний и нижний регистры	33
5.3.3	Длинная форма и короткая форма	33
5.3.4	Завершающие символы.....	34
5.3.5	Ошибки.....	34
5.4	Группы команд	35
5.4.1	Стандарт команд IEEE	35
5.4.2	Регистры статуса	36
5.4.3	Команды установки значений	38
5.4.4	Измерительные команды.....	41
5.4.5	Команды статуса	42
5.4.6	Команды для функций защиты.....	44
5.4.7	Команды для функций наблюдения	46
5.4.8	Команды для настройки ограничений.....	47
5.4.9	Команды для режима работы ведущий-ведомый	48
5.4.10	Команды для общих запросов.....	49
5.4.11	Команды для конфигурации устройства.....	49
5.4.12	Команды для удалённого контроля генератора функций	55
5.4.13	Команды для удалённого управления генератором секвенций.....	60
5.4.14	Команды удалённого контроля функцией MPP слежение	62
5.4.15	Команды для управления сигналами тревоги.....	64
5.4.16	Команды для предустановок (Recall).....	65
5.4.17	Команды для расширенной симуляции PV	67
5.4.18	Команды для функции тестирования батареи	72
5.5	Примеры использований	74
5.5.1	Конфигурация и контроль шины ведущий-ведомый со SCPI	74
5.5.2	Программные примеры для генератора функций	75
5.5.3	Примеры симуляции PV (DIN EN 50530).....	79

6. PROFIBUS И PROFINET	83
6.1 Общее	83
6.2 Подготовка	83
6.3 Конфигурация слота для Profibus.....	83
6.4 Конфигурация слота для Profinet	84
6.5 Циклическая коммуникация через Profibus/Profinet.....	84
6.6 Нециклическая коммуникация через Profibus/Profinet.....	85
6.7 Примеры нециклического доступа.....	86
6.7.1 Активация/деактивация удалённого контроля	86
6.7.2 Отправка устанавливаемого значения	86
6.7.3 Считывание чего-либо	87
6.8 Интерпретация данных	87
7. CANOPEN	88
7.1 Подготовка	88
7.2 Объекты пользователя (индексы)	88
7.2.1 Перевод ADI -> регистр	88
7.3 Конкретные примеры	88
7.4 Особые характеристики.....	89
7.4.1 Использование генератора функций	89
7.5 Коды ошибок	89
8. CAN	90
8.1 Подготовка	90
8.2 Представление.....	90
8.3 Форматы сообщений	90
8.3.1 Нормальная отправка (запись)	90
8.3.2 Циклическая отправка (запись).....	91
8.3.3 Запросы.....	92
8.3.4 Нормальное чтение.....	92
8.3.5 Циклическое чтение	92
8.3.6 Примеры сообщений.....	94
9. ETHERCAT	96
9.1 Преамбула	96
9.2 Интеграция вашего устройства в TwinCAT	96
9.3 Объекты данных	96
9.3.1 PDO	97
9.3.2 SDO	97
9.3.3 Использование объектов данных.....	97
A. АППЕНДИКС	98
A1. Классы устройств	98

1. Общее

1.1 Об этом документе

1.1.1 Авторское право

Перепечатывание, копирование, а также частичное использование для других целей, описанных в этом руководстве, запрещается и может привести к судебному процессу.



1.1.2 Область распространения

Этот документ действителен для приведённого ниже оборудования, включая производные варианты. Этот гид по программированию имеет отношение к версии программной прошивки блока коммуникации KE. Ранние прошивки KE могут быть частично несовместимы с этим документом. **Рекомендуется запомнить аббревиатуры, описанные ниже, так как они являются исходными частями этого руководства при программировании вашего устройства.**

Серия	Прошивка	Аббревиат.
EL 3000 B	KE: 2.02	DT
EL 9000 B 3U - 24A / HP / 2Q	KE: 2.24 (стандарт) / KE: 2.08 (GPIB)	ELR9
EL 9000 B Slave	KE: 2.24	ELR9
EL 9000 DT / EL 9000 T	KE: 3.04	DT
ELR/ELM 5000	HMI: 2.03	ELR5
ELR 9000 / ELR 9000 HP	KE: 2.24 (стандарт) / KE: 2.08 (GPIB)	ELR9
PS 5000	KE: 2.02	PS5
PSI 5000	KE: 3.04	PSI5
PS 9000 1U/2U/3U (серия от 2014)	KE: 3.04	PS9
PS 9000 T	KE: 3.04	PST
PSB 9000	KE: 2.24	PSB
PSE 9000	KE: 2.24	PSE
PSI 9000 2U / 3U (серия от 2014)	KE: 2.24 (стандарт) / KE: 2.08 (GPIB)	PSI9
PSI 9000 15U / 24U	KE: 2.24	PSI9
PSI 9000 DT	KE: 3.04	DT
PSI 9000 T	KE: 3.04	PSIT
PSBE 9000	KE: 2.24	PSBE
PS 3000 C	KE: 2.02	PS3

1.2 Разъяснение символов

Предупреждения и заметки по безопасности, а также общие пометки в этом документе показаны в модулях с символами:

	Символ для общих заметок по безопасности (инструкции и защита от повреждений)
	Символы для общих пометок

1.3 Гарантия

Производитель гарантирует функциональную компетентность примененной технологии и установленные параметры производительности. Гарантийный период начинается с поставки свободного от дефектов оборудования.

Определения гарантии включены в общие определения и условия от производителя.

1.4 Ограничение ответственности

Все утверждения и инструкции в этом руководстве основаны на текущих нормах и правилах, новейших технологиях и нашем длительном опыте. Производитель не признает ответственности за повреждения вызванные:







- Использованием для целей отличных от предназначений

ModBus и SCPI






- Использование необученным персоналом
- Модифицированием заказчиком
- Техническими изменениями
- Использование неавторизованными запасными частями

2. Модули Anybus

2.1 Обзор

Модуль	Тип / Коннекторы	LED индикация		Вид спереди
IF-AB-CAN	CAN 2.0B, 1x Sub-D 9конт., папа	RUN	Показывает поток данных (зелёный, мигает)	
		ERR	Будет гореть (зелёным) при присутствии ошибки коммуникации.	
IF-AB-CANO	CANopen, 1x Sub-D 9конт., папа	RUN	Показывает статус последовательностью проблесков в соответствии с DR303-3 (CiA)	
		ERR	Показывает статус последовательностью проблесков в соответствии с DR303-3 (CiA)	
IF-AB-RS232	RS 232, 1x Sub-D 9конт., папа, для нуля модем. кабеля	PWR	Модуль включён.	
IF-AB-PBUS	Profibus DP-V1 Slave, 1x Sub-D 9конт., мама	OP	Режим работы: вкл (зелёный) = Соединение установлено мигает (зелёный) = Готов мигает (красный, 1x) = Ошибка параметра мигает (красный, 2x) = Ошибка Profibus	
		ST	Статус выкл = Не инициализирован вкл (зелёный) = Инициализирован мигает (зелёный) = Расшир. диагностика вкл (красный) = Ошибка исключения	
IF-AB-ETH1P	Ethernet, 1x RJ45	NS	Статус сети: мигает (зелёный) = По умолчанию, может быть проигнорирован вкл (красный) = Двойной IP, серьёзная ошибка мигает (красный) = Задержка соединения	
IF-AB-ETH2P	Ethernet, 2x RJ45	MS	Статус модуля: мигает (зелёный) = По умолчанию, может быть проигнорирован вкл (красный) = Ошибка исключения мигает (красный) = Исправимая ошибка	
		LINK	Статус соединения: вкл (зелёный) = Соединение установлено мигает (зелёный) = Передача данных	

ModBus и SCPI

Модуль	Тип / Коннекторы	LED индикация		Вид спереди
IF-AB-PNET1P	ProfiNET IO, 1x RJ45	NS	Статус сети: вкл (зелёный) = Онлайн с контроллером мигает (зелёный) = Контроллер остановлен	
		MS	Статус модуля: вкл (зелёный) = Всё в норме вкл (красный) = Ошибка исключения мигает (красный, 1x) = Ошибка конфигурации мигает (красный, 2x) = IP адрес не задан мигает (красный, 3x) = Имя станции не дано мигает (красный, 4x) = Внутренняя ошибка	
IF-AB-PNET2P	ProfiNET IO, 2x RJ45	LINK	Статус соединения: вкл (зелёный) = Соединение установлено мигает (зелёный) = Передача данных	
IF-AB-MBUS1P	ModBus TCP, 1x RJ45	NS	Статус сети: вкл (зелёный) = Модуль активен мигает (зелёный) = Модуль в ожидании соединения вкл (красный) = Двойное IP или серьёзная ошибка мигает (красный) = Задержка процесса	
		MS	Статус модуля: вкл (зелёный) = Всё в норме вкл (красный) = Первичная ошибка мигает (красный) = Вторичная ошибка	
IF-AB-MBUS2P	ModBus TCP, 2x RJ45	LINK	Статус соединения: вкл (зелёный) = Соединение установлено мигает (зелёный) = Передача данных	
IF-AB-ECT	EtherCAT Slave, 2x RJ45	RUN	Показывает статус последовательностью миганий в соответствии с DR303-3 (CiA)	
		ERR	Показывает статус последовательностью миганий в соответствии с DR303-3 (CiA)	

2.2 Поддержка модулей Anybus

Эти устройства поддерживают модули Anybus, показанные в 2.1 (date: 07-02-2018):

- ELR 9000
- EL 9000 B (все размеры) / EL 9000 B HP / EL 9000 B 2Q
- PSE 9000
- PSI 9000 2U - 24U
- PSB 9000 / PSBE 9000



Возможно потребуется установка обновления программной прошивки "KE", если ваше устройство не поддерживает определённый модуль после его установки.

2.3 Перед тем как начать

Если вы планируете интегрировать устройство с любым из этих установленных интерфейсов в существующую сеть или магистральную шину, пометьте себе следующее:

- Все модули, а особенно типов Ethernet, которые предоставляют вебсайт, требуют определённого времени запуска после включения устройства, что вызовет задержку адресации к ним в сети. Обычно интерфейс модуль готов к коммуникации, как только устройство готово к работе.
- Готовность к работе может быть показана на модуле (одним из светодиодов) прежде чем требуемое время запуска закончится. Если будет попытка связи с модулем Ethernet, чтобы получить доступ к вебсайту, то он может загрузиться не полностью и браузер может остановиться с ошибкой задержки.

2.4 Установка модуля Anybus

Сама установка описывается в руководстве по эксплуатации вашего устройства, а также требуемые настройки. Подробную информацию об установке и подключении к магистральным шинам и сетям можно найти в публично доступной документации и других источниках.



Модуль CANopen (IF-AB-CANO) не имеет резистора внутреннего окончания. Поэтому требуется применение резистора окончания шины пользователем в соответствии с требованиями шины CAN.

2.5 Сеть с линейной топологией

Основанные на Ethernet, сетевые модули стандартов LAN, ModBus TCP и Profinet/IO также доступны в версиях с двумя портами. Это позволяет подключать несколько устройств по линейной топологии, как шину, даже можно построить кольцо (DLR, device level ring) для улучшения безопасности против прерывания. Нет необходимости использовать внешние коммутаторы и длинные кабели, которые требуются для построения сети, как при топологии "звезда".

Модуль EtherCAT имеет два порта по умолчанию и всегда строит кольцо, так как это стандарт установки системы EtherCAT. Он также основан на Ethernet, но его нельзя рассматривать как порт LAN.

2.6 Сетевой доступ через HTTP

Основанные на Ethernet модули как LAN, ModBus TCP и Profinet, и интегрированные порты LAN некоторых серий как PS 9000 от 2014 года и PSI 5000, предоставляют **вебсайт**. Он доступен через браузер (Firefox, Chrome, Safari) простым вводом IP адреса или имени хоста, которые назначаются на устройство. Доступ к вебсайту через имя хоста (умолчание: Client) возможно только, если сеть запустила DNS или при использовании прямого подключения, ПК запускает DNS и домен/имя хоста уже зарегистрированы.

IP по умолчанию **198.168.0.2**. Все сетевые параметры для интерфейса устройства/сети можно изменить или сбросить до умолчаний в меню настроек устройства (где оно есть).

Текущий активный IP адрес, вместе с другими параметрами относительно сети как шлюз, адрес DNS, маска подсети и MAC адрес, можно посмотреть в меню настроек устройства, у серий где есть экранное меню.

Вебсайт даёт пользователю полный контроль над устройством ручным вводом команд SCPI. Это служит для цели тестирования. Если вы хотите иметь долговременный контроль над устройством или мониторить его, пожалуйста, прочтите секцию „5. Язык команд SCPI“ на странице 32.

Вебсайт, второй страницей CONFIGURATON, позволяет задать специальные сетевые параметры, как при их установке в меню установок устройства, и записывать их на устройство удалённо, запросив предварительную активацию удалённого контроля командой SYST:LOCK ON.

2.7 Сетевой доступ через TCP

Все сетевые модули Anybus, а также интегрированные порт LAN некоторых серий предлагают стандартный доступ TCP через порт по умолчанию **5025** (выбираемый, смотрите руководство устройства для настроек и прочего). Передача данных TCP используется для внешней коммуникации через протоколы ModBus RTU или SCPI. Некоторые модули Anybus имеют дополнительные порты, которые зарезервированы и не могут быть изменены.

Порт и другие параметры относительно сети можно настроить в меню настроек устройства (если имеется) или извне через USB или на вебсайте (смотрите 2.6).

Подключение сокет TCP/IP (IP:порт) предназначается для нормального доступа для удалённого контроля к устройству.



Соединение TCP автоматически разъединяется устройством после определённого времени отсутствия передачи данных. Время задержки по умолчанию задано в 5 секунд, но его можно настроить на более высокие значения. Имеется также другая опция, называемая "TCP keep-alive", которая, если активирована, делает задержку неэффективной.

3. Представление

3.1 Коммуникация с устройством в общем

После подключения устройства к компьютеру через цифровой интерфейс, оно обычно готово к доступу. Доступ можно получить в следующих случаях:

- Через программное обеспечение контроля и мониторинга, поставляемого производителем
- Через LabView VIs, поставляемых производителем устройства
- Через программные приложения заказчика, которые создаются самостоятельно
- Через другое ПО, как программа, которая может отправлять текстовые сообщения (SCPI)
- Через стандартизированное международное ПО для CAN, CANopen, Profibus или EtherCAT и т.д.

3.2 Расположение управления

Расположение управление это положение откуда устройство контролируется. Их два: прямой доступ (ручной контроль) и внешний доступ (удалённый контроль). Пользователь может переключаться между расположениями управления по ситуации. Для устройства задаётся следующее расположение управления:

Отображение расположения	Описание
-	Если не отображается определённое положение управления, устройство свободно для внешнего доступа и все интерфейсы для удалённого контроля включены
Remote Analog, Remote USB и т.д.	Удалённое управление активно
Remote	Удалённое управление активно через интерфейс (только PS 5000 / PSI 5000)
Local	Удалённое управление заблокировано, устройство можно контролировать только вручную

Определённые серии устройств имеют функцию прерывания или полной блокировки удалённого контроля устройства. Эта настройка называется **Allow remote control** или схоже. В заблокированном состоянии устройства покажет **Local** на дисплее. Активация этой блокировки может потребоваться в чрезвычайной ситуации, когда программа постоянно контролирует устройство извне и таким образом может предотвратить доступ пользователя. С этим, пользователь может временно прервать удалённый контроль, чтобы иметь доступ к устройству для выключения входа/выхода DC или изменения настроек.

Активация состояния **Local** вызовет следующее:

- Если удалённый контроль через один из цифровых интерфейсов активен (**Remote Ethernet** и т.п.), то он будет деактивирован и его можно реактивировать снова позднее, как только состояние **Local** будет деактивировано также.
- Если удалённый контроль через аналоговый интерфейс активен (**Remote Analog**), то он будет прерываться только пока состояние **Local** активно и автоматически возвращаться как только **Local** деактивирован, потому что аналоговый интерфейс обычно имеет устойчивые сигналы как на пине REMOTE, который будет говорить Remote on пока коннектор аналогового интерфейс не будет удалён.

3.3 Расчёт времени сообщений и время исполнения команд

Расчёт времени коммуникации, более точно контроль через хронологические запуски двух последовательных сообщений, не выполняется устройством и находится под ответственностью пользователя.

Практический метод: устройство не может обрабатывать входящие сообщения так быстро, как они технически передаются аппаратной частью используемого интерфейса и его спецификациями. Поэтому очень важно рассчитывать время коммуникации и выжидать определённое время перед тем как отправить следующую команду, неважно какой интерфейс в работе. Это не включает протокол касательно передачи данных, как который появляется, например, между ведомым и его ведущим на Profibus, потому что этот трафик управляется самим интерфейсом, а не устройством. Применяется ещё следующее:

- Запросы устройствам, то есть команды, которые что-то читают, исполняются быстрее и могут отправляться чаще и в более коротких интервалах
- Команды записи, то есть команды, которые задают значения или статус, исполняются не сразу при получении и задержка перед исполнением варьируется

3.3.1 Время исполнения при записи

Из-за различного внутреннего проектирования, разных типов микроконтроллеров, которые управляют элементами, и кроме того, производят коммуникацию с компьютером, а также различных программных прошивок, время обработки заданных команд постоянно варьируется. Это означает, что значения, с момента записи команды до появления значения на входе/выходе DC, всегда разнятся. Среднее значение для каждой ситуации, где устройство применяется, можно определить самостоятельно при пуске и измерении.

3.3.2 Время отклика при чтении

Реакция на чтение из устройства происходит обычно незамедлительно, с определенным временем отклика. Существует два метода коммуникации с портом:

- 1) Открытие порта -> запись в порт -> чтение из порта -> закрытие порта
- 2) Открытие порта -> запись в порт -> чтение из порта -> повтор запись/чтение x раз -> закрытие порта

Чтение ответа из порта обычно выполняется с ModBus, потому что может быть ожидаемое сообщение или неожиданное сообщение об ошибке. Использование SCPI, чтение из порта требуется когда что-то запрашивается с командой, заканчивающиеся на "?".

Оба метода имеют преимущества и недостатки. Основное преимущество метода 2 над методом 1, что запись и чтение могут дать более быстрое время отклика. Основное преимущество метода 1 над методом 2, что закрытие порта так же закрывает соединение, которое делает коммуникацию более стабильной, особенно если время между двумя циклами чтение-запись довольно длительное. Значения в таблице ниже измерены методом 1.



Время отклика обоих, USB и Ethernet, может варьироваться, в зависимости от версии установленной прошивки KE на устройстве и может быть лучше или хуже, чем приведено здесь.

Серия	Типичное время отклика
ELR 9000 / EL 9000 B PSI 9000 (все серии от 2014) PSB 9000 / PSBE 9000 PSE 9000	SCPI: через USB <5 мс ⁽²⁾ , через Ethernet <10 мс ⁽¹⁾ ModBus: через USB <5 мс ⁽²⁾ , через Ethernet <10 мс ⁽¹⁾ CAN/CANopen: ≈2 мс
PS 5000	≈1 мс
PSI 5000 / PSI 9000 DT / PSI 9000 T / PS 9000 T EL 9000 DT / EL 3000 B PS 3000 C	SCPI: через USB 1~3 мс, через Ethernet 5~8 мс ModBus: через USB ~1 мс, через Ethernet ~10 мс
PS 9000 (серия от 2014)	SCPI: через USB 1~3 мс, через Ethernet 5~8 мс ModBus: через USB ~1 мс, через Ethernet ~10 мс
ELR 5000	SCPI / ModBus: 1~3 мс

1) Получено из измерений цикла из 200 000 команд методом 1 через интерфейсы IF-AB-ETH (Ethernet) и IF-AB-MODB (стандарт Ethernet порт 5025)

2) Получено из измерений цикла из 200 000 команд методом 1 через виртуальный порт COM драйвера порта USB

3.3.3 Расчёт времени сообщений

Минимум между двумя сообщениями, как показано ниже, зависит в основном от типового времени отклика, что отображается в 3.3.2.

Серия	Миним. время между двумя сообщениями	Рекоменд. время между двумя сообщениями
ELR 9000 / EL 9000 B / PSI 9000 (от 2014) / PSB 9000 / PSE 9000 / PSBE 9000	USB / CAN / CANopen: 10 мс Ethernet: 15 мс	USB / CAN / CANopen: 20 мс Ethernet: 30 мс
PS 5000	2 мс (ModBus только через USB)	5 мс (ModBus только через USB)
PSI 5000 / PSI 9000 DT / EL 9000 DT / EL 9000 T / PS 9000 T / PSI 9000 T / EL 3000 B	SCPI: через USB 2 мс, через Ethernet 8 мс ModBus: через USB 2 мс, через Ethernet 20 мс	SCPI: через USB 5 мс, через Ethernet 15 мс ModBus: через USB 5 мс, через Ethernet 30 мс
PS 9000 (от 2014)	SCPI: через USB 2 мс, через Ethernet 8 мс ModBus: через USB 2 мс, через Ethernet 20 мс	SCPI: через USB 5 мс, через Ethernet 15 мс ModBus: через USB 5 мс, через Ethernet 30 мс
ELR 5000	5 мс	10 мс

3.4 Обзор протоколов коммуникации

В своей основе, существуют два протокола: **ModBus RTU** и **SCPI**. Оба можно использовать на RS 232, USB и большинстве интерфейсов, основанных на Ethernet. Исключением являются такие стандарты как CAN, CANopen, Profibus, Profinet и EtherCAT.

При использовании одного из интерфейсов модулей ModBus TCP, который опционально доступен для некоторых серий, и в зависимости от адресованного порта, имеется различие между ModBus RTU и ModBus TCP относительно формата сообщений. Тогда как резервированный и специальный порт 502 поддерживает только в рамках ModBus TCP, то другие порты поддерживают только в рамках сообщения ModBus RTU или SCPI.



С установленной **опцией 3W (GPIB+USB+Аналог)**, доступной для некоторых серий, через GPIB можно использовать **только SCPI**. Через USB дополнительно поддерживается ModBus RTU.

Какая серия устройств поддерживает какие протоколы?

Серия	ModBus RTU	SCPI
ELR 9000 / ELR 5000	✓	✓
PSI 9000 (от 2014, все подсерии)	✓	✓
PS 5000	✓	не поддерживается
PSI 5000	✓	✓
PS 9000 (от 2014, все подсерии)	✓	✓
EL 9000 B / DT / T / B HP / B 2Q	✓	✓
PSB 9000 / PSBE 9000	✓	✓
PSE 9000	✓	✓
EL 3000 B / PS 3000 C	✓	✓

Интегрированный **порт USB-B** (располагающийся на задней стороне) можно использовать для **обоих протоколов**. Если устройство поддерживает оба протокола выше, оно различит их по первому байту сообщения, за исключением использования протокола ModBus TCP. В соответствии со стандартом ModBus TCP, шести байтовый заголовок MBAP добавляется к любому сообщению формата ModBus и обычно отправляется использованием предназначенного порта 502. Отправленное сообщение SCPI на этот порт, может вызвать ошибку коммуникации.

В зависимости от выбора интерфейса и протокола, который вы хотите использовать, отличная часть этого руководства станет для вас значимой.

Некоторые интерфейс стандарты, как Profibus/Profinet, могут потребовать другой формат протокола и схему передачи по направлению к шине или сети и интерфейс модуль действует тогда как переводчик. В этом случае, пользователь не сможет использовать ни один из упомянутых выше протоколов, но будет привязка к стандартам данным в интерфейс спецификациях.

Обзор ниже показывает, какие интерфейс модули **Anybus** могут использовать какой протокол:

Интерфейс	ModBus RTU?	SCPI?	Другой протокол
CAN	модифицирован	нет	нет, см. „8. CAN“
CANopen	нет	нет	CANopen, см. „7. CANopen“
RS232	да, см. „4. ModBus RTU протокол“	да, см. „5. Язык команд SCPI“	нет
Profibus	нет	нет	Profibus, см. „6. Profibus u Profinet“
Ethernet	да, см. „4. ModBus RTU протокол“	да, см. „5. Язык команд SCPI“	нет
ProfiNet	нет	нет	Profibus, см. „6. Profibus u Profinet“
ModBus TCP	да, см. „4. ModBus RTU протокол“	да, см. „5. Язык команд SCPI“	ModBus TCP, см. 4.2
EtherCAT	нет	нет	EtherCAT, см „9. EtherCAT“

3.5 Специальные характеристики удалённого контроля

При использовании удалённого контроля, некоторые вещи следует принять во внимание:

- Конфигурация и контроль генератора функций (если доступен) требуют выполнения определённой процедуры. Это описывается в 4.10.7 для ModBus RTU и соответственно в 5.4.12 для SCPI. Описанная процедура для ModBus применяется к любому другому протоколу, использующему шины CAN, CANopen, EtherCAT и т.п.
- Некоторые регистры ModBus RTU и команды SCPI предназначены для настройки устройства, точно так же как это делается вручную, в настройках меню устройства (если доступно). Эти регистры/команды не сгруппированы и не помечены цветами и должны использоваться только, если необходимо переключить различные конфигурации на устройстве.
- Лимиты настроек "Лимиты", где доступно, смотрите руководство устройства), как задаются в меню настроек устройства, ограничивают устанавливаемые значения из каждого положения управления, т.е. также и при удалённом контроле через цифровой интерфейс. Это может привести к неожиданным ошибкам коммуникации исходящими от устройства, когда значение слишком высокое/низкое. При использовании языка SCPI, эти ошибки не возвращаются автоматически, так как обычно у SCPI получение сообщений происходит по запросу. Чтобы быть уверенным будет ли устанавливаемое значения принято устройством, необходимо считать установленное значение.

3.6 Фрагментированные сообщения при последовательных передачах

Через RS232, Ethernet и даже USB возможно так, что устройство получит фрагментированные сообщения. Это означает, что команда принимается устройством фрагментами с определённым временным интервалом и затем они интерпретируются устройством как структура, но одиночных и искажённых команд. Это относится прежде всего к SCPI командам, которые состоят из ряда символов ASCII и они не имеют контрольной суммы. Эти ряды можно отправлять последовательным интерфейсом символ за символом или одиночным блоком, в зависимости от ситуации на контрольной стороне (ПК). Если истекает определённая задержка между последовательными байтами, то сообщение воспринимается как "полностью принятое" устройством, из-за отсутствия конечного символа, который в общем не требуется для ModBus и SCPI.

С определённой версий прошивки, внедрено регулирования времени задержки USB, которое можно конфигурировать вручную на устройстве (за исключением PS/PSI 5000) или дистанционно, например через SCPI (смотрите секцию 5.4.11). Если коммуникация между компьютером и устройством имеет много ошибок из-за возможно фрагментированных сообщений, то время задержки должно быть увеличено пошагово для устранения проблемы. Рекомендуется держать установку задержки коммуникации как можно меньше, потому что на конце каждого сообщения оно должно пройти до выполнения команды устройством.

При использовании SCPI, отправка символа окончания (обычно LF, CR или CRLF), который здесь необязательно требуется, завершит задержку сразу и позволит устройству полагать, что сообщение полностью принято, его можно выполнить.

3.7 Задержка соединения

Сокет подключения к устройствам, который поддерживает порт Ethernet, имеет задержку соединения. Оно варьируется и регулируемая пользователем задержка (смотрите руководство по эксплуатации устройства) закрывает сокет соединения автоматически на стороне устройства, как только не будет коммуникации между устройством и контрольным блоком (ПК, ПЛК) в пределах заданного времени. После закрытия сокета, соединение можно восстановить в любое время.

3.8 Эффективное разрешение при программировании

Все значения напряжения, тока, мощности и сопротивления, которые можно передавать на устройство и которые используются силовой частью и на входе/выходе DC, имеют одинаковое программное разрешение и эффективное разрешение. Тогда как **программное разрешение** значения для цифровой передачи у каждой серии одинаковое (0-100% = 0 - 0xCCCC = 0 - **52428**), даже используя SCPI, но эффективное разрешение зависит от используемого АЦП/ЦАП в оборудовании и не одинаковое во всех сериях. Смотрите таблицу ниже.

Эффективное разрешение определяет выполнимую ширину дискреты на входе/выходе DC. Она рассчитывается как **дискрета = номинальное значение ÷ эффективное разрешение**. Для источника питания PSI 9080-510 3U приблизительная дискрета напряжения будет тогда 80 В / 26214 = ~ 3 мВ. Для тока будет 510 А / 26214 = ~ 19 мА.

Однако, допустимые отклонения добавляются к результату при установке значения. PSI 9080-510 3U из примера выше имеет, обозначенное в руководстве, отклонение напряжения 0.1% от номинального значения. Это значение до 80 мВ. При задании, например 24 В, истинное выходное напряжение допустимо будет в диапазоне между 23.92 В и 24.08 В. Актуальное значение, читаемое с устройства, уже включает это отклонение (или погрешность).

Если вы измерите актуальное выходное напряжение внешним мультиметром и оно считает 24.03 В, а вы хотите приблизиться ближе к желаемым 24 В, то программное обеспечение сможет отрегулировать значение меньше на 30 мВ (один шаг) или используйте минимальную дискрету ~3 мВ для приближения к целевому напряжению в несколько шагов.

Серия	АЦП/ЦАП	Эффективное разрешение
EL 3000 B	12 Бит	4096
EL 9000 B / EL 9000 B HP / EL 9000 B 2Q	16 Бит	26214
EL 9000 DT	16 Бит	26214
EL 9000 T	14 Бит	16384
ELR 5000	16 Бит	26214
ELR 9000 / ELR 9000 HP	16 Бит	26214
PS 5000 / PSI 5000	16 Бит	26214
PSB 9000 / PSBE 9000 / PSE 9000 / PSI 9000 2U - 24U / PSI 9000 DT	16 Бит	26214
PS 9000 T / PSI 9000 T	14 Бит	16384
PS 3000 C	ШИМ	26214

3.9 Минимальный уклон (генератор функций)

Эта секция действует для следующих серий, имеющих генератор функций:

- EL 9000 B / EL 9000 B HP / EL 9000 B 2Q / EL 9000 DT / EL 9000 T
- ELR 9000 / ELR 9000 HP
- PSI 9000 2U - 24U
- PSI 9000 DT / PSI 9000 T
- PSB 9000

При программировании произвольного генератора (также смотрите подробности в руководстве по эксплуатации устройства), неважно какой используется цифровой интерфейс, устройство может вернуть ошибки относительно значений точек секвенции. Кроме очевидных ошибок как "значение вне диапазона", имеется связь с минимальной крутизной.

В соответствии с описанием произвольного генератора в руководстве к устройству, все точки секвенции имеют часть AC, которая используется для генерирования только синусоидальной волны, и часть DC с начальным и конечным значениями. Если эти значения различны, то генерируется уклон. Что естественно для функций ramпы, треугольника и трапеции.

Этот уклон ($\Delta U/t$ или $\Delta I/t$) должен выполнять специфическое минимальное значение. Чтобы проверить выполнимо ли определённое нарастание/спад во времени, минимальный уклон должен быть рассчитан для относительных значений вашего устройства.

Формула: **мин. уклон = $0.000725 \cdot \text{номинальное напряжение или ток} \div c$**

В отношении параметров, установленных для точки секвенции, устройство вычисляет уклон в точке секвенции из "Начальное значение DC части", "Конечное значение DC части" и "Время секвенции" и сравнивает его с минимальным уклоном.

Пример: целевое устройство это электронная нагрузка номиналом 500 В и 30 А. Должна генерироваться нарастающая ramпа тока. Мин. уклон рассчитывается как: $\Delta I/t = 0.000725 \cdot 30 \text{ A} = 21.75 \text{ mA/c}$. Если вы желаете построить ramпу 0-20 А за 5 секунд, уклон тогда будет 4 А/с, что выполнимо. Тем не менее, тоже самое 0-20 А за 0 минут невозможно и будет отвергнуто устройством.

Макс. время для определённого ΔU или ΔI можно рассчитать: **$t_{\text{Макс}} = \Delta U \text{ или } \Delta I \div \text{мин. уклон}$.**

Для примера выше с 0-20 А, мы получаем $t_{\text{Макс}} = 20 \text{ A} / 0,02175 \text{ A/c} = \sim 919 \text{ секунд}$.

Вывод: долговременные ramпы на многие минуты или часы нельзя достигнуть, используя генератор функций, но можно использовать альтернативный метод, задавая определённое число шагов (дискрет) во времени, используя компьютер.

Здесь эффективное разрешение (смотрите 3.8) входит в действие. Электронной нагрузкой из примера выше может быть ELR 9500-30 с программным разрешением 52428 ступеней и эффективным разрешением 26214 ступеней. Чтобы быть реалистичным, сфокусируемся на 26214. Это представляет собой 0-100% = 0-30 Ф при работе с током. Для 0-20 А будет тогда 17476 шагов. Если вы желаете сгенерировать ramпу 0-20 А на 10 часов, то можно задавать новое значение каждые $10 \text{ ч} / 17476 = \sim 2 \text{ секунды}$ и где значение возрастает каждый раз на $20 \text{ A} / 17476 = \sim 1.15 \text{ mA}$. Это очень точная дискрета и сильно воздействует на отклонение устройства. Отсюда более благоразумно увеличить период, например на приращение 11.5 мА каждые 20 секунд или 34 мА каждую минуту. Использование постоянного периода даст ramпу со ступенями постоянной длительности и более менее малой высоты от 1.15 мА до 34 мА или по-другому, как вы зададите.

4. ModBus RTU протокол



Перед началом чтения этой секции, пожалуйста, сверьте поддерживает ли ваше устройство ModBus и также поддерживается ли интерфейсом, который вы будете использовать. Смотрите секцию 3.4



Наши устройства всегда ведомые ModBus с адресом 0. Этот адрес нельзя изменить.

4.1 Общая информация о ModBus RTU

Сообщение или блок данных определяемый протоколом ModBus RTU состоит из шестнадцатиричных байтов, в которых первый байт, адрес ModBus, **всегда должен быть 0**. Первый байт блока данных используется для различия блока между ModBus и SCPI. Значение между 1 и 41 в первом байте вызовет ошибку коммуникации ModBus, тогда как при от 42 (ASCII символ: *) блок данных принимается как текстовое сообщение команды SCPI.

Формат и длина блока данных задаются. Блок данных должен передаваться в соответствии со спецификациями используемого интерфейса. Обычно пользователь должен учитывать корректность сообщения, а не правильность передачи. Но существуют интерфейсы, как например RS232, которые не имеют коммуникационной надёжности и не гарантируют бездефектную передачу. Другие интерфейсы поддерживают передачу данных использованием контрольной суммы и/или программных квитированием.

4.2 Общая информация о ModBus TCP

Протокол сообщения в соответствии со стандартом ModBus TCP/IP (сокр.: ModBus TCP) доступен с Anybus интерфейс модулями ModBus TCP 1-Port и 2-Port и там только через ModBus TCP порт по умолчанию 502. По определению, сообщение ModBus TCP требует дополнительного заголовка в 6 или 7 байт, в сравнении с ModBus RTU. Это делает невозможным использование команд SCPI через этот порт. Остаток сообщения идентичен ModBus RTU, за искл. контрольной суммы в конце, в которой нет необходимости для ModBus TCP. Информация о заголовке находится ниже. Следующие секции относятся к основной части сообщения ModBus, которое идентично для обоих протоколов. Смотрите также „4.9. ModBus TCP в деталях“.

4.3 Формат устанавливаемых значений и разрешение

Устанавливаемые значения, передаваемые через цифровые интерфейсы, всегда являются процентными значениями номинальных значений устройства (U, I, P, R) и соответствуют при 100% шестнадцатиричному значению 0xCCCC (десятичное: 52428). Общий диапазон 0%...102% (0x0000...0xD0E5). Список регистра определённой серии определяет диапазон для всех задаваемых значений.

Это значит, вы можете задать процентное значение между 0% и 100% отправкой шестнадцатиричных значений 0x0000...0xCCCC, и для наблюдения за порогами тревог устройства как OVP, оно будет 0x0000...0xE147 для от 0% до 110% и у некоторых серий 0x0000-0xD2F1 для от 0 до 103%.

Это означает 52429 возможных значений для 0-100%. Внутренне это делится на два (бит 16 резервируется для символа) и **используемое разрешение становится 26214**.

4.4 Перевод устанавливаемых и актуальных значений

Реальные значения должны быть переведены в процентные перед передачей их на устройство, и также актуальные значения обычно переводятся в реальные, чтобы исполнить их после чтения. Всегда применяется: 0xCCCC (шестнадцатиричное) = 52428 (десятичное) = 100% номинальное значение (U, I, P).

Перевод выполняется внедрением этих формул в программное обеспечение:

Процентное значение в реальное	Реальное значение в процентное
$\text{Реальное} = \frac{\text{Номинальное} * \text{Процентное}}{52428}$ <p>Пример: номинальное значение вашего устройства 80 В и процентное актуальное напряжение было считано как 0x2454=9300. В соотв. с формулой выше, реальное актуальное значение будет $(80 * 9300) / 52428 = 14,19 \text{ В}$.</p>	$\text{Процентное} = \frac{52428 * \text{Реальное}}{\text{Номинальное}}$ <p>Пример: устанавливаемое значение мощности будет 3150 Вт, номинальная мощность вашего устройства 3500 Вт. В соотв. с формулой выше, мы получаем: Значение мощности = $(52428 * 3150) / 3500 = 47185 = 0xB851$.</p>



Все задаваемые значения, ограничиваются не только до номинальных значений, но их можно ограничить настраиваемыми лимитами "Лимиты" (если доступно)! Значения, превышающие минимальный или максимальный настраиваемый диапазон, не будут приняты устройством.



При переводе реальных значений в процентные (десятичные и шестнадцатичные), часто требуется округление. Мы рекомендуем округлять натурально. пометьте себе, что натуральное округление может вести к тому что переводимое значение будет на 1 выше, чем ожидается.

4.5 Коммуникация с устройством через модули AnyBus

4.5.1 Profinet / Profibus

Profinet/IO модуль (1 или 2 порта) можно использовать для контроля и мониторинга устройства, использующего сетевую систему, обычно комбинированную с интегрированным ПЛК и надлежащей программой. Для Profinet, программа выбирает необходимый порт Ethernet, так как этот порт не может быть настроен на устройстве. Стандартная коммуникация Profinet отличается и оперируется протоколом магистральной шины через специальное программное обеспечение. Внедрение устройства в Profinet или Profibus описывается в секции „6. Profibus и Profinet“. Продолжение в секции 4.7.

4.5.2 CANopen

Обратитесь к секции „7. CANopen“. Продолжение в секции 4.7.

4.5.3 CAN

Обратитесь к секции „8. CAN“. Продолжение в секции 4.7.

4.5.4 ModBus TCP

Протокол, используемый здесь, это стандартный ModBus в рамках ModBus TCP. Передаваемые данные TCP/IP здесь не разъясняются. Продолжение в секции 4.7.

4.5.5 EtherCAT

EtherCAT использует собственную программу и обычно протокол CANopen через Ethernet (CoE). Продолжение в секции 4.7. Обратитесь к секциям „7. CANopen“ и „9. EtherCAT“.

4.6 Коммуникация с устройством через порт USB

После подключения устройства через кабель USB и успешной установке драйвера USB, устройство готово к доступу. Порт COM, который назначается на новое устройство USB (смотрите менеджер устройств Windows) не требует конфигурации. Это базируется на так называемом драйвере CDC (Communications Device Class), который доступен для Windows XP и 7 (также Embedded) и других операционных систем. Этот драйвер генерирует COM порт для упрощённости и может запускать передачу данных так быстро как USB 2.0 сможет обрабатывать их. Обычные последовательные настройки неэффективны и игнорируются.

4.6.1 Установка драйвера USB

Драйвер USB для порта USB типа B на задней или передней стороне поставляется с устройством на носителе USB. Он устанавливает подписанный драйвер для виртуального порта COM на 32 бит и 64 бит операционной системе Windows от версии 7. Альтернативно он доступен для загрузки с вебсайта производителя устройства.

4.6.2 Первые шаги

Чтобы соединиться с устройством, потребуется программа на компьютере, которая сможет открыть порт COM и отправлять сообщения в бинарном (для протокола ModBus RTU) или текстовом (ASCII ряды для SCPI) формате.

Для последнего, простой терминал программной оболочки. Для бинарным пакетов данных в шестнадцатичном формате потребуются и другие инструменты, как Docklight (www.docklight.de). Производитель устройства может предоставить готовые к использованию файлы примеров проекта для Docklight по запросу. Они могут помочь выяснить корректно ли работает коммуникация. Файлы проекта содержат несколько базовых сообщений в форме макросов, которые можно отправить кликом кнопки.

Для окончательной установки соединения и доступа к устройству через USB, вам надо только...

1. подключить устройство через USB (альтернативно через любой другой цифровой интерфейс).
2. установить драйвер USB (смотрите 4.6.1).
3. запустить программу работы на терминале.

Устройство также "понимает" международно стандартизированные и широко распространённые команды языка SCPI (смотрите „5. Язык команд SCPI“), которые состоят из текстовых команд. Они могут быть введены вручную через клавиатуру, в программе на терминале или что-то подобное.



- Чтобы контролировать устройство, т.е. изменять значения и статус включением/выключением входа/выхода DC, требуется сперва активировать удалённый контроль командой. Это не случится автоматически при отправке первой команды!
- Переключение в удалённый контроль может быть заблокировано устройством. При использовании языка SCPI, устройство не вернёт ошибку автоматически в ответном сообщении, а только по запросу.

4.7 О списках регистра

Вместе с этим руководством по программированию, доступны так называемые списки регистра (один для каждого устройства) как файлы PDF. Они дают обзор на удалённые программные возможности, которые доступны для определённых серий устройств, при использовании бинарных протоколов коммуникации как ModBus. Эти списки отличаются в числе доступных регистров, т.е. команд. Они изготовлены для протокола коммуникации как ModBus, но могут быть иметь отношение при контроле устройства через **магистральную шину** (CAN, CANopen, Profibus, Profinet, EtherCAT) или при доступе к ним в программных средах как **LabView** или **MatLab**, например при интерпретации значений или для понимания функции определённой команды.

Списки разъясняют в компактном формате как данные в бинарном сообщении должны интерпретироваться и как определяется регистр (у CANopen и EtherCAT называется "index"). Это поможет пользователю внедрить коммуникацию устройства в программные приложения заказчика. Пользователи, которые решат работать с языком команд SCPI, обычно не нуждаются в таких списках. Далее в этом документе, команды SCPI приводятся в отдельной главе.

4.7.1 Колонка „Data type“

Тип данных	Длина	
char	1 Байт	Одиночный байт, используется для рядов
uint(8)	1 Байт	Одиночный байт
uint(16)	2 Байта	Двойной байт, также называемый word или 16 битное целое число
uint(32)	4 Байта	Double word, также называемый long или 32 битное целое число
float	4 Байта	Значение плавающей точки в соответствии со стандартом IEEE745

4.7.2 Колонка „Access“

Эта колонка определяет для каждого регистра есть ли доступ только к чтению, только к записи или чтению/записи.

R = Регистр только считывает

W = Регистр только пишет и не вернёт значимое значение при чтении

RW = Регистр может быть считан и записан



В общем применяется: Запись в регистр, которая позволяет доступ записи (W, RW), возможна только при удалённом контроле!

4.7.3 Колонка „Number of registers“

Через ModBus, регистр всегда имеет длину в 2 байта или множества из 2 байт. Эта колонка говорит как много 2-байтовый значений используются регистром. Значения всегда являются половиной значения в колонке "Data length in bytes".

4.7.4 Колонка „Data“

Эта колонка даёт дополнительную информацию о данных, которые должны быть записаны или которые можно считать из регистра. Два, четыре и более байт можно интерпретировать различными путями, в зависимости от типа данных и контента.

4.7.5 Колонки „Profibus/Profinet slot & index“

Эти колонки (если доступно) используются пользователями Profibus/Profinet для связи регистра со списком регистра через два значения „index“ и „slot“ в блоках данных (SFBs) в программе ПЛК. Тогда как „index“ это прямой параметр для блока данных, значение „slot“ должно быть использоваться для нахождения адреса слота, который различается, чтобы получить параметр ID. Подробности смотрите в „6. Profibus u Profinet“.

4.7.6 Колонка "EtherCAT SDO/PDO?"

Эта колонка доступна только в списках регистра тех серий, которые поддерживают опциональные интерфейсы модули Anybus, здесь, в частности, интерфейс EtherCAT.

Колонка маркирует, который из регистров ModBus можно достичь протоколом CANopen через Ethernet (CoE) при использовании EtherCAT как протокол коммуникации в форме индексов. Некоторые из помеченных регистров связаны с PDO, остальные с SDO. Устройства, поддерживающие интерфейс EtherCAT, имеют список данных объекта. Какие регистры связаны с PDO описывается в секции „9. EtherCAT“

4.8 ModBus RTU в деталях



ModBus RTU можно передавать используя опционально доступный стандарт Ethernet интерфейс модулей серии Anybus или встроенный порт Ethernet некоторых серий. Называется это ModBus RTU через Ethernet" что не является ModBus TCP. Этим встроенный порт и Anybus интерфейс Ethernet не поддерживают элемент ModBus TCP.

Этот протокол можно использовать с интерфейсом USB-B (если доступно) и большинство опционально доступных модулей AnyBus. Адресованная информация при использовании протокола ModBus также называется регистром. Этот документ использует термины **адрес**, **регистр** и **адрес регистра**.

4.8.1 Типы сообщений

В своей основе, система сообщений различается между **сообщениями запросов**, **сообщениями контроля** и **сообщениями ответа**. Сообщения запроса заставляют устройство отправить сообщение ответа, тогда как сообщения контроля только лишь заставляют отвечать с эхом 1:1, чтобы подтвердить приём.

4.8.2 Общее

Устройства поддерживают основанный на тексте язык SCPI, с автоматическим определением используемого протокола. При использовании ModBus, первый байт каждого сообщения должен быть 0.

4.8.3 Функции

Второй байт сообщения содержит код **функции** ModBus (**КФ**, помечен синим ниже), который определяет сообщение ли это READ или WRITE. Он также устанавливает, один или несколько регистров доступны, или только одиночные биты. Протокол, как описано ниже, поддерживает следующие функции ModBus (Date: 07-02-2018):

Функция		Имя функции		Описание	Пример использов.
16	10	Длинно	Кратко		
0x01	1	READ Coils	RSC, RC	Всегда читает 1 бит, но он возвращается как полный регистр со значением 16 бит. Например, значение 0xFF00 может означать "logic 1" или TRUE. <u>В этом смысле, отличается от стандарта ModBus и может причинять проблемы с программными инструментами ModBus.</u>	Запрос состояния входа / выхода
0x03	3	READ Holding Registers	RHR	Используется для чтения n последовательных регистров. Выдаёт в n*2 байт данных в ответном сообщении.	Чтение ряда с именем модели (1-40 байт)
0x05	5	WRITE Single Coil	WSC	Используется для записи 16 последовательных бит, которые интерпретируются как 1 бит (TRUE или FALSE). <u>В этом смысле, отличается от стандарта ModBus и может причинять проблемы с программными инструментами ModBus.</u>	Перевод устройства в удалённый контроль
0x06	6	WRITE Single Register	WSR	Используется для записи одного регистра.	Задание значений (U, I, P и т.п.)
0x10	16	WRITE Multiple Registers	WMR	Используется для записи n последовательных регистров. Нельзя использовать для записи за пределами лимитов блока регистров, например при попытке записи нескольких значений (U, I, P) сразу.	Запись множества значений сразу в блок или запись текста пользователя



Список регистра определяет какие выше функции можно использовать с каждым регистром.



Байты сообщения ModBus считываются слева направо (большой конечный формат), за исключением для 16 битной чек суммы ModBus, где нижний байт и верхний переключаются.

4.8.4 Контрольные сообщения (запись)

При отправке статуса, значения, нескольких значений или текста, часть с данными сообщения требует определить целевой регистр и одно значения для записи. Протокол проверяет сообщение только относительно макс. длины регистра. После части данных, ожидается контрольная сумма. Так если часть данных содержала бы только минимум два байта и тогда сообщение исполнило бы требование протокола для выбранного кода функции, контрольная сумма будет в позиции 7 байта. Если были другие байты данных на этой позиции или ноли и контрольная сумма была бы тогда в другой позиции сообщения, устройство вернуло бы ошибку. Отсюда, устройство вернёт ошибку, неважно слишком короткий или длинный блок данных, из-за неверной контрольной суммы.

WRITE Single Register

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Слово данных	CRC
0x00	0x06	0...65535	Значения для записи	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Примеры сообщений смотрите в „4.8.9. Примеры ModBus RTU сообщений“.

WRITE Multiple Registers

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байт 6	Байты 7-253	Последние 2 Байта
Адрес	КФ	Старт рег.	Число	Счёт	Байты данных	CRC
0x00	0x10	0...65535	0...123	2*число	n значений для записи	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Примеры сообщений смотрите в „4.9.1. Пример сообщения ModBus TCP“.

WRITE Single Coil

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Слово данных	CRC
0x00	0x05	0...65535	0x0000 или 0xFF00	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Примеры сообщений смотрите в „4.8.9. Примеры ModBus RTU сообщений“.

4.8.5 Сообщение запроса

При запросе чего-либо от устройства, ответ ожидается сразу же и будет варьированной длины, но всегда одинаковой конструкции. Для запроса, требуются для чтения стартовый регистр и число регистров или коиллов. База формата данных ModBus это регистр, 16 бит целое значение, означает группу из двух байт. Таким образом, при запросе одного регистра с функцией READ Holding Registers, устройство вернёт два байта, и при запросе двух регистров, оно вернёт 4 байта и т.п. Для READ Coils, отклик всегда будет два байта.

READ Holding Registers

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Число	CRC
0x00	0x03	0...65535	Число регистров для чтения (1...125)	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Примеры сообщений смотрите в „4.8.9. Примеры ModBus RTU сообщений“.

READ Coils

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Число	CRC
0x00	0x01	0...65535	Всегда должно быть 1	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Примеры сообщений смотрите в „4.8.9. Примеры ModBus RTU сообщений“.

⁽¹⁾ Смотрите „4.8.7. Контрольная сумма ModBus“

ModBus и SCPI

4.8.6 Сообщение ответа

Ответ от устройства обычно ожидается после запроса чего-либо или, если что-либо было задано и устройство подтвердило исполнение.

Ожидаемый ответ для WRITE Single Register:

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Данные	CRC
0x00	0x06	0...65535	Отражённое записанное значение	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Ожидаемый ответ для WRITE Single Coil:

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Данные	CRC
0x00	0x05	0...65535	Отражённое записанное значение	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Ожидаемый ответ для WRITE Multiple Registers:

Байт 0	Байт 1	Байты 2+3	Байты 4+5	Байты 6+7
Адрес	КФ	Старт рег.	Данные	CRC
0x00	0x10	0...65535	Число записанных регистров	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Ожидаемый ответ для READ Holding Registers:

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байты 3-253	Последние 2 Байта
Адрес	КФ	Длина данных в байтах	Данные	CRC
0x00	0x03	2...250	Запрошенный контент регистров	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Ожидаемый ответ для READ Coils:

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байты 3+4	Байты 5+6
Адрес	КФ	Длина данных в байтах	Данные	CRC
0x00	0x01	2	Запрошенный бит как 1 регистр (всегда 16 койлов)	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾

Неожиданный ответ (ошибка коммуникации):

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Последние 2 Байта
Адрес	КФ		CRC
0x00	Код функции + 0x80	Код ошибки	Контр. сумма ModBus-CRC16 ⁽¹⁾



Ошибка коммуникации может иметь несколько причин, как неверная контрольная сумма или попытка переключения устройства в удалённый контроль, которая была сделана в "Local" или, если оно уже управляется удалённо другим интерфейсом. Смотрите список ошибок коммуникации в „4.8.8. Ошибки коммуникации“.

4.8.7 Контрольная сумма ModBus

Контрольная сумма в конце сообщений ModBus RTU является 16 битной, но она не рассчитывается как обычная контрольная сумма CRC16. Более того, **байт предписания** контрольной суммы в сообщении **реверсируется**. Информация о ModBus CRC16, код источника для внедрения и расчёты доступны в интернете, например здесь:

http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf , секция 2.5.1.2.

4.8.8 Ошибки коммуникации

Ошибки коммуникации относятся только к цифровой коммуникации с устройством. Другие сигналы тревоги и ошибки любого рода, которые генерируются и отображаются устройством нельзя путать с такими.

Устройство вернёт неожиданное сообщение об ошибке в случае, если предыдущее отправленное сообщение было в неверном формате или, если функция не может быть исполнена по некоторым причинам. Например, при попытке записи устанавливаемого значения с WRITE SINGLE REGISTER пока устройство не находится в удалённом контроле. Тогда сообщение не будет принято и устройство вернёт сообщение об ошибке вместо сообщения о подтверждении. Формат сообщения может быть неверным, если контрольная сумма ошибочна или, если вы пытаетесь считать бит функцией READ Holding Registers вместо READ COILS.

В случае ошибки, сообщение ответа содержит оригинальный код функции + 0x80, чтобы идентифицировать ответ как сообщение об ошибке.

Обзор кодов функций в сообщениях об ошибках:

FC ошибка	Относится к
0x81	READ COILS
0x83	READ HOLDING REGISTERS
0x85	WRITE SINGLE COIL
0x86	WRITE SINGLE REGISTER
0x90	WRITE MULTIPLE REGISTERS

Обзор кодов ошибок коммуникации, которые могут быть возвращены устройству:

Код	Ошибка	Разъяснение
0x01	1 Неправильный код функции	Код функции в байте 1 сообщения ModBus не поддерживается. Смотрите поддерживаемые коды в „4.8.3. Функции“. Ошибка также возникает при попытке чтения или записи регистра кодом функции, который не определяется регистром.
0x02	2 Некорректный адрес	Адрес регистра, к которому была попытка доступа чтением или записью не определён вашим устройством. Каждое устройство может иметь разное число регистров. Обратитесь к списку регистров ModBus серии вашего устройства.
0x03	3 Неверные данные или длина данных	Неверные данные или длина данных в сообщении. Например, устанавливаемое значение всегда требует двух байт данных. Если часть данных сообщения будет один или три байта, то длина данных будет неверной. Иначе, при отправке значения, например, 0xE000 в регистр, для которого максимальное значение определено как 0xCCCC, оно будет неверными данными.
0x04	4 Исполнение	Команда не может быть исполнена, в зависимости от ситуации
0x05	5 CRC	Контрольная сумма CRC16 в конце сообщения ModBus RTU неправильная или передана в неверном порядке байт (сперва высокий байт вместо низкого).
0x07	7 Отказ в доступе	Доступ в определённый регистр не разрешается или чтение при попытке записи, или наоборот. Ошибка также возникает при попытке записи в перезаписываемый адрес пока устройство не находится в удалённом контроле или в удалённом управлении от другого устройства.
0x17	23 Устройство в локальном состоянии	Отображает, что доступ записи к устройству заблокирован локальным состоянием, поэтому возможен только доступ к чтению, Локально означает, что удалённый контроль не допускается.

Пример: Вы пытаетесь перевести устройство в удалённый контроль, чтобы управлять им через компьютер, но вместо отражения вашего сообщения возвращается что-то похожее на: 0x00 0x85 0x07 0x52 0x92. Это сообщение об ошибке. Позиция кода функции содержит значение 0x85. В соответствии с первой таблицей выше, это относится к функции WRITE SINGLE COIL. Код ошибки в сообщении 0x07, что значит, в соответствии со второй таблицей выше, устройство отказало в доступе. Это может иметь различные причины, например что устройство уже в удалённом контроле через разные виды интерфейсов, в данном случае аналоговом.

4.8.9 Примеры ModBus RTU сообщений



Примеры также можно использовать для ModBus TCP, но они должны быть расширены требуемым ModBus TCP заголовком и отделены от ненужным контрольных сумм.

4.8.9.1 Запись устанавливаемого значения



Устанавливаемые значения регулируются лимитами физических величин Тока, Напряжения, Мощности и Сопротивления (если доступно). Это можно записать только на устройстве, если оно было переведено в удалённый контроль ранее через цифровой интерфейс.

Пример: Вы хотите установить ток до 50%. В соответствии со списком регистра, „Set current value” находится на адресе 501 (0x1F5) и назначено функцией WRITE Single Register. Сообщение будет тогда таким:

Сообщение	Адр.	КФ	Старт	Данные	CRC	Ожидаемый	Адр.	КФ	Старт	Данные	CRC
отправки:	0x00	0x06	0x01F5	0x6666	0x325F	ответ:	0x00	0x06	0x01F5	0x6666	0x325F

В этом случае, ожидается что устройство вернёт эхо вашего сообщения, отображая успешное выполнение команды. Дисплей устройства должен теперь показывать 50% максимального тока вашего устройства. Для источника питания или электронной нагрузки с номинальным током 510 А, покажет 255 А, или для модели 170 А номинального тока будет отображено 85 А.

4.8.9.2 Запрос всех актуальных значений сразу

Устройство содержит три считываемых актуальных значения напряжения, тока и мощности. Электронные нагрузки имеют дополнительно актуальное значение сопротивления на своих дисплеях, которое нельзя считать через интерфейс, но можно рассчитать от актуального напряжения и тока. Отсюда, пользователь может самостоятельно вычислить актуальное сопротивление.

Актуальные значения можно запросить по отдельности или все сразу. Преимущество комбинированного запроса, что вы получаете состояние последних актуальных значений входа или выхода DC. При отдельном запросе, значения могут уже измениться, при отправке следующего запроса.

В соответствии со списком регистра, актуальные значения начинаются с регистра 507. Три регистра должны быть считаны:

Сообщение	Адр.	КФ	Старт	Данные	CRC	Возможный	Адр.	КФ	Длина	Данные	CRC
отправки:	0x00	0x03	0x01FB	0x0003	0x7417	ответ:	0x00	0x03	0x06	0x2620 0x0C9B 0x091B	0x9EC0

4.8.9.3 Чтение номинального напряжение устройства

Номинальное напряжение, как и другие номинальные значения тока, мощности и сопротивления, является важным значением для чтения из устройства. Они все направлены на перевод устанавливаемых значений и актуальных. Рекомендуется считывать их от устройства сразу после открытия линии цифровой коммуникации.

В соответствии со списком регистра, номинальное напряжение это 4 байт плавающего значения в регистре 121.

Сообщение	Адр.	КФ	Старт	Ном.	CRC	Возможный	Адр.	КФ	Длина	Данные	CRC
запроса:	0x00	0x03	0x0079	0x0002	0x1403	ответ:	0x00	0x03	0x04	0x42A00000	0xFE9A

Смотрите также 4.8.6. Ответ содержит плавающее значение в соответствии с форматом IEEE754, которое переводится в 80.0.

4.8.9.4 Считывание статуса устройства

Все устройства сообщают о своём статусе в регистр, для серий ELR 9000 и PSI 9000 это регистр 505. Устройства других серий могут иметь отличный адрес для этого регистра статуса.

Сообщение	Адр.	КФ	Старт	Ном.	CRC	Возможный	Адр.	КФ	Длина	Данные	CRC
запроса:	0x00	0x03	0x1F9	0x0002	0x1417	ответ:	0x00	0x03	0x04	0x00000483	0xA992

Смотрите также 4.8.6. Ответ содержит значение 0x483, которое говорит, что устройство находится в удалённом контроле через порт USB, что вход/выход DC включен и что режим постоянного тока (CC) активен.

4.8.9.5 Переход в удалённый контроль и обратно в ручной контроль

Перед тем как вы будете управлять устройством извне, требуется его перевести в удалённый контроль. Это выполняется отправкой определённой команды.



Устройство никогда не перейдёт автоматически в удалённый контроль и не может управляться находясь в таком состоянии. Чтение статуса и значений всегда возможно.



Устройство никогда не выйдет из удалённого контроля автоматически, пока его не выключить или не прервать питание АС. Удалённый контроль можно оставить определённой командой. Оно тогда перейдёт обратно в ручной контроль.

Переход в удалённый контроль может быть запрещён при определённых обстоятельствах и обычно отображается сообщением об ошибке:

- Состояние **Local** активно (проверьте дисплей спереди вашего устройства или считайте его статус), которое предотвращает любой удалённый контроль
- Устройство уже управляется удалённо другим интерфейсом
- Устройство в режиме настроек, значит что пользователь вошёл в меню установок и не покинул его

► Как перевести устройство в удалённый контроль:

1. Если вы используете протокол ModBus RTU, вам необходимо создать и отправить сообщение, в соответствии с описанием выше, например 00 05 01 92 FF 00 2D FA
2. Как только переключение в удалённый контроль удалось, устройство обычно отображает новое состояние на дисплее или светодиоде, а также отражает сообщение как подтверждение

Если переход в удалённый контроль будет отклонено устройством, из-за установленной опции Allow remote control = No (пример из серии ELR 9000, другие серии могут отличаться), то устройство вернёт сообщение об ошибке 00 85 17 53 5E. В соответствии со спецификацией ModBus, это ошибка 0x85 с кодом ошибки 0x17.

Выход из удалённого контроля можно выполнить двумя способами: используя специальную команду или переводом устройства в состояние **Local**. Мы рассмотрим первую опцию, так как они о программировании.

► Как выйти из удалённого контроля:

1. Если вы используете протокол ModBus RTU, то вам необходимо создать и отправить сообщение в соответствии с описанием выше, например 00 05 01 92 00 00 6C 0A

4.9 ModBus TCP в деталях

ModBus TCP основывается на ModBus RTU и эта секция описывает только разницу. Ядро сообщения ModBus TCP это ModBus RTU. Подробности смотрите в „4.8. ModBus RTU в деталях“. Различие ModBus TCP в сравнении с ModBus RTU:

- Требуются дополнительные 6 байт заголовка МВАР для сообщения
- Контрольная сумма пропущена
- Можно отправлять только через порт 502 и только с интерфейс модулями ModBus TCP. Порт резервирован и не должен настраиваться в установках МЕНЮ устройства, там где вы задаёте порт для соединений TCP.

Как результат, сообщения Modbus TCP всегда длиннее на 4 байта, чем сообщения ModBus RTU (байт 0 сообщения RTU заменяется актуальным 7 байтом дополнительного заголовка МВАР).

Заголовок МВАР задаётся вот так:

Байты	Значение	Разъяснение
0 + 1	Идентификатор транзакции	Идентифицирует сообщение. Копируется от устройства в ответе и используется для идентификации определённого в пуле входящих передач, если несколько устройств взаимодействуют с компьютером и ответ происходит не сразу. Идентификатор это производное значение между 0 и 65535.
2 + 3	Идентификатор протокола	Здесь всегда 0 = протокол ModBus
4 + 5	Длина	Число оставшихся байт в сообщении, т.е. длина ядра сообщения ModBus RTU минус 2.

4.9.1 Пример сообщения ModBus TCP

Пример READ Holding Registers от „4.8.9.3. Чтение номинального напряжение устройства“, расширен заголовком МВАР (использован производный идентификатор транзакции 0x4711):

Сообщение запроса:	МВАР заголовок	Адр.	КФ	Длина	Данные
	0x4711 0x0000 0x0006	0x00	0x03	0x0079	0x0002

Возможный ответ:	МВАР заголовок	Адр.	КФ	Длина	Данные
	0x4711 0x0000 0x0007	0x00	0x03	0x04	0x42A00000

Пример является запросом на считывание номинального напряжения устройства. Ответ содержит плавающее значение в “Данные”, которое переводится в 80(V).

4.10 Разъяснение специальных регистров

Аббревиатуры серий устройств смотрите в „1.1.2. Область распространения“.

Множество опций команд и регистров легко объяснимы. Но некоторые из них разъясняются ниже.

4.10.1 Регистр 171

Позволяет записать и считать произвольный ряд из 40 символов, которые используются для уникальной идентификации устройства среди нескольких блоков одинаковой модели. Постоянно хранится после записи.

4.10.2 Регистр 408

Регистр определяет состояние выхода или входа DC устройства после запуска. Регистр 408 подключается к настройке МЕНЮ “Вход после ВКЛ питания” (электронные нагрузки) или “Выход после ВКЛ питания” (источники питания). Смотрите также руководство по эксплуатации устройства. Для серий устройств без установочного меню, это можно конфигурировать через удалённый контроль.

4.10.3 Регистр 411

Описан для SCPI в „5.4.15 Команды для управления сигналами тревоги“ на странице 64.

При пользовании ModBus, регистр используется для сброса битов тревоги, что представлены в статусе устройства (регистр 505, смотрите ниже). До этого нет сброса, которые рассматривается как ознакомление, биты из ранее появившихся тревог остаются, даже если тревоги давно прошли. Сигналы тревоги, которые присутствуют пока регистр 411 использован для сброса их бит будет исключен из сброса. Существует исключение, тревога устройства ОТ (бит 19, перегрев). Она будет очищена автоматически как только оно остынет. После сброса битов тревоги, тревоги устройства можно считать только в форме счётчика тревог (регистры 520 - 524).

4.10.4 Регистры 500-503 (Устанавливаемые значения)

Это наиболее важные регистры для работы, так как определяют значения напряжения, тока, мощности и сопротивления (если имеется) входа/выхода DC. С ModBus, любое устанавливаемое значение передаётся в процентном значении от номинального устройства (0...100%), тогда как для SCPI используются реальным значения.

Перед запуском режима R, у устройств где эта функция имеется, он должен быть активирован (регистр 409), иначе устанавливаемое значение будет игнорировано.

Для источников питания серии PSI 9000 (с 2014) и функции PV, которая имеется только там, устанавливаемое значение тока (регистр 501) прерывается как значение излучения, пока устройство будет находиться в режиме PV. Это значит, пока функция запущена, этот регистр определит не ограничение тока для вашего устройства, а параметр называемый излучением, которые как правило используется в симуляции солнечных панелей. В руководстве по эксплуатации, излучением можно настроить в шаге 1% между 0% и 100%. С устанавливаемым значением тока это тоже 0-100%, в соответствии с определением регистра 501, но значительно большим разрешением.

4.10.4.1 Дополнительные регистры 498, 499 и 504

На сентябрь 2017, только серия PSB 9000 имеет три дополнительных регистра для работы в режиме потребителя. Это 498 (мощность), 499 (ток) и 504 (сопротивление).

4.10.5 Регистр 505 (Статус устройства)

Другой важный регистр, так как представляет состояние устройства в одном 32 битном значении (ModBus). Некоторые биты сгруппированы и должны таким образом интерпретированы. В соответствии со списком регистров, биты 0-4 регистра 505 являются группой, которая представляет место управления (смотрите „3.2. Расположение управления“). Чтением этого регистра вы можете определять, находится ли устройство в удалённом контроле, помогая узнать была команда Remote mode = on одобрена и исполнена устройством.

Со SCPI, некоторые, но не все из 32 бит этого регистра представлены в статусе регистров "Questionable" и "Operation". Смотрите „5.4.2. Регистры статуса“.

4.10.5.1 При запуске ведущий-ведомый

При режиме ведущий-ведомый (если доступно), регистр статуса использует бит 29 (MSS) для индикации так называемого безопасного режима ведущий-ведомый, который активируется каждый раз как ведущий находит проблему в коммуникации с ведомым(и), которая может случиться из-за сбоя соединения или тяжёлых электрических помех. Ведущий блок установит тогда этот бит и отключит все входы/выходы DC ведомых, которые в сети. Ведомые не в сети переведут себя в схожее состояние и выключат свои DC.

После ликвидации проблемы, система MS должна быть переустановлена, что также очищает бит.

4.10.6 Регистры 650 - 662 (Конфигурация ведущий-ведомый)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	—	—	✓	—	✓	—

Этот блок регистров используется для конфигурации режима работы ведущий-ведомый (сокр.: MS) также как это вы делаете в меню настроек устройства. Обратитесь к руководству по эксплуатации устройства, как работает MS и что делать для её подготовки для удалённого контроля. Для этого, система MS должна быть полностью соединена. Перед работой MS, ведомые блоки можно сконфигурировать удалённо, а во время работы системы их можно только мониторить, если необходимо. Тем не менее, рекомендуется контролировать только ведущий блок. Конфигурацию и активацию работы MS можно выполнить вручную и удалённое управление может быть перенято позднее после инициализации системы ведущим.

В ещё не установленной системе MS, эти регистры должны быть использованы в определённом порядке на любом из блоков:

1. Переключите в удалённый контроль регистром 402.
2. Активируйте режим работы MS регистром 653.
3. Выберите регистром 650, будет ли конфигурируемый блок Ведущим или Ведомым.

Следующие шаги выполняются только на ведущем блоке:

4. Инициализируйте систему MS регистром 654.
5. (только для электронных нагрузок и только, если запускается двух-квадрантная операция)
Установите блок как Share bus ведомый (иначе он будет ведущим) регистром 652.
6. Опционально: проверьте регистр 655, успешна ли была установка.
7. Опционально: запросите количество инициализированных блоков регистром 662 -> если число не совпадает с количеством блоков используемых в системе MS, проверьте настройки на всех блоках, соединения и повторите инициализацию.
8. Опционально: считайте номинальные значения (регистры 656-660) ранее установленной системы MS для использования как опоры перевода значения, пока вы пользуетесь MS.



От прошивки версии KE 2.13 (ELR, PSI), устройства поддерживают номиналы напряжения, тока, мощности и сопротивления в режим MS через регистры 121 - 129, поэтому регистры 656, 658 и 660 устарели. Альтернативно их можно использовать, но без опции чтения макс/мин сопротивления в режиме MS. Это можно обойти чтением значений с ведущего и делением их на число включенных блоков.

10. Опционально: сконфигурируйте порог сигналов тревоги, пороги событий и лимиты установленных значений

Во время работы MS, удалённо контролируемый ведущий блок доступен как одиночный с некоторыми исключениями (смотрите руководство устройства). Устанавливаемые и актуальные значения всегда будут процентными значениям относительно определённых номинальных значений. Доступ к тем регистрам описывается в других секциях.

4.10.7 Регистр 850 - 6695 (Генератор функций)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	—	✓	—	✓	✓	—	—	—

Интегрированный генератор функций является комплексной функцией. Он конфигурируется и загружается множеством регистров. Перед запуском функции, требуется каждый раз настройка в определённом порядке.

Прежде всего, вам необходимо решить какой из двух базовых генераторов функций вы желаете использовать: произвольный или XY.

Все последующие шаги зависят от этой секции.



Все настройки генератора функций и загружаемые данные (секвенции, таблица XY) не хранятся в устройстве и должны загружаться в него каждый раз перед использованием генератором функций. Эти данные и настройки полностью отличны от тех, что вы можете задать для генератора функций вручную, при использовании контрольной панели и сенсорного экрана.

4.10.7.1 Процедура для произвольного генератора

Этот генератор используется для создания волн функций как синус, квадрат, треугольник и трапеция

Шаг 1:

Выберите к чему применить функцию, к напряжению U (регистр 851) или току I (регистр 852). До этого выбора, устройство не сможет принять данные секвенции, потому что они запускаются после проверки на достоверность относительно нормальных значений устройства.

Шаг 2:

Задайте стартовую секвенцию (регистр 859), конечную секвенцию (регистр 860) и число циклов, которые блок секвенций повторит (регистр 861).

Шаг 3:

Загрузите данные для секвенций (x из 99), которые вы хотите использовать (регистры 900-2468, 8 значений на секвенцию).

Шаг 4:

Задайте общие ограничения напряжения (регистр 500), если функция применяется на ток. Иначе задайте ток (регистр 501), если функция применяется на напряжение. Задайте общее ограничение мощности (регистр 502) для обоих режимов.

Шаг 5:

Контролируйте генератор функций при помощи старт/стоп (регистр 850).

Шаг 6:

Если закончили работу, покиньте генератор функций отменой выбора вашего раннего выбора U (регистр 851) или I (регистр 852).

4.10.7.2 Пример программирования произвольного генератора

Перед тем как вы сможете конфигурировать произвольный генератор функций для рампы, необходимо подумать как лучше будет достигнуть генерации такой кривой. Важно помнить, что произвольный генератор останавливается в конце хода функции, если вы не зададите повтор до бесконечности. После остановки, вход/выход DC останется включённым. В этом случае, это желательно, так как конечное значение должно быть установлено обычно на время x. Тем не менее, устройство перейдет в статически режим, установив статические значения U, I и P. Статические значения также применимы к периоду перед ходом функции и для ситуаций когда вход/выход DC уже включен.

Действие по остановке и статические значений являются небольшой проблемой для функции уклона. Почему? Предполагается, что вы желаете генерировать источником питания рампу от 0 В. Статическое значение для U (напряжение) тогда установится в 0. Но после остановки функции, устройство снова задаст 0 В и напряжение упадёт с любого значения, установленного при ходе функции. Вывод: статическое значение напряжения должно быть частью функции.

Чтобы этого достигнуть, функция должна состоять из двух частей: одна для нарастания или спада уклона и другая для статического значения. Это можно реализовать используя две секвенции произвольного генератора.

Предположение: рампа должна начаться с 0 В и расти до 50 В в течение 6 секунд. Конечное напряжение должно остаться постоянным 3 минуты (время может варьироваться по желанию). Будут использованы секвенции 1 и 2. Удалённый контроль уже активирован, необходимо только сконфигурировать секвенции. Так как рампа произведёт рост напряжения линейно, используя только DC часть секвенции, параметры AC части (индексы 0 - 4) должны быть установлены в ноль, чтобы избежать напоминаний о неверно заданных AC параметрах, которые могут помешать корректной генерации волны.

Первый шаг это **активация режима генератора функций**, если выбирается произвольный генератор для U:

Адр.	FC	Старт	Данные	CRC
0x00	0x05	0x0353	0xFF00	0x7DBE

Следующие шаг это создание **сообщения ModBus для конфигурации секвенции 1, наращивающее рампу**. В соответствии со списком регистров, стартовый регистр 900 (WMR, код функции 0x10) назначен на секвенцию 1. Так как часть данных не подойдет по ширине к этому документу по размеру, 8 плавающих значений ниже идут друг за другом:

Адр.	FC	Старт	Регис.	Байты	Данные	CRC	Описание
0x00	0x10	0x0384	0x10	0x20	0x00000000		Начальное значение AC части: 0 В
					0x00000000		Конечное значение AC части: 0 В

0x00000000		Начальная частота AC части: 0 Гц
0x00000000		Конечная частота AC части: 0 Гц
0x00000000		Начальный угол AC части: 0°
0x00000000		Начальное значение DC части: 0 В
0x42480000		Конечное значение DC части: 50 В
0x4ab71b00	0x5A14	Время нарастания в μ с: 6,000,000 (6 секунд)

После этого, следующим будет **сообщение ModBus RTU для конфигурации секвенции 2, статическое напряжение**. Стартовый регистр здесь 916:

Адр.	FC	Старт	Регис.	Байты	Данные	CRC	Описание
0x00	0x10	0x0394	0x10	0x20	0x00000000		Начальное значение AC части: 0 В
					0x00000000		Конечное значение AC части: 0 В
					0x00000000		Начальная частота AC части: 0 Гц
					0x00000000		Конечная частота AC части: 0 Гц
					0x00000000		Начальный угол AC части: 0°
					0x42480000		Начальное значение DC части: 50 В
					0x42480000		Конечное значение DC части: 50 В
					0x4d2ba950	0x6AD7	Время секвенции в μ с: 180,000,000 (180 секунд = 3 минуты)

И последний шаг, конфигурация самого генератора функций:

Адр.	FC	Старт	Данные	CRC	Описание
0x00	0x06	0x035B	0x0001	0x384C	Регистр 859, WSR, Начальная секвенция: 1
0x00	0x06	0x035C	0x0002	0xC98C	Регистр 860, WSR, Конечная секвенция: 2
0x00	0x06	0x035D	0x0001	0xD84D	Регистр 861, WSR, Циклы секвенций: 1

Теперь настройка функции полностью выполнена и её можно запускать. Если выход DC вашего устройства выключен при старте функции, то он автоматически включится. Альтернативно, вы можете включить его отдельно соответствующей командой и перед запуском функции. Но здесь в этом нет необходимости, так как напряжение должно расти от 0 В. В других ситуациях, где начальный уровень не ноль, потребовалось бы сперва включить вход/выход DC и ожидать установки напряжения.

Важно число циклов секвенции 1, но его можно по желанию изменить. Вся функция будет повторяться после 3 минут и 6 секунд. Напряжение, при использовании источника питания, не упадёт сразу до 0 В в конце первой функции и перед началом запуска второй. Это зависит от того, как долго потребуется нагрузке снизить напряжение, при графическом сопровождении на осциллографе, можно увидеть это по-другому, чем ожидается. Это можно обойти добавлением третьей секвенции, которая использует некоторое время на снижение напряжения.

Адр.	FC	Старт	Данные	CRC	Описание
0x00	0x05	0x0352	0xFF00	0x2C7E	Регистр 850, WSC, Ход функции

4.10.7.3 Процедура для XY генератора



На сентябрь 2017, XY генератор недоступен у серии PSB 9000.

Шаг 1:

Выберите какая функция UI (включая функцию FC, регистр 854) или IU (регистр 855) или PV (только серия PSI 9000, регистр 426) будет применена к выходу/входу DC вашего устройства. До этого выбора, устройство не сможет принять данные таблицы XY, потому что они запускаются после проверки на достоверность относительно нормальных значений устройства.

Шаг 2:

Загрузите таблицу данных XY в блоки из 16 значений (регистры 2600-6680). Это соответствует макс. 4096 значений для диапазона 0-125%. Так как эффективно будет использоваться только диапазон 0-100% (3277 значений), достаточно загрузить данные для 0-100%.

Шаг 3:

Подтвердите таблицу данных (регистр 858).

Шаг 4:

Задайте статические значения, которые не затрагиваются таблицей

UI функция: ток (регистр 501 или команда CURR) и мощность (регистр 502 или команда POW)

IU функция: напряжение (регистр 500 или команда VOLT) и мощность (регистр 502 или команда POW)

Шаг 5:

Запустите генератор функций при помощи старт/стоп (регистр 850) и, если ещё не сделано, включите вход/выход DC вашего устройства (регистр 405). Для режима PV и функций, вы можете также желать контролировать излучение пока функция запущена. Это выполняется отправкой устанавливаемых значений в регистр 501 (ток), где 100% соответствует фактору 1 и 0% фактору 0. Этот фактор умножается на симулированное значение тока I_{MPP} , которое вы должны ввести в HMI как параметр симулированной солнечной панели или который определяется загруженной таблицей.

Шаг 6:

Покиньте генератор функций отменой выбора вашего раннего выбора UI (регистр 854), IU (регистр 855) или PV (только PSI 9000, регистр 426, иначе ошибка).

4.10.8 Регистры 850 - 1692 (Генератор секвенций)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Так называемый генератор секвенций серии ELR/ELM 5000 это упрощённая версия произвольного генератора других серий, и использующим некоторые одинаковые регистры. В соответствии со списком регистров серии ELR 5000, блок регистров между 850 и 1692 используется для конфигурации 100 точек секвенции и контроля генератора.

4.10.9 Регистры 850 - 854 и 900 - 908 (Генератор функций EL 3000 В)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—

Генератор функций, выпущенной в 2017 серии EL 3000 В (кратко: EL3) основывается генераторе рампы, предлагая функции как рампа, треугольник, прямоугольник и трапеция. Он частично использует такой же регистр, что и с другими сериями, но они разнятся в обращении.

4.10.9.1 Программные примеры

Применяется прямоугольник на ток нагрузки EL 3080-60 В, с амплитудой 8 А, офсетом 1 А и частотой 50 Гц с рабочим циклом 9:1. Следующие регистры необходимо загрузить в заданном порядке сверху вниз:

Регистр	Имя	Назначение
852	Выбор I	Переводит генератор функций на применение генерируемого сигнала на ток. Должен идти первым, так как только тогда устройство сможет проверить значения, записанные в другие регистры на верность.
900	Статический уровень 1	Уровень 1 = нижний уровень или здесь офсет тока. Устанавливается в 1 А. Передаётся как шестнадцатичное процентное значение 0x369.

ModBus и SCPI

901	Статический уровень 2	Уровень 2 = верхний уровень или здесь амплитуда + офсет. Устанавливается в 9 A, отсюда 0x1EB1.
902 / 906	Время нарастания/спада	Так как желаемая волна прямоугольная, эти два значения времени должны быть 0, но минимум 3 мкс, регистры записываются с плавающим значением 3.
904	Уровень времени занятости 2	Относится к 90% импульса. При частоте 50 Гц, период 20 мс и 90% это 18 мс (=18000 мкс). Записывается плавающее значение 18000 в этот регистр.
908	Уровень времени занятости 1	Относится к 10% паузы. При частоте 50 Гц, период 20 мс и 10% это 2 мс (=2000 мкс). Записывается плавающее значение 2000 в этот регистр.

После конфигурации, можно запускать функцию.

Регистр	Имя	Назначение
850	Старт / Стоп	Запуск генератора функций с 0xFF00. Запустится с конфигурируемыми параметрами пока не остановится отправкой 0x0000 или из-за тревоги устройства.

Данный генератор функции является исключением, так как он позволяет отправку и утверждение новых значений во время запуска функции. Если требуется, сперва конфигурируется волна с регистрами 900 - 908 и затем утверждается 854. После прохождения текущего периода, определяемого последними значениями времени, новые значения устанавливаются. Период нельзя остановить по середине, чтобы изменить параметры. Это достигается только остановкой генератора функций.

Регистр	Имя	Назначение
854	Утверждение новых данных функции во время запуска	Утверждение новых данных с 0xFF00. Если новые данные ещё не записаны, то предыдущие останутся в действии.

4.10.10 Регистры 9000 - 9006 (Регулируемые ограничения)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
✓	✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Для протокола SCPI, это разъяснено в „5.4.8. Команды для настройки ограничений“. Пользователи ModBus могут также прочитать эту секцию для общего оперирования этими настройками. Отдельно от этого происходит установка этих параметров как задание устанавливаемых значений (U, I, P, R).

4.10.11 Регистры от 10007 - 10900

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Эти регистры можно использовать для удалённой конфигурации опционально доступных, цифровых интерфейсов модулей Anybus, которые можно установить в специальный слот (если доступен) или интегрированный порт Ethernet. Регистры подключаются к соответствующим установкам в меню настроек устройства.

В противоположность ручному управлению, настройки устанавливаемых интерфейсов модулей серии IF-AB (для серии PSI 9000 3U и т.п.) можно конфигурировать, если ещё не установлен интерфейс модуль.

4.10.12 Регистры от 11000 (функция MPP слежение)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
✓	✓	—	—	—	—	—	✓	—	—	✓	—	—	—

Функция MPP слежение доступна только у электронных нагрузок и двунаправленных источников питания серии PSB 9000. Этой функцией устройство эмулирует характеристики солнечного инвертера при поиске максимальной точки мощности (MPP) солнечной панели. Подробности и доступные режимы находятся в руководстве по эксплуатации серий, поддерживающих эту функцию.

Регистры 11000 - 11016 относятся к параметрам конфигурации, как вы бы их установили на дисплее устройства. Регистры 11100 - 11199 соответствуют функции "загрузка значений напряжения из носителя USB" при использовании ручного управления, тогда как параметры 11200 - 11499 соответствуют функции "сохранить результаты на носитель USB" при использовании ручного управления и после окончания сбора данных режимом MPP4.

4.10.13 Регистры от 11500 (тест батареи)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—

Устройство с возможностью работы как электронная нагрузка, как серии EL 9000 В и PSB 9000 имеют функцию тестирования батареи для ручного контроля на их HMI. На сентябрь 2017, эта функция доступна удалённо, но только для серии EL 3000 В. Другие серии получают это позднее. Удалённая конфигурация и контроль впоследствии могут быть установлены на устройство через обновление программной прошивки.

Как и при ручном управлении, имеются два режима на выбор, статический или динамический ток. Требуемые параметры для обоих режимов записываются отдельно, тогда как контроль и оценка в конце теста одинаковые.

Регистры связаны с параметрами на дисплее. Рекомендуется прочитать секцию о тестировании батареи в руководствах по эксплуатации, перед её запуском. Краткий обзор:

Регистр	Назначение
11535	Активирует режим теста батареи и выбирает между статическим и динамическим (ток) режимами
11500 - 11513	Конфигурация режима статического теста батареи
11514 - 11531	Конфигурация режима динамического теста батареи
11532 - 11534	Контроль хода теста
11535 - 11540	Оценка (время, Ач, Втч)

4.10.14 Регистры от 12000 (расширенная симуляция фотовольтаики по DIN EN 50530)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	PSB	EL3	PSBE	PS3
—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Симуляция фотовольтаики это функция основанная на генераторе XY и имеется только у некоторых серий источников питания. На дату 06/2018 это:

- PSI 9000 2U
- PSI 9000 3U
- PSI 9000 WR 3U

Расширенная симуляция, в соответствии с DIN EN 50530, поддерживается прошивками от версий KE 2.19 и HMI 2.10. Все регистры ModBus, которые представляют параметры относительно этой симуляции и которые записываются на устройство и считываются из опорного документа стандарта EN 50530. Стандарт, кроме того, является ссылкой на установку и корректное использование этой функции симуляции.

Процедура установки и контроля расширенной PV симуляции, используя протокол ModBus, не отличается от ручного управления (смотрите руководство устройства) на HMI устройств или при использовании команд SCPI (смотрите примеры в секции „5.5.3 Примеры симуляции PV (DIN EN 50530)“ на странице 79). Эти шаг за шагом примеры имеют дополнительную колонку в таблице, которая содержит число регистра ModBus. Один из этих примеров (нр. 2) преобразованный в формат ModBus RTU (процентные заданные значения переданные на устройство номиналом 80 В и 170 А).

Конфигурация (перед стартом)

Нр.	Команда	Описание
1	00 05 01 92 FF 00 2D FA	Активация удалённого управления
2	00 06 2E E1 00 03 91 04	Активация PV симуляции режима DAYET
3	00 06 2E F0 00 00 81 00	Выбор технологии: Ручная (все требуемые параметры должны быть заданы, здесь как с командами 4-10)
4	00 10 2F 02 00 02 04 3F 4C CC CD F7 ED	Напряжение коэффициента заполнения (FF_U): 0,8
5	00 10 2F 04 00 02 04 3F 47 AE 14 EE FF	Ток коэффициента заполнения (FF_I): 0,78
6	00 10 2F 06 00 02 04 39 9D 49 52 84 57	Температурный коэффициент α для I_{sc} : 0,0003 /°C
7	00 10 2F 08 00 02 04 BB 44 9B A6 A1 7F	Температурный коэффициент β для U_{oc} : -0,003 /°C
8	00 10 2F 0A 00 02 04 3D 94 7A E1 00 75	Коэффициент пересчёта C_U для U_{oc} : 0,0725
9	00 10 2F 0C 00 02 04 39 66 AF CD 7F D1	Коэффициент пересчёта C_R для U_{oc} : 0,00022 м²/Вт
10	00 10 2F 0E 00 02 04 3B 4E 70 3B A7 CE	Коэффициент пересчёта C_G для U_{oc} : 0,00315 Вт/м²
11	00 05 2E F1 FF 00 D5 30	Выбор режима ввода: ULIK

ModBus и SCPI

Нр.	Команда	Описание
12	00 06 2F 10 61 47 E8 A8	Задание напряжения открытого контура: 38 В (=0x6147)
13	00 06 2F 11 08 6F 97 26	Задание тока короткого замыкания: 7 А
14	00 05 2E F2 FF 00 25 30	Активация записи данных
15	00 05 2E E5 00 00 D4 C4	Деактивация интерполяции данных тенденции дня

Запись данных тенденции дня (перед стартом)

Нр.	Команда	Описание
16	00 05 2E E6 FF 00 65 34	Выбор режима доступа: запись
17	00 05 2E E7 FF 00 34 F4	Удаление предыдущих данных (следует исполнять каждый раз перед загрузкой новых данных)
18	00 10 2E EA 00 06 0C 00 00 00 01 44 44 66 66 00 00 01 F4 88 23	Запись 1 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 500 Вт/м ² Температура: 20°C Время выдержки: 500 мс
19	00 10 2E EA 00 06 0C 00 00 00 02 6D 3A 74 0D 00 00 05 DC E4 C3	Запись 2 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 800 Вт/м ² Температура: 28°C Время выдержки: 1500 мс
...		Запись следующих наборов данных, всего 500
517	00 10 2E EA 00 06 0C 00 00 01 F4 A3 D6 7F FF 00 00 4E 20 34 AF	Запись 500 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 1200 Вт/м ² Температура: 35°C Время выдержки: 20000 мс

Контроль, также и при запущенной симуляции

Нр.	Команда	Описание
518	00 05 2E E6 FF 00 65 34	Старт симуляции -> симуляция остановится автоматически после времени, которое состоит из общего времени выдержки во всех записанных наборах данных

Анализ после окончания симуляция

Нр.	Команда	Описание
519	00 03 2E F4 00 02 8D 00	Чтение числа (n) записанных наборов данных. Это число не относится к числу набора данных тенденции дня в использовании. Эта функция записывает новый набор данных каждые 100 мс. В зависимости от общего времени симулирования, буфер записи может заполнять (макс. 16 ч времени записи) и перезаписывать существующие данные. Может понадобиться расчёт общего времени симуляции из наборов данных тенденции дня и начала чтения записанных данных во время симуляции, затем очистка буфера и позднее чтение остатка данных.
520	00 10 2E F6 00 02 04 00 00 00 01 6C 5C	Выбор первого набора данных (индекс 1) для чтения
521	00 03 2E F8 00 08 CD 04	Чтение данных из наборов данных (индекс) 1
...		Чтение других n-1 наборов данных:

5. Язык команд SCPI



Стандарт SCPI не предусматривает использование заключительного символа и поэтому серии, поддерживающие SCPI его не ожидают. Исключение: устройства с опцией 3W (GPIB интерфейс). Смотрите „5.3.4. Завершающие символы“.

С другими интерфейсами, как Ethernet, сообщения можно фрагментировать или соединять (TCP) или при отправке как одиночные символы через последовательные порты, могут возникнуть ошибки коммуникации, которые будут добавлены в ряд ошибок и не будут возвращаться автоматически. Также смотрите секцию 3.6. В таких случаях рекомендуется добавлять символ окончания.

5.1 Формат устанавливаемых значений

В языке команд SCPI всё является текстовым и значения **реальные**, обычно без единиц величины. Это значит, если вы хотите задать ток, например, 177.5 А, то используется команда **CURR 177.5** (или с единицей: CURR 177.5 A). Ниже вы найдёте подробную информацию о доступных командах и синтаксисах.



Все устанавливаемые значения (U, I, P, R), которые имеют специальную одиночную команду и которые вы можете отправить на устройство во время удалённого контроля, не ограничиваются только номинальными значениями вашей модели устройства, но и дополнительно лимитируются их лимитами, и их можно вручную отрегулировать!

5.2 Примеры для первого старта

5.2.1 Пинг

Рекомендуется сперва отправить пинг на устройство, чтобы протестировать отвечает ли оно. Со SCPI, обычно это выполняется запросом идентификационного ряда:

Протокол	Команда
SCPI	*IDN?

Как незамедлительный ответ, устройство может отправить, например:

Протокол	Ответ
SCPI	EA Elektro-Automatik GmbH&Co.KG, EL 9080-340, 1240210002, V2.14 14.05.2018 V2.24 04.06.2018 V1.6.5

5.2.2 Переход в удалённый контроль и обратно в ручной контроль

Перед удалённым управлением устройством, вам необходимо перевести его в удалённый контроль специальной командой. Также смотрите описание команд SCPI ниже.



Устройство никогда не перейдёт в удалённый контроль автоматически и не может управлять удалённо без нахождения в таком состоянии. Но считывание статуса и значений всегда возможно.



Устройство никогда не покинет удалённый контроль автоматически, пока оно не будет выключено или будет прервано питание АС. Из удалённого контроля можно выйти определённой командой. Оно тогда перейдет обратно в ручное управление.

Переход в удалённый контроль может быть заблокирован несколькими обстоятельствами и обычно появляется сообщение об ошибке:

- Состояние **Local** активно (проверьте дисплей и панель управления спереди вашего устройства), что предотвращает любое удалённое управление
- Устройство уже находится под удалённым контролем от другого интерфейса
- Устройство в режиме настроек, это значит, что пользователь вошёл в меню и не покинул его ещё

► Как перевести устройство в удалённый контроль:

1. Если вы используете язык команд SCPI, отправьте текстовую команду (с пробелом):
SYST:LOCK_1 or SYST:LOCK_ON

Выход из удалённого контроля осуществляется двумя путями: использованием специальной команды или переводом устройства в состоянии **Local**. Будет рассмотрена первая опция, она касается программирования.

► Как выйти из удалённого контроля:

1. Если вы используете язык команд SCPI, отправьте текстовую команду (с пробелом):
SYST:LOCK_0 or SYST:LOCK_OFF

5.3 Синтаксис

Спецификация соответствует „1999 SCPI Command reference”.

Следующие форматы синтаксиса могут появиться в командах и/или ответах:

<value>	Это цифровое значение соответствует значению на дисплее устройства и зависит от его номинальных значений. Правила:	
	- Значение должно отправляться после команды и отделённое пробелом	
	- Вместо цифрового значения вы так же можете использовать:	
	MIN	соответствует минимальному значению параметра
	MAX	соответствует максимальному значению параметра
<NR1>	Цифровые значения без десятичного разряда	
<NR2>	Цифровые значения с десятичным разрядом	
<NR3>	Цифровые значения с десятичным разрядом и экспонентой	
<NRf>	<NR1> или <NR2> или <NR3>	
Unit	V (Вольт), A (Ампер), W (Ватт), OHM (Ом), s (Секунды)	
<CHAR>	0..255: Десятичное значение	
<+INT>	0..32768: Позитивное целое число (выход от устройства)	
<B0>	1 или ON: Функция (будет) активирована	
	0 или OFF: Функция (будет) деактивирована	
<B1>	NONE: ручная работа активна, возможен переход в удалённый контроль	
	LOCAL: только локальная (ручная) работа, чтение данных возможно	
	REMOTE: устройство находится в удалённом управлении	
<ERR>	Ошибка с числом (-800 до 399) и описанием	
<SRD>	Ряд данных, различных форматов: - IP адрес как номер ряда с точками как разделитель, например „192.168.0.2“ - Ключевые слова, например AUTO или OFF	
<Time>	[s]s.s[s][s][s][s][s] / Формат по умолчанию это секунды (s.s)	
;	Точка с запятой используется для отделения нескольких команд внутри одного сообщения	
:	Двоеточие отделяет ключевые слова SCPI (главная система, подсистемы)	
[]	Буквы нижнего регистра и контент в квадратных скобках опциональны	
?	Знак вопроса определяет сообщение как запрос. Запрос может быть объединён с контрольным сообщением (командное соединение). Поставьте, что требуется подождать ответ на запрос перед отправкой следующего контрольного сообщения.	
->	Ответ от устройства	

5.3.1 Объединённые команды

Возможно объединение, т.е. концентрация до 5 команд в одно сообщение. Команды должны быть отделены точкой с запятой (;). Пример:

VOLT 80;CURR 20;POW 3kW

Команды в строке исполняются слева направо, поэтому важна их очерёдность для достижения корректного результата. При запросе сразу нескольких значений или параметров, возвратный ряд будет также в объединённом формате, разделённые между собой точкой с запятой.



*Возвратные сообщения могут быть до 512 символов. При запросе объединённых команд, когда сообщение превышает 512 символом, как при запросе 5x *IDN?, в ответ ничего не вернётся.*

5.3.2 Верхний и нижний регистры

SCPI использует верхний регистр команд по умолчанию.

5.3.3 Длинная форма и короткая форма

Команды SCPI имеют длинную и короткую формы. Короткая форма (пр. SOUR) и длинная форма (пр. SOURCE) могут быть использованы произвольно. Для различия обеих форм, команды, как описано в следующих секциях, описаны частично в верхнем регистре (показывают короткую форму) и частично в нижнем регистре (показывают длинную форму).

5.3.4 Завершающие символы

Некоторые интерфейсы, как например GPIB, требуют приложения завершающего символа к сообщению, а другие нет, как USB. Здесь окончание поддерживается, но опционально, чтобы поддержать совместимость между несколькими различными интерфейсами в контрольной программе, используя SCPI. Устройства с установленной опцией 3W, т.е. интерфейсом GPIB, требуют отправки такого символа, иначе появится ошибка задержки.

Поддерживаемые завершающие символы: **0xA** (LF, line feed)



С версии KE 2.23 требуется прилагать завершающий символ в конце сообщения при использовании SCPI через Ethernet. Это значит, что обновление прошивки от версии ниже, чем KE 2.23 до KE 2.23 и выше может аннулировать эту функцию стороннего программного обеспечения! Это затрагивает следующие серии:

- PSI 9000 2U - 24U
- ELR 9000 / ELR 9000 HP
- EL 9000 B / HP / 2Q
- PSE 9000
- PSB 9000
- PSBE 9000

5.3.5 Ошибки

Ошибки в определении SCPI это ошибки коммуникации. В соответствии со стандартом, устройства использующие SCPI не возвращают ошибки сразу. Их необходимо запросить от устройства. Запрос можно делать напрямую командой ошибки (смотрите 5.4.5.4) или первым относительно сигнального бита "err" от STB регистра (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“).

Формат ошибки определяется стандартом и производится рядом, содержащим число (актуальный код ошибки) и разъясняющий текст. Устройство может генерировать следующие ряды ошибок:

Код ошибки / текст ошибки	Описание
0, "No error"	Нет ошибок
-100, "Command error"	Неизвестная команда
-102, "Syntax error"	Неверный синтаксис команды
-108, "Parameter not allowed"	Команда отправлена параметром, хотя команда не использует параметры
-200, "Execution error"	Команду нельзя исполнить
-201, "Invalid while in local"	Контрольную команду нельзя исполнить, так как устройство находится в режиме LOCAL
-220, "Parameter error"	Использован неверный параметр
-221, "Settings conflict"	Команду нельзя исполнить, из-за состояния устройства (находясь в МЕНЮ и т.д.)
-222, "Data out of range"	Параметр нельзя задать, потому что он превышает лимит
-223, "Too much data"	Слишком много параметров на команду или слишком много команд сразу
-224, "Illegal parameter value"	Параметр не предназначен для команды, которая отправлена
-999, "Safety OVP"	Тревога Безопасный OVP (доступна только у определённых моделей) запущена (смотрите руководство устройства). Потребуется силовой цикл устройству.

5.4 Группы команд

Группы команд относятся к специальным свойствам устройства. Не все серии имеют одинаковое число команд, так как серии имеют разное число функций. На каждую команду ниже будет указана принадлежность к серии. Пример:

ELR9	PS9	PSI9	PSI5
✓	—	✓	—

Аббревиатуры смотрите в „1.1.2. Область распространения“, где

☒ означает, команда или группа команд (полностью или частично) поддерживается серией устройства.

☐ означает, команда или группа команд не поддерживается серией устройства.

5.4.1 Стандарт команд IEEE

По отношению к старым интерфейсным стандартам GPIB и IEEE 488, были внедрены некоторые стандартные команды. Они поддерживаются всеми устройствами, которые умеют работать с языком команд SCPI.

5.4.1.1 *CLS

Очищает очередь ошибок и байт статуса (STB).

5.4.1.2 *IDN?

Возвращает ряд идентификации устройства, который содержит следующую информацию, отделённую запятыми:

1. Производитель
2. Имя модели
3. Серийный номер
4. Версия прошивки (если их несколько, они отделены пробелом)
5. Текст пользователя (произвольный текст, определяется при помощи SYST:CONFIG:USER:TEXT)

5.4.1.3 *RST

После отправки, установит устройство в определённое состояние, но удалённый контроль задаётся только устройством:

1. Переход в удалённый контроль (так же как SYST:LOCK 1)
2. Перевод входа/выхода DC в выключение
3. Очистка буфера тревог
4. Очистка статуса регистров до их умолчаний (QUESTionable Event, OPERation Event, STB)

5.4.1.4 *STB?

Считывает регистр SStatus Byte. Ход сигнала различных состояний устройства и событий иллюстрируется в модели регистра ниже. Биты STB по частям:

Бит 0: не используется

Бит 1: не используется

Бит 2: *err*, Error Queue --> одна или несколько ошибок в буфере ошибок. Чтением буфера ошибок или отправкой *CLS он очищается и бит *err* сбрасывается.

Бит 3: *ques*, Questionable Status Register активен (появилось одно или несколько событий)

Бит 4: не используется

Бит 5: не используется

Бит 6: не используется

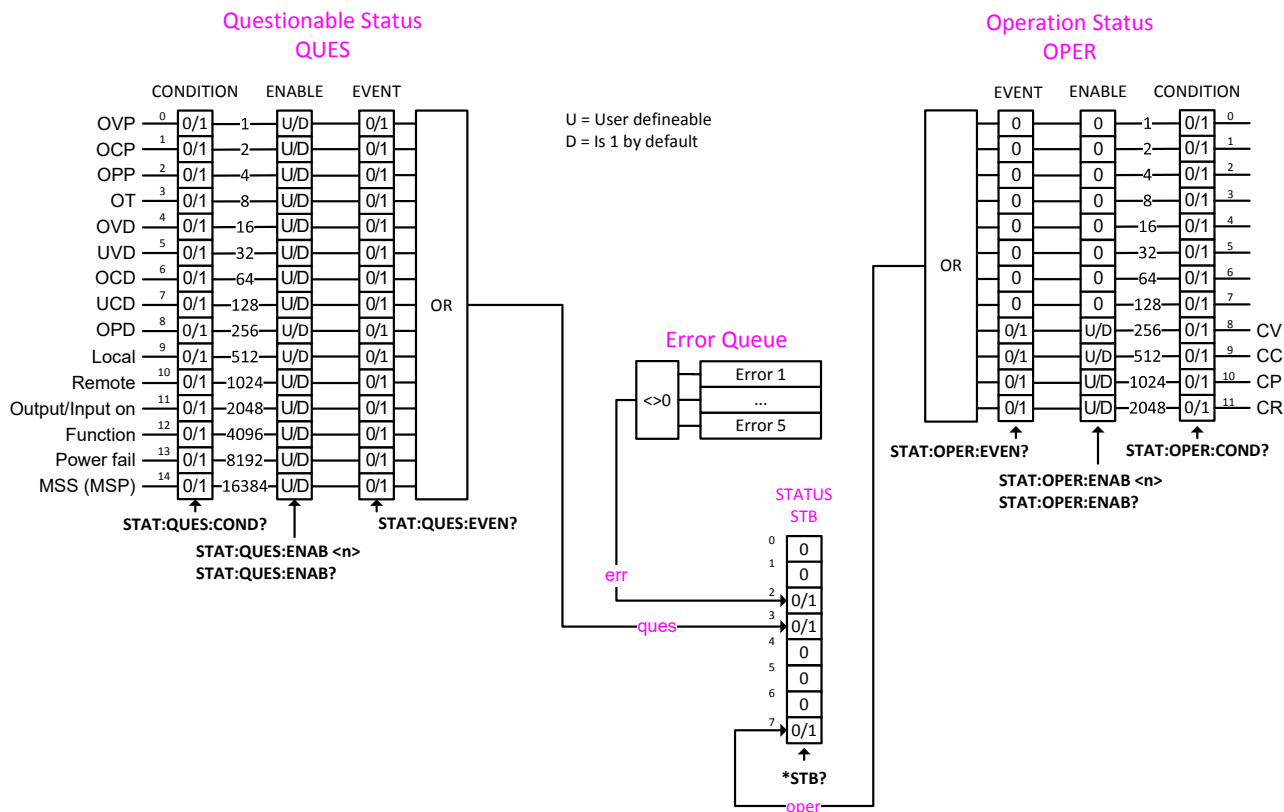
Бит 7: *oper*, Operation Status Register активен (появилось одно или несколько событий)

5.4.2 Регистры статуса

Не все состояния устройства и тревоги можно считать специальными командами SCPI. Как альтернатива, оставшаяся информация относительно устройства группируется в регистры статуса. Используя регулярный опрос, байт статуса (STB) может быть стартовой точкой для чтения статуса устройства. Он скажет какой регистр статуса записал минимум одно событие. Отдельно от этого, другие регистры статуса можно опросить напрямую. Разница состоит в том, что пользователю необходимо выяснить, какие биты в регистре изменились, сравнив недавнее значение с ранним. Биты в статусе регистра байта сделают эту работу за вас. Если останется 0, ничего не случится.

Как только бит в STB сигнализирует, что он записан в регистры QUES или OPER, вы сможете считать соответствующее событие регистрами OPER и QUES, чтобы выяснить, какой бит(ы) изменился в COND регистра.

Модель регистра:



События, записанные в регистры событий STAT:QUES:EVENT и STAT:OPER:EVENT, записывают только PTRs (позитивные переходы), т.е. переходы из 0 в 1.



Различные серии устройств различаются числом статусов и событий, которые они могут сигнализировать пользователю в регистры. Практическое правило: если нет функции UVD (обнаружение низкого уровня тока) предписанного для вашего устройства, то её тоже не будет как сигнал в регистрах статуса. Какие сигналы регистров статуса доступны для вашего устройства, в отношении определённых функций, определено в его руководстве по эксплуатации.



Тревоги устройства, как OVP, должны быть ознакомлены (смотрите секцию о тревогах в руководстве устройства). Они сигнализируются через регистры CONDITION и EVENT. Чтение ошибок SCPI с SYST:ERR? или SYST:ERR:ALL? также рассматривается как ознакомление с тревогами и очистит бит тревоги в CONDITION, но только если условие появление тревоги более не присутствует. Ознакомленные тревоги можно позднее считать от устройства в счётчике тревог (если он есть, доступно только от определённой версии прошивки KE). Рекомендуется подсчитывать тревоги из устройства и использовать команду STAT:QUES? перед SYST:ERR?.



Только модели на 60 В (в сериях PSB 9000 / PSBE 9000 и PSI 9000 WR): дополнительная тревога "Безопасный OVP" (SOVP), смотрите руководство устройства, не сигнализируется отдельно, а как комбинация тревоги PF (STAT:QUES Bit 13) и тревоги OVP (STAT:QUES Bit 0). В дополнение, неудаляемая ошибка -999 ставится в очередь ошибок.

5.4.2.1 STATus:QUEStionable?

Считывает Questionable статус регистров EVENT или CONDITION. Устройство вернёт 16 бит значение, которое предоставляет информацию об устройстве, как определено в регистре модели в 5.4.2.

Форма запроса 1: STATus:QUEStionable[:CONDition]?

Форма запроса 2: STATus:QUEStionable:EVENT?

Примеры:

STAT:QUES? --> 3072 Это значение говорит, что заданы биты 10 и 11 и в соответствии с моделью регистра это интерпретируется как "remote control = active" и "DC input/output = on".

STAT:QUES:COND? Читает регистр condition и регистр статуса questionable. Значение содержит текущий снимок числа битов статуса.

5.4.2.2 STATus:QUEStionable:ENABle_<NR1>

Эта команда задаёт регистр Enable регистра статуса Questionable. Регистр Enable является фильтром, который позволяет всем или одному биту сигнализировать событие в байт статуса STB. По умолчанию, все биты регистра Enable установлены. В случае, если вы желаете игнорировать определённые биты, вам необходимо добавить значения оставшихся бит и отправить значение в регистр Enable.

Форма запроса: STATus:QUEStionable:ENABle?

Диапазон значений: 0...32767

Пример:

STAT:QUES:ENAB_3072 Устанавливает регистр enable регистров статуса questionable в 3072 и включает биты OVP, OT, Remote и Input/Output on, рапортуящими события на STB.

5.4.2.3 STATus:OPERation?

Считывает статус Operation регистров EVENT или CONDITION. Устройство вернёт 16 битное значение, которое представит информацию об устройстве как определено в регистре модели в 5.4.2.

Форма запроса 1: STATus:OPERation[:CONDition]?

Форма запроса 2: STATus:OPERation:EVENT?

Примеры:

STAT:OPER? --> 256 Считывает регистр operation (идентичен :EVENT?). Возможным ответом может быть значение 256, которое говорит, что бит 8 задан и, в соответствии с регистром модели, бит 8 сигнализирует, что режим CV активен.

STAT:OPER:COND? Считывает регистр condition из регистров статуса operation.

5.4.2.4 STATus:OPERation:ENABle_<NR1>

Задаёт и считывает регистр Enable регистра статуса Questionable. Регистр Enable является фильтром. Он позволяет одному или всем битам регистров состояния изменять соответствующий бит в регистре событий. Он также воздействует на суммарный бит в статусе байта STB. По умолчанию, все биты регистра Enable установлены в 1. Если вы желаете использовать только некоторые определённые биты, просто добавьте их битовые значения (смотрите регистр модели) и отправьте сумму в регистр Enable.

Форма запроса: STATus:OPERation:ENABle?

Диапазон значений: 0, 256...3840

Пример:

STAT:OPER:ENAB_1792 Устанавливает регистр Enable регистра Operation в значение 1792 и позволяет битам CV, CC и CP сообщать о событиях на STB.

5.4.3 Команды установки значений

5.4.3.1 [SOURCE:]VOLTage_<NRf>[Unit]

Устанавливает лимит входного или выходного напряжения устройства внутри определённого диапазона, который определяется настроенными ограничениями (Лимиты, если имеется) или номинальным значением 0...102%, или считывает последнюю настройку. Альтернативно, можно использовать параметры MIN и MAX для быстрой установки напряжения на настроенные минимум и максимум.

Форма запроса: [SOURCE:]VOLTage?

Диапазон значений: <NRf> = 0...1.02 * номинальное напряжение (в соответствии с техническими спецификациями)

Примеры:

VOLT 12 Краткая форма. Устанавливает 12 В.

SOUR:VOLTAGE_24.5V Смешанная форма, со значением. Устанавливает 24.5 В, если лимит настроенного напряжения не затрагивается.

SOURCE:VOLTAGE_MIN Устанавливает напряжение в настроенный минимум, обычно 0 В.

5.4.3.2 [SOURCE:]CURRent_<NRf>[Unit]

Устанавливает лимит входного или выходного тока устройства внутри определённого диапазона, который определяется настроенными ограничениями (Лимиты, если имеется) или номинальным значением 0...102%, или считывает последнюю настройку. Альтернативно, можно использовать параметры MIN и MAX для быстрой установки тока на настроенные минимум и максимум.

Форма запроса: [SOURCE:]CURRent?

Диапазон значений: <NRf> = 0...1.02 * номинальный ток (в соответствии с техническими спецификациями)

Примеры:

CURR_170 Краткая форма. Устанавливает 170 А.

SOUR:CURRENT_45.3A Смешанная форма, со значением. Устанавливает 45.3 А, если лимит настроенного тока не затрагивается.

SOURCE:CURRENT_MAX Устанавливает ток в настроенный максимум, который может быть 102% номинального тока устройства или, если имеется у устройства, значение настроенного ограничения "I-макс" (также смотрите 5.4.8)

5.4.3.3 [SOURCE:]POWer_<NRf>[Unit]

Устанавливает лимит входной или выходной мощности устройства внутри определённого диапазона, который определяется настроенными ограничениями (Лимиты, если имеется) или номинальным значением 0...102%, или считывает последнюю настройку. Альтернативно, можно использовать параметры MIN и MAX для быстрой установки мощности на настроенные минимум (нуль) и максимум.

Форма запроса: [SOURCE:]POWer?

Диапазон значений: <NRf> = 0...1.02 * номинальная мощность (в соответствии с техническими спецификациями)

Примеры:

POW_3000 Краткая форма. Устанавливает 3000 Вт, если лимит настроенного диапазона мощности не затрагивается.

SOUR:POWER_3.5kW Смешанная форма, со значением и магнитудой Кило. Устанавливает 3.5 кВт соответственно 3500 Вт, если лимит настроенного диапазона мощности не затрагивается.

SOURCE:POWER_MIN Устанавливает мощность в настроенный минимум, обычно 0 Вт.

5.4.3.4 [SOURce:]RESistance_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	—	—

При электронных нагрузках, эта команда задаёт значение входного сопротивления в Омах внутри определённого диапазона, как это можно узнать с передней панели. Источники питания с регулировкой внутреннего сопротивления используют это значение для симулирования внутреннего резистора на выходе, где выходное напряжение отличается от настроенного значения на сумму, рассчитанную от значения настроенного сопротивления и актуального значения тока. Способ установки значения сопротивления на обоих типах устройств идентичен. Настраиваемый диапазон можно лимитировать верхним ограничением. Альтернативно, можно использовать параметры MIN и MAX для быстрой установки сопротивления на настроенные минимум и максимум.

Форма запроса: [SOURce:]RESistance?

Диапазон значений: <NRf> = Мин. сопротивление...макс. сопротивление, в соответствии с техническими спецификациями

Примеры:

RES? Краткая форма. Запрашивает текущее значение сопротивления.

SOUR:RESISTANCE_10 Смешанная форма. Устанавливает 10 Ω.

SOURCE:RES_MIN Устанавливает сопротивление в минимум, определённый для отдельной модели устройства.

5.4.3.5 SINK:CURRent_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

Эта команда доступна только для двунаправленных устройств серии PSB 9000 и устанавливает значение тока в режиме потребителя, что отдельно от того, что в режиме источника (смотрите 5.4.3.2).

В противоположность обычной команде CURRent, SINK главной системы не опциональна, так как устройство не сможет различить. Установки ограничений тоже применяются, но для каждого значения имеются отдельные лимиты "Потр.: I-мин" и "Потр.: I-макс", как настраивается на HMI, а также соответствующие команды (смотрите 5.4.8). Альтернативно, параметры MIN и MAX можно использовать для мгновенной установки тока на МИНимум или МАКСимум.

Форма запроса: SINK:CURRent?

Диапазон значений: <NRf> = I-мин...I-макс

Примеры:

SINK:CURR_120 Пока настроенные ограничения ограничивают эту настройку, будет установлено значение тока для режиме потребителя PSB 9000 в 120 A. Это значение может быть в действии только при переходе устройства в режим потребителя.

SINK:CURR_MIN Задаёт значение режима потребителя тока на уровень как определено в I-мин.

5.4.3.6 SINK:POWer_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

Эта команда доступна только для двунаправленных устройств серии PSB 9000 и задаёт значение мощности для режиме потребителя, что отдельно от того, что в режиме источника (смотрите 5.4.3.3).

В противоположность обычной команде POWer, SINK главной системы не опциональна, так как устройство не сможет различить. Установки ограничений тоже применяются для значения "Потр.: P-макс", как настраивается на HMI, а также соответствующие команды (смотрите 5.4.8). Альтернативно, параметры MIN и MAX можно использовать для мгновенной установки мощности на МИНимум или МАКСимум.

Форма запроса: SINK:POWer?

Диапазон значений: <NRf> = 0...P-макс

Примеры:

SINK:POW_4500 Пока настроенное P-макс ограничивает эту настройку, будет установлено значение мощности для режиме потребителя PSB 9000 в 4500 Вт. Это значение может быть в действии только при переходе устройства в режим потребителя.

SINK:POWER_MIN Устанавливает мощность в 0 Вт.

5.4.3.7 SINK:RESistance_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—

Эта команда доступна только для двунаправленных устройств серии PSB 9000 и задаёт значение мощности для режиме потребителя, что отдельно от того, что в режиме источника (смотрите 5.4.3.4).

В противоположность обычной команде RESistance, SINK главной системы не опциональна, так как устройство не сможет различить. Установки ограничений тоже применяются для значения "Потр.: R-макс", как настраивается на HMI, а также соответствующие команды (смотрите 5.4.8). Альтернативно, параметры MIN и MAX можно использовать для мгновенной установки мощности на МИНимум или МАКСимум.

Форма запроса:

SINK:RESistance?

Диапазон значений:

<NRf> = мин. настраиваемое сопротивление (смотрите технические спецификации)...R-макс

Примеры:

SINK:RESISTANCE_MIN

Задаёт значение сопротивления для режима потребителя устройства PSB 9000 в минимум, как определено в технических спецификациях, и которые варьируются от модели к модели. Номиналы (или номинальные значения) можно запросить от устройства следующими командами.

5.4.4 Измерительные команды

Актуальные значения, как возвращённые измерительными командами, являются значениями входа или выхода DC так как они показывают момент их запроса. Они не всегда идентичны соответствующим заданным значениям. Ваше устройство постоянно измеряет актуальные значения и возвращает последнее состояние при запросе.

5.4.4.1 MEASure:[SCALar:]VOLTage[:DC]?

Запрашивает устройство вернуть последнее измеренное значение входа или выхода DC в Вольтах.

Пример:

MEAS:VOLT?

Краткая форма. Запрашивает актуальное напряжение. Отклик, который сразу же исходит от устройства, вернёт значение между 0% и макс. 125% номинального напряжения устройства, например 43.50 В. Число десятичных знаков в возвращаемом значении будет идентично формату на дисплее устройства и варьируется от модели к модели.

5.4.4.2 MEASure:[SCALar:]CURRent[:DC]?

Запрашивает устройство вернуть последнее измеренное значение входа или выхода DC в Амперах.



У устройств серии PSB 9000 и PSBE 9000, возвращаемое актуальное значение может идти от режимов источника или потребителя. Если значение негативное, то оно принадлежит режиму потребителя.

Пример:

MEASURE:CURRENT?

Запрашивает только актуальный ток. Отклик, который сразу же исходит от устройства, вернёт значение между 0% и макс. 125% номинального тока устройства, например 100.1 А. Число десятичных знаков в возвращаемом значении будет идентично формату на дисплее устройства и варьируется от модели к модели.

5.4.4.3 MEASure:[SCALar:]POWEr[:DC]?

Запрашивает устройство вернуть последнее рассчитанное значение мощности входа или выхода DC в Ваттах.



У устройств серии PSB 9000 и PSBE 9000, возвращаемое актуальное значение может идти от режимов источника или потребителя. Если значение негативное, то оно принадлежит режиму потребителя.

Пример:

MEAS:POW?

Краткая форма. Запрашивает потребляемую (нагрузки) соответственно поставляемую мощность (ИП). Отклик, который сразу же исходит от устройства, вернёт значение между 0% и макс. 125% номинальной мощности устройства, например 2534 Вт. Независимо какой формат актуальной мощности на дисплее устройства, он будет возвращён в Ваттах.

5.4.4.4 MEASure:[SCALar:]ARRay?

Запрашивает устройство вернуть последние измеренные и рассчитанные актуальные значения напряжения, тока и мощности (в такой последовательности), отделённых запятыми и величинами.



У устройств серии PSB 9000 и PSBE 9000, возвращаемое актуальное значение может идти от режимов источника или потребителя. Если значение негативное, то оно принадлежит режиму потребителя. Так как только один из двух режимов может быть активным, актуальные ток и мощность всегда будут одновременно позитивными либо негативными.

Пример:

MEAS:ARR?

Краткая форма. Отклик, который сразу же исходит от устройства, вернёт значение между 0% и макс. 125% номинальных значений устройства, например 12.5 V, 33.3 A, 420 W

5.4.5 Команды статуса

Команды статуса используются для внесения изменений в статус устройства в показателях активации удалённого контроля и переключении входа/выхода DC, или запроса текущего статуса.

5.4.5.1 SYSTem:LOCK_<B0>

Эта команда используется для активации удалённого контроля устройства. Основа в том, что удалённый контроль должен быть сперва активирован перед отправкой команд, которые меняют статус или значение устройства. Как только такой контроль активен через один из цифровых интерфейсов, то работа идёт только через него.

Активация удалённого контроля может быть отклонена устройством по нескольким причинам. Обычно ответ происходит в форме ошибки SCPI, которая заносится в буфер ошибок SCPI. Этот буфер можно считать командой ошибки (смотрите „5.4.5.4. SYSTem:ERRor?“).

Форма запроса: SYSTem:LOCK:OWNer?

Диапазон значений задания: ON, OFF

Диапазон значения запроса: REMOTE, NONE, LOCAL

Примеры:

SYST:LOCK_ON Краткая форма. Запрашивает устройство перейти в удалённый контроль. Устройство тогда обычно показывает активированное состояние через светодиод или текст статуса на дисплее.

SYSTEM:LOCK:OWNER? Блокирует пользователя от удалённого управления. Может использоваться для верификации принятия устройством запроса на переход в удалённый контроль. Возвращаются три различных статуса:

REMOTE = Устройство находится в удалённом контроле через один из доступных интерфейсов

NONE = Устройство не находится в удалённом контроле

LOCAL = Устройство в состоянии LOCAL, которое отвергает или прерывает удалённый контроль. Обычно видно на самом устройстве.

5.4.5.2 INPut_<B0>

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	✓	—	—	—	—	✓	—	—	✓	—	—	—

Эта команда используется для включения входа DC устройств со входом (здесь) электронной нагрузки. Ключевое слово SOURCE берётся из стандарта SCPI и обычно не подходит для поглощающих энергию устройств, но используется для этой цели.

Форма запроса: INPut?

Диапазон значений: ON, OFF

Примеры:

INP_1 Краткая форма. Включает вход DC, если активен удалённый контроль.

INPUT? Запрашивает состояние входа DC, которое будет возвращено как ON или OFF. Против всех ожиданий, вход может отключиться из-за сигнала тревоги устройства.

5.4.5.3 OUTPut_<B0>

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓

Эта команда используется для включения и выключения выхода DC источников питания и других источников.

Форма запроса: OUTPut?

Диапазон значений: ON, OFF

Примеры:

OUTP_1 Краткая форма. Включает выход DC, если активен удалённый контроль.

OUTPUT? Запрашивает состояние выхода DC, которое будет возвращено как ON или OFF. Против всех ожиданий, выход может отключиться из-за сигнала тревоги устройства.

5.4.5.4 SYSTem:ERRor?

Эти команды используются для чтения одной или всех ошибок из очереди внутренних ошибок SCPI устройства. Эта очередь содержит только ошибки в отношении команд, т. е. неверного синтаксиса, слишком больших значений и т. д. Не может вернуть сигнал тревоги устройства. Они обычно запрашиваются из устройства чтением бит регистров статуса (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“). Вы можете выбрать, запрашивать следующие ошибки пока не появится No error или запросить все сразу. После того как все ошибки будут считаны из буфера, он очищается.

Очередь является типом FIFO (первым зашёл, первым вышел). Это значит, первая появившаяся ошибка выходит первой при её запросе.

<u>Форма запроса 1:</u>	SYSTem:ERRor?	Запрашивает последнюю ошибку
<u>Форма запроса 2:</u>	SYSTem:ERRor:NEXT?	Запрашивает следующую ошибку
<u>Форма запроса 3:</u>	SYSTem:ERRor:ALL?	Запрашивает все ошибки в буфере (до 5)

Пример:

SYST:ERR? Краткая форма. Устройство отвечает на этот запрос рядом, где сперва идёт код ошибки (смотрите список кодов ошибок) и описание ошибки, например: 0, No error. Такое возвращается каждый раз при отсутствии ошибок или после возврата всех ошибок.

SYSTEM:ERROR:ALL? Этот запрос позволит устройству вернуть до 5 каскадных ошибок в одну строку, разделённых запятой и пробелом.



Запрос ошибок с SYST:ERR? также очищает биты, относящиеся к сигналам тревоги устройства в регистре QUEStionable (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“), но только, если состояние тревоги "gone". Это рассматривается как ознакомление пользователем. Сигналы тревоги ознакомленные таким образом не смогут быть более считаны из регистра.

5.4.6 Команды для функций защиты

Устройства от ЕА, как источники питания и электронные нагрузки, снабжены набором сигналов тревоги, частично для самозащиты, частично для защиты подключённой нагрузки или источника. Также имеется функция наблюдения, которая мониторит вход/выход DC относительно значений как напряжение, ток и мощность на превышение установленных ограничений и инициирует определяемые пользователем действия как акустическая тревога и отключение входа/выхода DC. Конфигурацию наблюдения можно настроить вручную в актуальном профиле пользователя или удалёнными командами.

5.4.6.1 [SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓

Эта команда связана с настраиваемым значением OVP (защита от перенапряжения). Значение регулируется между 0 и 110% номинального напряжения устройства большинства серий, за исключением серии EL 9000, где оно только 0...103%. Защита определяет порог, когда устройство выключает вход/выход DC, неважно генерирует ли оно напряжение выше этого порога или вне источника. При контроле источника, т.е. источника питания, эта функция обычно служит для защиты подключённой нагрузки от перенапряжения и повреждения. Это может случиться, если выходное напряжение случайно установлено на опасный уровень.

Потребитель, т. е. электронная нагрузка, не может быть защищена от перенапряжения извне, хотя она отключает свой вход DC при достижении такого порога.

Форма запроса: [SOURce:]VOLTage:PROTection[:LEVel]?

Диапазон значений: 0...1.1 или 0...1.03 * номинальное напряжение устройства

Примеры:

VOLT:PROT_88 Краткая форма. Устанавливает порог OVP в 88 В. У модели с номинальным напряжением 80 В, это 110% от максимального напряжения и это максимальное значение OVP (но не у серии EL 9000).

5.4.6.2 [SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓

Эта команда связана с настраиваемым значением OCP (защита от избыточного тока, смотрите меню НАСТРОЙКИ на передней панели устройства). Значение регулируется между 0 и 110% номинального тока устройства. Она определяет порог, когда устройство выключает вход/выход DC. У потребителей, как электронная нагрузка, обычно служит для защиты источника от слишком высокого потребления тока. Как только входной/выходной ток достигает порога, устройство мгновенно отключает вход/выход DC. Порог только эффективен, если он настроен на более низкое значение, чем входной/выходной ток, так как иначе устройство ограничит ток, но не отключится. Если значение тока и защита от избытка тока установлены в одно значение, то OCP будет иметь приоритет и отключит блок прежде ограничения.

Форма запроса: [SOURce:]CURRent:PROTection[:LEVel]?

Диапазон значений: 0...1.1 * номинальный ток устройства

Пример:

CURR:PROT_100 Краткая форма. Устанавливает порог OCP в 100 А.

5.4.6.3 [SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓

Эта команда связана с настраиваемым значением OPP (защита от перегрузки, смотрите меню НАСТРОЙКИ на передней панели устройства). Значение регулируется между 0 и 110% номинальной мощности устройства. Она определяет порог, когда устройство выключает вход/выход DC. Эта функция помогает защитить источник или нагрузку от излишней выходной мощности или её потребления, независимо от напряжения и тока. Как только входная/выходная мощность превысит порог, устройство мгновенно отключит вход/выход DC. Порог только эффективен, если он настроен на более низкое значение, чем входная/выходная мощность, так как иначе устройство ограничит мощность, но не отключится. Если значение мощности и защита от перегрузки установлены в одно значение, то OPP будет иметь приоритет и отключит блок прежде ограничения.

Форма запроса: [SOURce:]POWer:PROTection[:LEVel]?

Диапазон значений: 0...1.1 * номинальная мощность устройства

Пример:

POW:PROT_1.5kW Краткая форма. Устанавливает порог OPP в 1.5 кВт.

5.4.6.4 SINK:CURRent:PROTection[:LEVel]_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

Эта команда доступна только для двунаправленных устройств серии PSB 9000 и задаёт порог ОCP для режима потребителя, что отличается от порога ОCP режима источника (смотрите 5.4.6.2).

В противоположность команде режима источника, SINK главной системы не опциональна, так как устройство не сможет различить. Нет установок ограничений. Альтернативно, параметры MIN и MAX можно использовать для мгновенной установки порога на МИНИмум или МАКСимум.

Форма запроса: SINK:CURRent:PROTection[:LEVel]?

Диапазон значений: <NRf> = 0...1.1 * номинальный ток устройства

Пример:

SINK:CURR:PROT_MAX Краткая форма. Устанавливает порог ОCP в 110% номинального тока.

5.4.6.5 SINK:POWEr:PROTection[:LEVel]_<NRf>[Unit]

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

Эта команда доступна только для двунаправленных устройств серии PSB 9000 и задаёт порог OPP для режима потребителя, что отличается от порога OPP режима источника (смотрите 5.4.6.3).

В противоположность команде режима источника, SINK главной системы не опциональна, так как устройство не сможет различить. Нет установок ограничений. Альтернативно, параметры MIN и MAX можно использовать для мгновенной установки порога на МИНИмум или МАКСимум.

Форма запроса: SINK:POWEr:PROTection[:LEVel]?

Диапазон значений: <NRf> = 0...1.1 * номинальная мощность устройства

Пример:

SINK:POWER:PROT_3000 Устанавливает порог OPP в 3000 Вт, если устройство имеет номинал мощности в минимум 3000 Вт.

5.4.7 Команды для функций наблюдения

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	—	✓	—	—

Команды ниже позволяют удалённую конфигурацию функций наблюдения (События) устройства, касательно напряжения, тока и мощности на входе DC или выходе DC.



У серии PSB 9000 эти команды предназначены только для наблюдения режима источника. Для режима потребителя, для наблюдения смотрите 5.4.7.1.

Команда	Описание
SYSTem:CONFig:UVD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:CONFig:UVD:ACTioN[?]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию UVD, как конфигурируется в меню устройства
SYSTem:CONFig:UCD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:CONFig:UCD:ACTioN[?]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию UCD, как конфигурируется в меню устройства
SYSTem:CONFig:OVD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:CONFig:OVD:ACTioN[?]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию OVD, как конфигурируется в меню устройства
SYSTem:CONFig:OCD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:CONFig:OCD:ACTioN[?]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию OCD как конфигурируется в меню устройства
SYSTem:CONFig:OPD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:CONFig:OPD:ACTioN[?]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию OPD, как конфигурируется в меню устройства

Команда :ACTioN может иметь следующие параметры (смотрите также руководство по эксплуатации устройства):

NONE = Событие неактивно, нет наблюдения

SIGNAL = Как только событие появится, текст статуса будет представлен в поле статуса дисплея устройства и будет задан бит в регистре Questionable (STAT:QUES?) (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“). Бит показывает, что появилось определённое событие. Это можно использовать для записи события.

WARNING = Как только событие появится, всплывёт окно с предупреждением на дисплее устройства и будет задан бит в регистре Questionable (STAT:QUES?) (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“). Бит показывает, что появилось определённое событие. Это можно использовать для записи события.

ALARM = Как только событие появится, всплывёт окно с предупреждением на дисплее устройства, а также акустический сигнал и вход/выход DC отключится и будет задан бит в регистре Questionable (STAT:QUES?) (смотрите „5.4.2. Регистры статуса“). Бит показывает, что появилось определённое событие. Это можно использовать для записи события.



Действие ALARM позволяет устройству действовать так же как и при появлении сигнала тревоги. Тем не менее, тревога устройства будет иметь приоритет. Это значит, что если, например, значения OVP и OVD будут равными и входное/выходное напряжение достигнет этого уровня, то устройство запустит тревогу OV вместо события OVD.

5.4.7.1 Следующие команды предназначены только для серий PSB 9000 и PSBE 9000

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

Команды ниже предназначены только для наблюдения в режиме потребителя серии PSB 9000 и содержат дополнительную подсистему (:SINK) для распознавания.

Команда	Описание
SYSTem:SINK:CONFig:UCD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:SINK:CONFig:UCD:ACTioN[?]<NRf>[Unit]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию "Sink: UCD", как конфигурируется в меню
SYSTem:SINK:CONFig:OCD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:SINK:CONFig:OCD:ACTioN[?]<NRf>[Unit]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию "Sink: OCD" как конфигурируется в меню
SYSTem:SINK:CONFig:OPD[?]<NRf>[Unit] SYSTem:SINK:CONFig:OPD:ACTioN[?]<NRf>[Unit]{NONE SIGNAL WARNING ALARM}	Идентично событию "Sink: OPD", как конфигурируется в меню

5.4.8 Команды для настройки ограничений

Настраиваемые ограничения, всеобщие действующие, являются устанавливаемыми границами для значений напряжения, тока, мощности и сопротивления (где имеется). Цель это сужение стандартного диапазона регулировки 0...100% и предотвращение, например, случайной установки слишком высокого напряжения на нагрузку. Существует также защита от перенапряжения (OVP), но будет лучше сперва блокировать нерегулярные значения.

Если установленное значение отправлено на устройство и оно превысит настроенное ограничение, независимо нижней или верхней границы, то устройство проигнорирует его и поставит ошибку в очередь ошибок. В тоже время возможно задать нижнюю настройку ограничения (:LOW) выше, чем относительное заданное значение или наоборот, верхнюю настройку ограничения.

Эти команды связаны с настройкой "Лимиты" и вы можете её отрегулировать в меню настроек вашего устройства (если имеется). Обратитесь к руководству по эксплуатации устройства за подробностями.

Команда	ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
[SOURce]:VOLTage:LIMit:LOW[?]<NRf>[Unit] Идентично значению U-мин, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[SOURce]:VOLTage:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению U-макс, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[SOURce]:CURRent:LIMit:LOW[?]<NRf>[Unit] Идентично значению I-мин, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[SOURce]:CURRent:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению I-макс, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[SOURce]:POWer:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению P-макс, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[SOURce]:RESistance:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению R-макс, как конфигурируется на устройстве	✓	✓	—	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	—	—
SINK:CURRent:LIMit:LOW[?]<NRf>[Unit] Идентично значению "Потр: I-мин", как конфигурируется на устройстве	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—
SINK:CURRent:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению "Потр: I-макс", как конфигурируется на устройстве	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—
SINK:POWer:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению "Потр: P-макс", как конфигурируется на устройстве	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—
SINK:RESistance:LIMit:HIGh[?]<NRf>[Unit] Идентично значению "Потр: R-макс", как конфигурируется на устройстве	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	✓	—

5.4.9 Команды для режима работы ведущий-ведомый

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	✓	—	—	—	—	✓	✓	—

Команды, указанные ниже, используются для удалённой конфигурации и управления режимом ведущий-ведомый (MS). Команды связаны с соответствующими настройками в меню настроек устройства. Подробности о режиме MS можно найти в руководстве по эксплуатации устройства.


Конфигурация и контроль требует определённой процедуры. Применяется общее:

- Конфигурация всегда должна идти первой, но это может быть выполнено на передней панели устройства, и после активации удалённого контроля режима ведущий-ведомый незамедлительно запускается

Команды в таблице ниже показаны в последовательности, в которой их следует использовать (сверху вниз).

5.4.9.1 Команды конфигурации

Конфигурацию MS можно пропустить, если она уже выполнена вручную на HMI устройства или когда-то при удалённом управлении и ничего не изменялось.

Команда	Описание
SYSTem:MS:ENABLE_{ON OFF}	Включает (ON) или выключает (OFF) режим работы ведущий-ведомый (MS)
SYSTem:MS:ENABLE?	Запрашивает, включен ли режим MS или нет
SYSTem:MS:LINK_{MASTER SLAVE} SYSTem:MS:LINK?	Определяет или запрашивает роль устройства в системе MS: MASTER = Устройство будет ведущим блоком SLAVE = Устройство будет ведомым блоком
SYSTem:MS:INITialisation	Начинает инициализацию MS с заданными настройками. Также обратитесь к руководству по эксплуатации устройства. После успешной установки, режим MS можно контролировать командами. Чтобы узнать успешность инициализации, используйте следующие команды:
SYSTem:MS:CONDition?	Запрашивает результат ранней инициализации MS. Возможные возвращаемые значения: INIT = Инициализация была успешной NO INIT = Инициализация не была успешной Инициализация также успешна, если есть только ведущий. Чтобы узнать имеется ли в доступа вся система MS или нет, вам надо запросить число инициализированных блоков от ведущего командой SYST:MS:UNITs? (смотрите ниже). Любое значение отличное от 0 означает, что система MS инициализирована и доступна для контроля.
SYSTem:MS:UNITs?	Запрашивает количество блоков, которые были инициализированы успешно. Число может отличаться от ожидаемого значения, если ведущий не инициализировал одного или несколько ведомых, по любой причине (нет соединения, неверные параметры, двойной адрес и т. д.). Если только ведущий инициализировал себя, команда вернёт 1.
SYSTem:SHARe:LINK_{SLAVE} SYSTem:SHARe:LINK?	Эта команда используется только с электронными нагрузками в двух-квадрантной работе, где предполагается, что они будут ведомыми на шине Share, даже если одна нагрузка это ведущий системы нагрузок ведущий-ведомый. Это работает только если <ul style="list-style-type: none"> • устройство установлено в ВЕДУЩИЙ для ведущий-ведомый и • режим ведущий-ведомый активирован и • устройством является электронная нагрузка, иначе устройство сгенерирует ошибку "Settings conflict". <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">  Эта команда недействительна для устройств серии PSB 9000 и PSBE 9000. </div>

5.4.9.2 Другие команды MS

Команда	Описание
SYSTem:MS:NOMinal:VOLTage?	Запрашивает общее напряжение инициализированной системы MS. Напряжение системы MS возрастёт в последовательном соединении, в сравнении с одним блоком. Последовательно соединение допустимо только для источников питания.
SYSTem:MS:NOMinal:CURRent?	Запрашивает общий ток инициализированной системы MS. Ток системы MS возрастёт в параллельном соединении, в сравнении с одним блоком.
SYSTem:MS:NOMinal:POWer?	Запрашивает общую мощность инициализированной системы MS. Мощность системы MS возрастёт при любом соединении, в сравнении с одним блоком.



Номинальные значения, вычисленные во время процедуры инициализации MS, отличаются от номинальных значений одиночного устройства и поэтому имеют дополнительные команды. Эти значения используются только для режима ведущий-ведомый.

5.4.10 Команды для общих запросов

Здесь приводятся команды для запроса иной информации от устройства, которой не пользуются часто.

Команда	ELR9	ELR5	PS9	PS19	PS15	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
SYSTem:NOMinal:VOLTage? Запрашивает номинал, т.е. максимальное входное/выходное напряжение.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:NOMinal:CURRent? Запрашивает номинал, т.е. максимальный входной/выходной ток.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:NOMinal:POWer? Запрашивает номинал, т.е. максимальную входную/выходную мощность.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:NOMinal:RESistance:MINimum? Запрашивает минимальное значение внутреннего сопротивления. У электронных нагрузок это значение обычно не является нулем.	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	—	—
SYSTem:NOMinal:RESistance:MAXimum? Запрашивает максимальное значение внутреннего сопротивления.	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	—	—
SYSTem:DEvice:CLass? Запрашивает класс устройства и позволяет устройству вернуть значение, которое определяет к какой серии оно относится. Это лёгкий путь различить тип устройства, как электронная нагрузка от источника питания или батарейной зарядки. Смотрите „A1. Классы устройств“	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.4.11 Команды для конфигурации устройства

Команды, указанные ниже, используются для настроек конфигурации устройства. Настройки могут быть частью текущего профиля пользователя (смотрите руководство по эксплуатации устройства). Любая модификация конфигурации требует активации удалённого управления. Эти настройки сохраняются автоматически.

Команда	ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
SYSTem:CONFIg:INPut:REStore[?]{AUTO OFF} SYSTem:CONFIg:OUTPut:REStore[?]{AUTO OFF} Определяет состояние входа/выхода DC после включения устройства. Связано с настройкой устройства DC вход после ВКЛ питания или DC выход после ВКЛ питания AUTO = Вход/выход DC будет сохранён в состояние, каким оно было при последнем отключении устройства OFF = Вход/выход DC всегда будет выключен	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:CONFIg:USER:TEXT<SRD> SYSTem:CONFIg:USER:TEXT? Записывает или запрашивает определённый пользователем текст из до 40 постоянных знаков на устройстве. Этот ряд можно использовать для добавления информации в блок, чтобы отличать его от других идентичных моделей, альтернативно к серийному номеру.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:CONFIg:ANALog:REFeRence_{5 10} SYSTem:CONFIg:ANALog:REFeRence? Выбирает диапазон напряжений для аналоговых входов и выходов аналогового интерфейса. Это не имеет действия на что-либо касательно цифрового удалённого контроля. 5 = Диапазон 0...5 В 10 = Диапазон 0...10 В (заводская настройка)	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:CONFIg:ANALog:REMSB:LEVeL_{NORMAL INVERTED} SYSTem:CONFIg:ANALog:REMSB:LEVeL? Устанавливает как пин REM-SB аналогового интерфейса (смотрите руководство устройства) интерпретируется устройством: NORMAL = Уровень и состояния как описываются (заводская настройка) INVERTED = Уровень и состояния интерпретируются как инвертированные	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:CONFIg:ANALog:REMSB:ACTioN_{OFF AUTO} SYSTem:CONFIg:ANALog:REMSB:ACTioN? Устанавливает действие, которое вызвано использованием пина REM-SB аналогового интерфейса в соединении со входом/выходом DC устройства: OFF = Пин можно использовать только для выключения входа/выхода DC AUTO = Пин можно использовать для выключения и нового включения, если вход/выход DC включался кнопкой на панели управления или цифровой командой	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:CONFIg:MODE_{UIP UIR} SYSTem:CONFIg:MODE? Выбирает режим работы между U/I/P и U/I/R. Оба режима доступны для электронных нагрузок и также для некоторых источников питания. Выбрав U/I/R, регулируемое значение сопротивления (команда [SOURce:]RESistance / SINK:RESistance) разблокируется. Активированный режим U/I/R может быть определён, только на дисплее, показанным значением сопротивления.	✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	✓	✓	—	—

ModBus и SCPI

Команда	ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
[SOURce:]VOLTage:CONTrol:SPEed_{FAST SLOW} [SOURce:]VOLTage:CONTrol:SPEed? Эта команда используется для переключения регулятора внутреннего напряжения силовых модулей электронных нагрузок или устройство, способных работать как нагрузка, между режимами FAST и SLOW (по умолчанию).	✓	✓	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—	—
SYSTem:COMMunicate:PROTOcol:MODBus_{ENABLE DISABLE} SYSTem:COMMunicate:PROTOcol:MODBus? Включает или выключает протокол ModBus на устройстве. Эта настройка сохраняется. После отключения ModBus с этой командой, остальные сообщения ModBus игнорируются, что только команды SCPI будут приниматься. Только один из двух протоколов можно сразу деактивировать.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:COMMunicate:TIMEout_{5...65535} SYSTem:COMMunicate:TIMEout? Определяет время задержки в миллисекундах (заводская установка: 5 мс), это максимальное время, что может пройти между двумя последовательными байтами, перед тем как устройство опознает сообщение как "полностью принятым". Подробности смотрите в секции 3.6. <i>Пометка: применимо только к последовательным интерфейсам (USB, RS232)</i>	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
POWER:STAGE:AFTer:REMOte_{ AUTO OFF } POWER:STAGE:AFTer:REMOte? Определяет каким будет вход/выход DC устройства после выхода из удалённого контроля. AUTO = Остаётся последнее состояние OFF = DC вход/выход будет отключен	✓	—	—	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SYSTem:ALARM:ACTIon:PFAil_{ AUTO OFF } SYSTem:ALARM:ACTIon:PFAil? Определяет каким будет вход/выход DC устройства после тревоги сбоя питания (PF), которую может вызвать сбой питания в электросети или отключение, и после которого устройство сможет продолжить работу автоматически AUTO = Состояние DC входа/выхода до PF сохраняется OFF = DC вход/выход будет отключен	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5.4.11.1 Команды настроек для модулей Anybus

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	✓	—	—	—	—	✓	✓	—

Большинство интерфейсов модулей Anybus можно удалённо конфигурировать, используя команды SCPI, или через порт USB, либо даже через сам интерфейс. Эти настройки всегда сохраняются автоматически.

Команда	Описание
SYSTem:COMMunicate:INTerface:CODE?	Возвращает значение, представляющими код модели установленного интерфейса модуля IF-AB: 5 = Profibus 9 = RS232 16 = CANopen 18 = ModBus TCP 1P 19 = Profinet/IO 1P 20 = Ethernet 1P 21 = Ethernet 2P 22 = ModBus TCP 2P 23 = Profinet/IO 2P 25 = CAN 26 = EtherCAT
SYSTem:COMMunicate:INTerface:TYPE?	Запрашивает имя установленного интерфейса модуля IF-AB

ModBus и SCPI

Команда	Описание																																												
SYSTem:COMMunicate:INTerface:SERial?	Запрашивает серийный номер установленного интерфейс модуля IF-AB																																												
SYSTem:COMMunicate:INTerface:ADDRess_<NR1> SYSTem:COMMunicate:INTerface:ADDRess?	Задаёт адрес Profibus модуля Profibus IF-AB-PBUS или запрашивает его. Допустимый диапазон: 0...125																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:ID?	Запрашивает Profibus ID производителя устройства.																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:FTAG_<SRD> SYSTem:COMMunicate:PROFibus:FTAG?	Задаёт или запрашивает особый Profibus/Profinet „function tag“, ряд до 32 знаков																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:LTAG_<SRD> SYSTem:COMMunicate:PROFibus:LTAG?	Задаёт или запрашивает особый Profibus/Profinet „location tag“, ряд до 22 знаков																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:DATE_<SRD> SYSTem:COMMunicate:PROFibus:DATE?	Задаёт или запрашивает особый Profibus/Profinet „date tag“, ряд даты/времени до 40 знаков																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:DESCRiption_<SRD> SYSTem:COMMunicate:PROFibus:DESCRiption?	Задаёт или запрашивает особый Profibus/Profinet „description“ тег, ряд до 54 знаков																																												
SYSTem:COMMunicate:PROFibus:NAME_<SRD> SYSTem:COMMunicate:PROFibus:NAME?	Задаёт или запрашивает особый Profibus/Profinet „station name“, ряд до 200 знаков																																												
SYSTem:COMMunicate:INTerface:BAUD_<NR1> SYSTem:COMMunicate:INTerface:BAUD?	<div>Задаёт или запрашивает скорость шины, т.е. скорость передачи данных интерфейс модулей CANopen и RS232. Устройство просто сохранит значение. Это значит, сохранив значение 3 и установив CANopen, будет скорость 100 кбит/с и 19200 Бод с установленным модулем RS232.</div> <table><tr><th>Значе-ние</th><th>CANopen</th><th>CAN</th><th>RS232</th></tr><tr><td>0</td><td>10 кбит/с</td><td>10 кбит/с</td><td>2400 Бод</td></tr><tr><td>1</td><td>20 кбит/с</td><td>20 кбит/с</td><td>4800 Бод</td></tr><tr><td>2</td><td>50 кбит/с</td><td>50 кбит/с</td><td>9600 Бод</td></tr><tr><td>3</td><td>100 кбит/с</td><td>100 кбит/с</td><td>19200 Бод</td></tr><tr><td>4</td><td>125 кбит/с</td><td>125 кбит/с</td><td>38400 Бод</td></tr><tr><td>5</td><td>250 кбит/с</td><td>250 кбит/с</td><td>57600 Бод</td></tr><tr><td>6</td><td>500 кбит/с</td><td>500 кбит/с</td><td>115200 Бод</td></tr><tr><td>7</td><td>800 кбит/с</td><td>1 мбит/с</td><td>-</td></tr><tr><td>8</td><td>1 мбит/с</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>9</td><td>Авто</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	Значе-ние	CANopen	CAN	RS232	0	10 кбит/с	10 кбит/с	2400 Бод	1	20 кбит/с	20 кбит/с	4800 Бод	2	50 кбит/с	50 кбит/с	9600 Бод	3	100 кбит/с	100 кбит/с	19200 Бод	4	125 кбит/с	125 кбит/с	38400 Бод	5	250 кбит/с	250 кбит/с	57600 Бод	6	500 кбит/с	500 кбит/с	115200 Бод	7	800 кбит/с	1 мбит/с	-	8	1 мбит/с	-	-	9	Авто	-	-
Значе-ние	CANopen	CAN	RS232																																										
0	10 кбит/с	10 кбит/с	2400 Бод																																										
1	20 кбит/с	20 кбит/с	4800 Бод																																										
2	50 кбит/с	50 кбит/с	9600 Бод																																										
3	100 кбит/с	100 кбит/с	19200 Бод																																										
4	125 кбит/с	125 кбит/с	38400 Бод																																										
5	250 кбит/с	250 кбит/с	57600 Бод																																										
6	500 кбит/с	500 кбит/с	115200 Бод																																										
7	800 кбит/с	1 мбит/с	-																																										
8	1 мбит/с	-	-																																										
9	Авто	-	-																																										
SYSTem:COMMunicate:CAN:BROadcast_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:BROadcast?	Задаёт CAN вещательный ID для нормальной коммуникации CAN. Допустимый диапазон: 0...2047 (11 бит) и 0...536870911 (29 бит)																																												
SYSTem:COMMunicate:CAN:DLC_{AUTO FILL} SYSTem:COMMunicate:CAN:DLC?	<div>Настройка длины данных CAN на ответные сообщения от устройства.</div> <div>AUTO = число байт данных в сообщении CAN от устройства (ответ) варьируется согласно использованной команде/регистру (по умолчанию)</div> <div>FILL = число байт данных в сообщении CAN всегда 8, заполнено нулями</div>																																												
SYSTem:COMMunicate:CAN:FORMat_{BASE EXT} SYSTem:COMMunicate:CAN:FORMat?	<div>Выбирает формат адреса CAN.</div> <div>BASE = 11 Бит (CAN 2.0A) (по умолчанию)</div> <div>EXT = 29 Бит (CAN 2.0B)</div>																																												
SYSTem:COMMunicate:CAN:NODE_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:NODE?	Задаёт CAN базовый ID для нормальной коммуникации CAN. Допустимый диапазон: 0...2047 (11 бит) resp. 0...536870911 (29 бит)																																												
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:NODE_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:NODE?	<div>Задаёт CAN базовый ID для циклического чтения над CAN. Также сморите секцию 8.3.5.</div> <div>Допустимый диапазон: 0...2047 (11 бит) и 0...536870911 (29 бит)</div>																																												

Команда	Описание
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:ACTual_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:ACTual?	Определяет интервал (в миллисекундах) циклического чтения актуальных значений устройства (U, I, P) над CAN интерфейсом IF-AB-CAN. Также смотрите секцию 8.3.5. Допустимый диапазон параметров: 0 или 20...5000 (0 = циклическое чтение для этого объекта деактивировано)
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:ALIMits_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:ALIMits?	Определяет интервал (в миллисекундах) циклического чтения настраиваемых ограничений устройства для U и I над CAN интерфейсом IF-AB-CAN. Также смотрите секцию 8.3.5. Допустимый диапазон параметров: 0 или 20...5000 (0 = циклическое чтение для этого объекта деактивировано)
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:BLIMits_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:BLIMits?	Определяет интервал (в миллисекундах) циклического чтения настраиваемых ограничений устройства для P и R над CAN интерфейсом IF-AB-CAN. Также смотрите секцию 8.3.5. Допустимый диапазон параметров: 0 или 20...5000 (0 = циклическое чтение для этого объекта деактивировано)
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:SETS_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:SETS?	Определяет интервал (в миллисекундах) циклического чтения устанавливаемых значений устройства (U, I, P, R) над CAN интерфейсом IF-AB-CAN. Также смотрите секцию 8.3.5. Допустимый диапазон параметров: 0 или 20...5000 (0 = циклическое чтение для этого объекта деактивировано)
SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:STAT_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:READ:STAT?	Определяет интервал (в миллисекундах) циклического чтения статуса устройства над CAN интерфейсом IF-AB-CAN. Также смотрите секцию 8.3.5. Допустимый диапазон параметров: 0 или 20...5000 (0 = циклическое чтение для этого объекта деактивировано)
SYSTem:COMMunicate:CAN:SEND:NODe_<NR1> SYSTem:COMMunicate:CAN:SEND:NODe?	Задаёт CAN base ID для циклической отправки. Также смотрите секцию 8.3.2. Допустимый диапазон: 0...2047 (11 бит) или 0...536870911 (29 бит)
SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination_{ON OFF} SYSTem:COMMunicate:CAN:TERMination?	Переключает интегрированный резистор окончания шины CAN между ON и OFF

5.4.11.2 Команды настроек для интерфейса Ethernet

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Команды ниже относятся к любому порту интерфейса Ethernet, неважно встроенный или модульный. Исключения только SYST:COMM:LAN:1SPEED и SYS:COMM:LAN:2SPEED, которые поддерживаются модулем Anybus, тогда как эти параметры у встроенных портов установлены в AUTO.

Команда	Описание
SYSTem:COMMunicate:LAN:DHCP[?]{ON OFF}	Активирует (=ON) или деактивирует (=OFF) функциональность DHCP устройств с Ethernet. По умолчанию OFF, используется IP, заданный командой :ADDR выше.
SYSTem:COMMunicate:LAN:ADDReSS[?]{<SRD>}	Запрашивает или задаёт IP адрес сетевого порта. Этот IP используется каждым модулем Ethernet. При установке IP, ряд должен быть в типичном формате: 192.168.0.2

ModBus и SCPI

Команда	Описание
SYSTem:COMMunicate:LAN:SMASK[?]<SRD>	Запрашивает или задаёт маску подсети сетевого порта. Эта маска подсети используется каждым модулем Ethernet. Формат такой же как IP.
SYSTem:COMMunicate:LAN:GATEway[?]<SRD>	Запрашивает или задаёт адрес шлюза сетевого порта. Эта маска шлюза используется каждым модулем Ethernet. Формат такой же как IP. Этот адрес часто не используется и его можно оставить IP по умолчанию.
SYSTem:COMMunicate:LAN:MAC?	Запрашивает MAC установленного интерфейса Ethernet. Если нет установленного модуля Ethernet, будет сгенерировано ошибка.
SYSTem:COMMunicate:LAN:CONTRol[?]{0...65535}	Запрашивает или задаёт текущий порт TCP, который используется всеми модулями Ethernet. Порт по умолчанию 5025 и используется для коммуникации SCPI и ModBus. Интерфейс Ethernet может создавать другие порты, но они не модифицируются.
SYSTem:COMMunicate:LAN:HOSTname[?]<SRD>	Запрашивает или задаёт имя хоста. Это простой ASCII ряд из до 54 знаков.
SYSTem:COMMunicate:LAN:DOMain[?]<SRD>	Запрашивает или задаёт имя домена. Это простой ASCII ряд из до 54 знаков. Домен можно использовать для выбора и доступа к определённому устройству в сети без знания IP адреса.
SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS1[?]<SRD> SYSTem:COMMunicate:LAN:DNS2[?]<SRD>	Запрашивает или задаёт сетевые адреса первого (DNS1, любой порт Ethernet) и второго (DNS2, только с IF-AB на 2 порта) сервера, если требуется.
SYSTem:COMMunicate:LAN:1SPEed[?]{AUTO 10HALF 10FULL 100HALF 100FULL} SYSTem:COMMunicate:LAN:2SPEed[?]{AUTO 10HALF 10FULL 100HALF 100FULL}	Только для модулей IF-AB Ethernet (ETH, PNET, MBUS). Задаёт скорость коммуникации сетевых портов интерфейса модулей IF-AB-ETH1P (1 порт) и IF-AB-ETH2P (2 порта): AUTO = Автосогласование 10HALF = 10МБит, полудуплекс 10FULL = 10МБит, полный дуплекс 100HALF = 100МБит, полудуплекс 100FULL = 100МБит, полный дуплекс
SYSTem:COMMunicate:LAN:TIMEout[?]{0 5...65535}	Определяет задержку времени соединения сокета для всех основанных на Ethernet интерфейсов. Так же смотрите „3.7. Задержка соединения“. Установка этого в 0 отключит задержку. По умолчанию: 5 секунд
SYSTem:COMMunicate:LAN:KEEPAlive[?]{ON OFF}	Включает / выключает "TCP keep-alive" сетевого соединения устройства. Смотрите также „3.7. Задержка соединения“. По умолчанию: OFF

5.4.12 Команды для удалённого контроля генератора функций

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	—	✓	✓	—



Данные секвенций и табличные данные, которые вы можете записать через команды SCPI, **не сохраняются** в устройстве.

Генератор функций является комплексной частью опций управления устройством. Его можно удалённо конфигурировать и контролировать установкой команд SCPI. При управлении менеджером функций на панели управления устройства, требуется определённая процедура установки перед заданием актуальной стартовой точки. Одиночные команды не могут исполнять процедуру, это остаётся за пользователем, использовать их в корректной последовательности. Что делать:

1) Вам необходимо сконфигурировать генератор функций. Одна из первых вещей это выбрать тип генератора функций. Следующие шаги зависят от вашего выбора. Имеется их два: XY и произвольный. Генератор функций XY обычно используется только для функций UI и IU, произвольный генератор используется для других функций как волны форм синуса, квадрата и т.д.

2) Если вы будете использовать произвольный генератор, то есть другая часть, где вы сперва выбираете к какому значению входа/выхода DC применить функцию, напряжение (U) или ток (I). Мощность (P) недоступна для генерации волны. Как третья часть установок, вам следует задать количество секвенций. Этого не происходит автоматически при заполнении определённого числа секвенций с данными, что выполняется позднее. Если вы будете использовать генератор XY, то есть другая часть, где следует выбрать кривую генератора U-I или I-U. В зависимости от этой установки, будут интерпретироваться значения, которые вы запишете в таблицу. Без такого выбора устройство не будет принимать табличные значения.

3) Теперь секвенции можно заполнить данными. Произвольный генератор может использовать X из 99 секвенций, которые записываются каждая тремя командами. Количество секвенций варьируется, но минимум 1. Генератор XY, с другой стороны, должен быть заполнен 4096 значениями, которые интерпретируются или как напряжение для функции UI, или ток для функции IU, в зависимости от того, что выбрано на шаге 2.

После этого, генератор функций полностью сконфигурирован и его можно запускать.



При подтверждении данных кривой, она загружается во внутренний буфер, это занимает некоторое время перед принятием команды. Мы рекомендуем ожидать 2 секунды после подтверждения данных и перед следующей командой.

5.4.12.1 Обзор функций

Набор функций генератора функций не одинаковый у всех серий, имеющих генератор функций. Этот обзор показывает какая серия поддерживает какую функциональность:

	ELR9	PSI9	DT	PSIT	PSB
Произвольный генератор (VOLTage, CURRent)	✓	✓	✓	✓	✓
XY генератор (UI, IU, PV, FC)	✓	✓	—	—	—

5.4.12.2 Конфигурация генератора функций

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:SElect_{VOLTAGE CURRENT UI IU PV NONE} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:SElect?	Выбор типа генератора функций: VOLTage = Произвольный генератор для U CURRent = Произвольный генератор для I UI = XY генератор для кривой U-I (тоже FC) IU = XY генератор для кривой I-U PV = XY генератор для кривой PV NONE = Выход из генератора функций
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:START_{1..99} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:START?	Только произвольный генератор Определяет старт, т.е. первую секвенцию (1...99) или запрашивает последнюю установку. Если используется только одна секвенция, то должно быть :START = :END . Секвенции, что будут использоваться должны быть заполнены данными перед их утверждением.

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:END_{1..99} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:END?	Только произвольный генератор Определяет конец, т.е. последнюю секвенцию или запрашивает последнюю установку. Если используется только одна секвенция, то должно быть :START = :END.
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:NUMBER {0..999} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:NUMBER?	Только произвольный генератор Определяет как часто блок секвенций от :START до :END циклирует, или запрашивает последнюю установку. 0 = бесконечный цикл 1..999 = количество циклов

5.4.12.3 Загрузка данных секвенции (произвольный генератор)

Данные секвенции можно отправлять на устройство только после его перевода в режим генератора функций, что также задаёт назначение произвольного генератора на U или I.

Функция может состоять от 1 до 99 секвенций, так что одна секвенция это полная функция или её часть. При запуске, генератор функций начнёт исполнять секвенции от стартовой до конечной, как задано пользователем. При варьированности секвенций, итоговая функция может получиться комплексной. Данные секвенций загружаются в устройство тремя командами и в определённом порядке, как здесь:

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:LEVel_{1...99} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:LEVel?	1. Выбирает секвенцию (схоже при доступе HMI) для записи или запрашивает выбранное количество секвенций.
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:INDEx_{0...7} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:INDEx?	2. Для выбранной секвенции, набор параметров можно конфигурировать. Эта команда выбирает параметр между 0 и 7 значением INDEX. Следующая команда (:DATA), используется тогда для записи значения. Индексы разъясняются ниже. Можно также использовать для запроса текущего индекса.
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:DATA_{NRf}> [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:DATA?	3. Запишет значение, например частоту, ранее выбранного параметра, как часть секвенции. Можно также использовать для запроса последнего значения.
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:SUBmit	4. Утверждает все данные. Без отправки это команды, ГФ запустится, но всеми значениями нули.



Начальные и конечные значения AC и DC имеют зависимость друг от друга. Практическое правило: использование части AC требует сперва установки значений DC, иначе значения AC не будут приняты устройством и в буфере ошибок SCPI появится ошибка. Значения DC (начальное, конечное) не должны быть меньше, чем относительные значения AC (начальное, конечное).

Может быть полезным чтение значения, которое записано на устройство, чтобы сверить принято оно или нет. Альтернативно вы можете считать очередь ошибок.

При ручной регулировке параметров произвольного генератора функций на панели управления устройства, они ограничиваются так, что итоговый сигнал будет работать как ожидается. Но здесь, в удалённом контроле, не будет проверки и есть зависимость от пользователя в написании корректных значений.

Например, индекс 0 связан с индексом 5, так как значение DC это базовая линия амплитуды AC. Это значит, если вы, к примеру, желаете достигнуть синус волны амплитудой 5 А на входном токе DC электронной нагрузки, тогда базовая линия итоговой синус волны должны быть минимум 5 А, иначе негативная волна будет привязана к 0. Индексы 5 и 6 являются настраиваемыми офсетом, которые смещают базу волны AC на оси Y. Так, значения в индексах 5 и 6 должны быть минимум такими же высокими как индекс 0 или 1, но они также могут быть выше. Смотрите рисунки ниже.

В отношении регулировок функции как они могут производиться на передней панели устройства, следующие индексы являются выбираемыми и считываемыми/записываемыми с субкомандой :DATA.

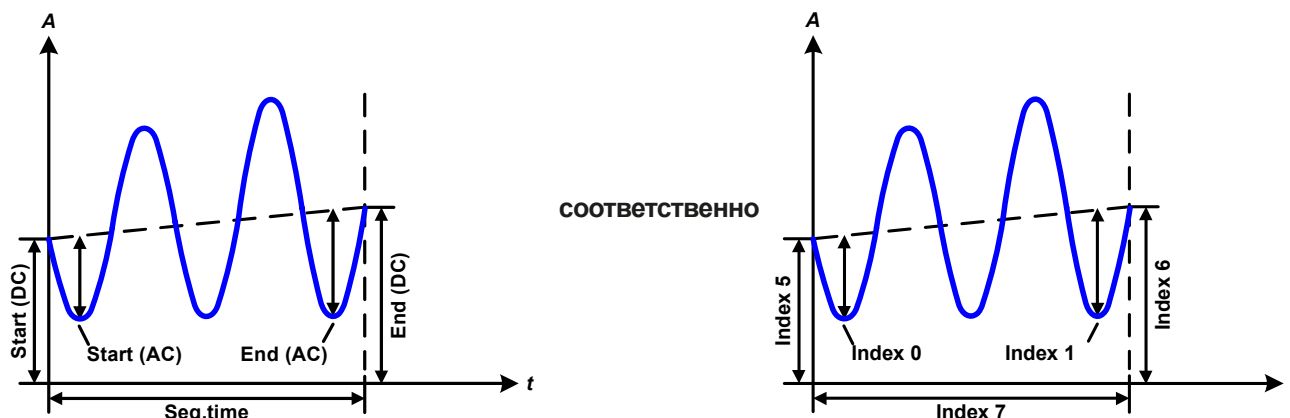
Индекс	Параметр	Диапазон значений	Пометка
0	Стартовое значение (АС часть) в А или В	0...Номин. значение U или I	Только для АС части
1	Конечное значение (АС часть) в А или В	0...Номин. значение U или I	Только для АС части
2	Стартовая частота в Гц (целое число)	0...1000	Только для АС части
3	Конечная частота в Гц (целое число)	0...1000	Только для АС части
4	Стартовый угол в ° (целое число)	0...359	Только для АС части
5	Стартовое значение (DC часть) в А или В	0...Номин. значение U или I	Только для DC части
6	Конечное значение (DC часть) в А или В	0...Номин. значение U или I	Только для DC части
7	Время секвенции в секундах	0.0001...36000	



Если стартовое и конечное значения (индексы 0+1 и индексы 5+6) не равны, устройство ожидает определённое минимальное изменение $\pm 0.058\%/с$ или $\pm 9.3 Гц/с$ для стартовой и конечной частот (индексы 2+3) над временем секвенции. Таким образом, например, невозможно входному току расти на 1 А за 1 с (рампа), так как это явно превысит разрешение внутренне установленного значения.

Другое пример: время секвенции задано 2 с, стартовая частота 1 Гц, тогда конечная частота 10 Гц не будет принята, потому что разница только 9 Гц/с, а если стартовая частота 30 Гц и конечная частота 5 Гц, то подойдёт.

Назначение параметров проиллюстрировано примером кривой:



5.4.12.4 Загрузка табличных данных (XY генератор)

Генератор XY основан на таблице из 4096 значений на 0...125% ссылочного физического значения. Ожидается запись полной таблицы. Обратитесь к руководству по эксплуатации устройства о подробностях генератора функций XY.

Важно решить, таблица будет использоваться для функции UI или IU, потому что устройство интерпретирует эти 4096 значений или как значения напряжения или тока. Например, таблица может содержать значения до 170 А для устройства ELR 9080-170 на 80 В/170 А, что будет принято для функции IU, но не для UI, так как таблица интерпретировалась бы как значения напряжения, где 80 В это максимум и это привело бы к неверным результатам.

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENErator:XY:LEVel_{0...4095}	1. Выбирает один из 4096 элементов в таблицу для записи или возврата выбранного числа входа.
[SOURce:]FUNCtion:GENErator:XY:DATA_<Nr> [SOURce:]FUNCtion:GENErator:XY:DATA?	2. Пишет значение с :LEVel, например значение напряжения, на выбранный ранее вход в таблицу или возвращает значение.
[SOURce:]FUNCtion:GENErator:XY:SUBmit	3. Утверждает данные, которые были записаны. Может быть любое число из макс. 4096 входов. Остаток тогда будет 0. После этого функцию можно запускать.

5.4.12.5 Контроль генератора функций XY

После конфигурации генератора XY и после загрузки всех необходимых табличных данных, его можно запустить простым включением входа/выхода DC на устройстве. Этот ход функции может остановить только сигнал тревоги устройства или остановка пользователем.

5.4.12.6 Контроль произвольного генератора функций

В противоположность генератору XY, где кривая становится активной незамедлительно при включении входа/выхода DC, а произвольный генератор требует запуска управления командой. Работу генератора нельзя приостановить. Это значит, если функция остановлена, неважно по какой причине, следующий запуск начнётся с начала, с первой секвенции.

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:STATe {RUN STOP} [SOURce:]FUNCtion:GENerator:WAVE:STATe?	Запускает/останавливает произвольный генератор функций или запрашивает STAT.

5.4.12.7 Специальная функция: PV (фотовольтаика)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Функция фотовольтаики (PV), доступная в генераторе функций серии PSI 9000 2U-24U использует стандартный XY генератор для расчёта полной таблицы из 4096 значений для генератора функций XY из набора только четырёх значений (напряжение открытого контура Uoc, ток короткого замыкания Isc, напряжение и ток точки максимальной мощности Umpp/Impp). Во время хода функции, значение излучения, которое симулирует различные световые ситуации, можно настраивать:

Команда	Описание
[SOURce:]IRRadiation_<NR1> [SOURce:]IRRadiation?	Настраивает или запрашивает значение излучения во время симуляции солнечно панели в диапазоне {0...100} процентов, которое воздействует на постоянный ток и смещает MPP на оси Y

При удалённом контроле через SCPI или ModBus, функция PV поддерживается частично. Применяются следующие ограничения:

- Нет команд для генерирования итоговой кривой из четырёх параметров
- Нет команд для ввода этих четырёх параметров удалённо

У вас есть две опции для расчёта таблицы XY при её использовании в удалённом контроле:

1. Вы делаете это внешне и затем загружаете все данные в устройство.
2. Вы используете HMI, вводите четыре параметра, даёте время на расчёт таблицы и передачу данных во внутреннюю схему регулирования, затем покидаете генератор функций и запускаете удалённое управление. С такой опцией вы можете командами считать всю таблицу из устройства и сохранить её в файл и позже пользоваться или напрямую сохранить функцию в файл из HMI, используя порт USB.

Если устройство уже находится в удалённом управлении и таблица XY для функции PV уже рассчитана, и данные доступны, можно использовать следующую процедуру:

► Как настроить устройство для функции PV

Ном.	Команда	Описание
1	FUNC:GEN:SEL PV	Выбирает функцию PV для генератора XY. Отправкой этой команды устройство перейдёт в режим генератора функций
2	FUNC:GEN:XY:LEVEL 0	Запишите все таблицы XY, т.е. данные функции PV на устройство
3	FUNC:GEN:XY:DATA 150	
...		
8192	FUNC:GEN:XY:LEVEL 4095	
8193	FUNC:GEN:XY:DATA 0	Подтвердите все данные
8194	FUNC:GEN:XY:SUB	

После подтверждения всех данных, необходимо немного подождать (около 1 секунды) перед началом запуска функции. Опционально, если это не выполнено, установите дополнительные глобальные ограничения как напряжение и мощность либо в максимум, или в другое значение, которое не прервёт ход функции PV:

Ном.	Команда	Описание
8195	VOLT MAX	Задаёт напряжение в максимум, независимо от модели
8196	POW MAX	Задаёт мощность в максимум, независимо от модели

ModBus и SCPI

После установки всего, вы можете запустить функцию и контролировать симуляцию и излучение. Излучение затем действует как фактор, который переумножается на значение тока, считанного из таблицы, что изменение этого значения двигает точку вертикально по оси Y. Все иллюстрации кривой PV, можно посмотреть в руководстве по эксплуатации серии PSI 9000.

► Как управлять устройством во время хода функции PV

Ном.	Команда	Описание
8197	OUTP ON	Включает выход DC вашего устройства для запуска функции
8198	IRR 85	Задаёт излучение в 85% или в любое другое значение между 0 и 100
8199	OUTP OFF	Выключает выход DC вашего устройства для остановки функции
8200	FUNC:GEN:SEL NONE	Параметр NONE не выбирает тип генератора функций и покидает этот режим

5.4.12.8 Специальная функция: FC (топливный элемент)

ELR9	EL9	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Функция топливного элемента (FC), доступная с генератором функций серии PSI 9000 2U-24U использует стандартный XY генератор для расчёта полной таблицы из 4096 значение для генератора функций XY из набора четырёх поддерживаемых точек (P1-P4) на кривой симуляции топливного элемента. Во время хода функции нельзя ничего настраивать относительно симуляции FC. В удалённом управлении через SCPI или ModBus RTU, функция FC поддерживается только использованием генератора XY. Применяются следующие ограничения:

- Нет команд для генерирования итоговой кривой из четырёх точек
- Нет команд для ввода этих четырёх параметров удалённо

У вас есть две опции для расчёта таблицы XY при её использовании в удалённом контроле:

1. Вы делаете это внешне и затем загружаете все данные в устройство. Можно использовать процедуру установки XY генератора, которое описывается в „5.5.2.2. Последовательность команд для XY генератора“. Подробности о функции FC можно посмотреть в руководстве по эксплуатации серии PSI 9000.
2. Вы используете HMI, вводите четыре точки, даёте время на расчёт таблицы и передачу данных во внутреннюю схему регулирования, затем покидаете генератор функций и запускаете удалённое управление. С такой опцией вы можете командами считать всю таблицу из устройства и сохранить её в файл и позже пользоваться или напрямую сохранить функцию в файл из HMI, используя порт USB.

5.4.13 Команды для удалённого управления генератором секвенций

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



Данные секвенций записанные командами SCPI постоянно хранятся внутри устройства и связаны с данными секвенций, которые вы можете редактировать на передней панели (HMI).

Генератор секвенций серии ELR/ELM 5000 является упрощённой версией произвольного генератора функций других серий, но оперирование им почти идентично.

При управлении генератором секвенций на передней панели устройства, необходимо осуществить определённую процедуру перед переходом к актуальной начальной точке. Одиночные команды не вводят в действие эту процедуру, поэтому это остаётся за пользователем использовать их в корректной последовательности. Что делать:

- 1) Сконфигурируйте генератор секвенций. Имеется два пункта. Первый это загрузить данные точек секвенций, по меньшей мере, если отличные от хранящихся настроек будут использоваться. Второй это настройки, как начальная точка секвенции и т.п., их всегда рекомендуется конфигурировать.
- 2) Запустите и контролируйте генератор секвенций.

5.4.13.1 Конфигурация генератора секвенций

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:START_{1..100} [SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:START?	Определяет точку секвенции (1...100) для запуска от неё или запрашивает последнюю настройку. Если используется только одна точка секвенции, то должно быть так START = :END . Используемые точки секвенции должны быть заполнены данными перед их использованием.
[SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:END_{1..100} [SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:END?	Определяет точку секвенции (1...100) для остановки или запрашивает последнюю настройку. Если используется только одна точка секвенции, то должно быть так :START = :END .
[SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:NUMBER_{0..999} [SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:NUMBER?	Определяет, как часто циклирует блок секвенций от :START до :END или запрашивает последнюю настройку. 0 = бесконечный цикл 1...999 = количество циклов

5.4.13.2 Контроль произвольного генератора секвенций

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:STATE[?]{RUN STOP} [SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:STATE?	Запускает/останавливает генератор секвенций или запрашивает состояние. При запуске генератора в удалённом управлении, дисплей автоматически перейдёт в режим генератора секвенций.

5.4.13.3 Загрузка данных точек секвенции

Данные секвенции всегда можно отправлять на устройство пока вход DC выключен. Специальный режим не должен быть активирован прежде.

Какие из 100 точек секвенций будут заполнены данными, определяется пользователем, а также точка старта, остановки и количество циклов всей секвенции. Блок точек секвенции может быть произвольного размера. Исполнение точек секвенции, в то время как они не были заполнены данными, приведёт к минимальному перерыву точек в 300 мс, вместе со значениями U и I нули в этот момент.

Команды для загрузки точек данных секвенции:

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:LEVEL_{1...100} [SOURce:]FUNCTION:GENerator:WAVE:LEVEL?	Выбирает точку секвенции (схоже с доступом HMI) для записи или запрашивает число выбранных точек секвенции

Команда	Описание
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:WAVE:INDEX {0...3} [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:WAVE:INDEX?	Набор из четырёх параметров для конфигурации, для выбранных точек секвенции. Эта команда выбирает параметр между 0 и 3 при помощи :INDEX. Следующая команда (:DATA) используется затем для записи значения. Индексы разъясняются ниже. Можно использовать для запроса текущего индекса.
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:WAVE:DATA <value> [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:WAVE:DATA?	Записывает значение на ранее выбранный параметр как на часть формирования точек секвенции. Можно использовать для запроса последнего значения.

Эти команды будут повторяться для загрузки каждой точки секвенции. При использовании всего набора из 100 секвенций потребуется отправка 900 команд, смотрите шаги 1-9 в примере ниже.

В отношении регулировок функции, как они выполняются на передней панели устройства, следующие параметры выбираются при помощи :INDEX и считываются/записываются при помощи :DATA.

Индекс	Параметр	Диапазон значений
0	Точка значения напряжения в Вольтах	0...Номинальное значение напряжения
1	Точка значения тока в Амперах	0...Номинальное значение тока
2	Точка значения мощности в Ваттах	0...Номинальное значение мощности
3	Время точки секвенции в секундах	0.300...36000.000 (т.е. 300 мс...10 ч), ширина шага 1 мс



Если любое из трёх значений не записаны, сохраняется последнее значение. Рекомендуется всегда задавать все три значения для обеспечения результата секвенции.



Настройки ограничений на HMI (Лимиты) здесь не применяются.

5.4.13.4 Пример команды секвенции

Предположение: источник должен быть выдать 20 А на 60 секунд. А так как нагрузочный модуль ELM 5000 может принять только 320 Вт, входное напряжение не должно превысить 16 В для запуска, иначе мощность будет ограничена уменьшающимся входным током ниже запрограммированного значения. Мощность устанавливается в максимум.

Но.	Команда	Описание
1	FUNC:GEN:WAVE:LEV 12	Выбирает 12 точку секвенции для записи значений, в этом примере только эта точка будет записана и использована для запуска.
2	FUNC:GEN:WAVE:IND 0	Выбирает индекс 0: Устанавливаемое значение напряжения
3	FUNC:GEN:WAVE:DATA 0	Задаёт напряжение для точки 12 в 0 В. Можно 0...80 В для модели 80 В. Для электронных нагрузок, напряжение вторично и, при планировании режима CC, задаётся в 0.
4	FUNC:GEN:WAVE:IND 1	Выбирает индекс 1: Устанавливаемое значение тока
5	FUNC:GEN:WAVE:DATA 20	Задаёт ток для точки 12 в 20 А. Можно 0...25 для модели 80 В.
6	FUNC:GEN:WAVE:IND 2	Выбирает индекс 2: Устанавливаемое значение мощности
7	FUNC:GEN:WAVE:DATA 320	Задаёт мощности для точки 12 в 320 Вт. Если общая мощность не ограничивается менее номинальной для всей секвенции, то требуется установить каждую точку секвенции в максимум, потому что нет глобального значения мощности для секвенции.
8	FUNC:GEN:WAVE:IND 3	Выбирает индекс 3: Время
9	FUNC:GEN:WAVE:DATA 60	Задаёт эффективное время значений точки секвенции 12 в 60 с или 1 минуту.
10	FUNC:GEN:WAVE:SUBMIT	Подтверждает все данные секвенции
11	FUNC:GEN:WAVE:START 12	Задаёт первую точку секвенции на 12
12	FUNC:GEN:WAVE:END 12	Задаёт последнюю точку секвенции на 12
13	FUNC:GEN:WAVE:NUM 1	Задаёт 1 цикл, т.е. без повторов

ModBus и SCPI

Результат это настройки: при запуске генератора секвенций, неважно был ли вход DC уже включен, электронная нагрузка установит значения точки секвенции 12 (0 В, 20 А, 320 Вт) и включит вход DC. Нагрузка затем примет 20 А на период 60 секунд. По истечении 60 секунд, генератор секвенций автоматически остановится после 1 цикла. С включенным входом DC, после остановки секвенции, нагрузка продолжит потреблять 20 А. Что нежелательно.

Чтобы ток был нулём после окончания хода секвенции, должна быть сконфигурирована другая точка секвенции. Цепь команд, как показано выше, изменилась бы после шага 9 вот так:

Но.	Команда	Описание
10	FUNC:GEN:WAVE:LEV 13	Выбирает 13 точку секвенции для записи значений
11	FUNC:GEN:WAVE:IND 1	Выбирает индекс 1: Устанавливаемое значение тока
12	FUNC:GEN:WAVE:DATA 0	Задаёт ток для точки секвенции 13 в 0 А
13	FUNC:GEN:WAVE:SUBMIT	Подтверждает все данные секвенции
14	FUNC:GEN:WAVE:START 12	Задаёт первую точку секвенции на 12
15	FUNC:GEN:WAVE:END 13	Задаёт последнюю точку секвенции теперь на 13
16	FUNC:GEN:WAVE:NUM 1	Задаёт 1 цикл, т.е. без повторов

Значение напряжения и времени точки секвенции 13 неважно. Генератор секвенций остановится после точки 13 при 0 А и включенном входе DC. А так как нет текущего тока, это состояние рассматривается как отключенный вход.

5.4.14 Команды удалённого контроля функцией MPP слежение

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	✓	—	—	—	—	✓(1)	—	—	✓	✓	—	—

(1 Нет у PSI 9000 DT

Максимальная Точка Мощности (MPP) слежение это использование инвертеров для солнечных панелей. MPP слежение эмулирует поведение слежения таких инвертеров. Сама функция, её режимы и настройки описываются в руководстве по эксплуатации устройства. Здесь разъясняются только соответствующие команды для удалённой настройки и контроля.

5.4.14.1 Конфигурация MPP слежения

Конфигурация выполняется 14 индексами и специальными :DATA командами:

Команда	Описание
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 0 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] {MPP1 MPP2 MPP3 MPP4}	Индекс 0: Выбор режима MPP слежения MPP1: MPP слежение режим 1 (Find MPP) MPP2: MPP слежение режим 2 (Track) MPP3: MPP слежение режим 3 (Fast track) MPP4: MPP слежение режим 4 (User curve)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 1 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 1: Задаёт напряжение открытого контура Uoc (0-Уном)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 2 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 2: Задаёт ток короткого замыкания Isc (0-Ином)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 3 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 3: Задаёт лимит напряжения для режима 3 fast track Ump (0-Уном)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 4 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 4: Задаёт лимит тока для режима 3 fast track Imp (0-Ином)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 5 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 5: Задаёт MPP для режима 3 Pmp (0-Рном)
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 6 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 6: Задаёт ΔP (в Ваттах), разница с MPP выше, что слежение начинает снова искать MPP 0-50 Вт
[SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:INDEX 7 [SOURce:]FUNCtion:GENerator:MPP:DATA?	Индекс 7: результат MPP Читает три значения (Uакт, Iакт, Pакт), которые определяют MPP (режимы 1, 2 и 4)

Команда	Описание
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 8 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:LEVEL[?] {1-100} [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA[?] <value>	Индекс 8: Задаёт напряжение для режима 4 1-100: Выбор значения для установки Set value (0-Unom)
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 9 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:LEVEL[?] {1-100} [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA?	Индекс 9: Измеряет результат режима 4 Выбирает измеренные данные для чтения Чтение данных (три значения: Uакт, Iакт, Pакт)
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 10 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA[?] {5-60000}	Индекс 10: Пошаговый интервал регулирования для режима 4 или для следующего действия сле- жения в другом режиме (этот параметр доступен только в удалённом контроле; при ручном контр- оле устанавливается в минимум) 5-60000 мс
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 11 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA[?] {1-100}	Индекс 11: Начальное число для режима 4 зна- чений напряжения задаёт индексом 8 Задание начального числа
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 12 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA[?] {1-100}	Индекс 12: Конечное число для режима 4 значе- ний напряжения задаёт индексом 8 Задание конечного числа
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:INDEX 13 [SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:DATA[?] {0-65535}	Индекс 13: Количество повторов для режима 4 Повторы сканирования

5.4.14.2 Контроль за MPP слежением

MPP слежение начинается и останавливается отдельной командой. Независимо от состояния входа DC устройства, она автоматически включит вход DC при отправке RUN.

Команда	Описание
[SOURCE:]FUNCTION:GENerator:MPP:STATE[?] {RUN STOP}	RUN = Запускает MPP слежение в конфигуриро- ванном режиме STOP = Останавливает MPP слежение в любой момент, неважно был ли позитивный результат или нет ? = Читает статус слежения

Статус слежения, который считывается командой FUNC:GEN:MPP:STAT?, возвращает текущий статус как RUN (идуший) или STOP (остановленный). Значение STOP слегка различается, в зависимости от выбранного режима:

Режим 1: STOP означает, MPP была найдена (позитивный результат) и слежение закончено

Режимы 2 и 3: Эти режимы не останавливаются автоматически, поэтому STOP только вернёт статус задан-
ный командой :STAT

Режим 4: STOP означает, кривая пользователя была воспроизведена определённое число циклов

5.4.15 Команды для управления сигналами тревоги

В режиме удалённого управления важно корректно управлять сигналами тревоги. Это выполняется так же как и при ручном контроле. При использовании языка команд SCPI, тревоги показаны через регистры статуса, которые опросить. Кроме того, многие тревоги должны быть ознакомлены.

5.4.15.1 Чтение сигналов тревоги устройства

Чтение сигналов тревоги устройства должно происходить с определёнными интервалами, запросом регистра статуса Questionable подрегистрами CONDITION или EVENT. Команды STAT:QUES? и STAT:QUES:COND? или STAT:QUES:EVEN? возвращают значение, которое представляет определённые биты (смотрите „5.4.2 Регистры статуса“ на странице 36), отображающие различные статусы. Если бит задан, значит что тревога присутствует. Обратитесь к руководству по эксплуатации прибора за подробностями о тревогах.

5.4.15.2 Ознакомление с тревогами устройства

Чтобы обратить внимание пользователя на тревоги, они должны быть ознакомлены после их появления и исчезновения. Это удалит тревоги из регистра статуса и это должно быть выполнено после их записи. Чтобы удалить/ознакомиться с тревогой, используются команды SYST:ERR? или SYST:ERR:ALL?, которые также служат для запроса других ошибок.

В случае присутствия одной или нескольких тревог, они не будут очищены из регистра.

Существует одно исключение в работе, ошибка OT (перегрев). Здесь не потребуется дополнительное ознакомление и она не будет показана в CONDITION как только причина возникновения будет ликвидирована.

5.4.15.3 Счётчики тревоги

Эти счётчики тревог можно считывать с момента последнего включения устройства. Их можно считать командой в любое время и они не сохраняются при выключении устройства и очищаются после чтения.

Команда	Описание
SYSTem:ALARm:COUNT:OVOLtage?	Считает тревоги перенапряжения (OVP, настраиваемый порог)
SYSTem:ALARm:COUNT:OTEMperature?	Считает тревоги перегрева (OT, не настраивается)
SYSTem:ALARm:COUNT:OPOWer?	Считает тревоги перегрузки (OPP, настраиваемый порог)
SYSTem:ALARm:COUNT:OCURrent?	Считает тревоги избытка тока (OCP, настраиваемый порог)
SYSTem:ALARm:COUNT:PFAil?	Считает тревоги сбоя питания (PF, не настраивается)

5.4.15.4 Пример

Вы запускаете устройство в удалённом управлении и считываете статус тревог командой STAT:QUES:COND? в определённом интервале и вы все время получаете значение 3072. Это сумма значений бита 10 (remote) и 11 (output/input on). Это говорит, что удалённый контроль активен и вход/выход DC включен. Затем появляется сигнал тревоги вызванный перегревом блока. При следующем чтении регистра Questionable, бит 3 должен показать тревогу OT для заметки. Дополнительно, вход/выход DC может быть показан как выключен, что случается не у каждой серии устройств. Отсюда возвращённое значение будет 1032 или 3080. Оба содержат биты 3 значений из 8.

5.4.16 Команды для предустановок (Recall)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—

Функцию Recall, интегрированная в источники питания серии PSI 5000 A, можно конфигурировать и использовать удалённо. Здесь, используются стандартные команды SCPI и они немного отличаются в сравнении с ModBus. Обзор команд, используемых для доступа к предустановкам:

Команда	Описание
*RCL_{1...9}	Recall это загрузка одной из девяти предустановок из внутренней памяти. Предустановка состоит из четырёх значений (напряжение, ток, OVP, OCP) и перезаписывает активные значения на выход DC. Команду можно исполнить только при выключенном выходе DC.
*SAV_{1...9}	Сохраняет четыре текущих активных значения (напряжения, тока, OVP и OCP) на выходе DC на выбранную предустановку для будущего использования, когда они вызываются командой *RCL {1...9}. команду можно исполнить только при выключенном выходе DC.
MEMory:STATe:DELeTe_{1...9}	Удаляет выбранную предустановку записью нулей на все значения. Предустановку можно записать позднее любым значением.
MEMory:STATe:VALid?_{1...9}	Запускает проверку памяти, чтобы установить была ли ранее записанная предустановка записана корректно во внутреннюю память и что значения верны. Вернёт 1, если всё хорошо и 0, если нет.

Схоже с ручным управлением функции Recall на панели управления устройством, эти команды одобряются только, если выход DC выключен.

Чтобы задать четыре значения, которые сохраняются как предустановка, используются общие команды как [SOURce:]VOLTage. Также смотрите примеры ниже.

5.4.16.1 Пример последовательности для настройки и сохранения предустановки

Например, у вас есть источник питания PSI 5040-20 A с номинальным напряжением 40 В и током 20 А. Теперь вы хотите задать и сохранить предустановку номер 5 для позднего вызова. Скажем, значения для установки $U = 10 \text{ В}$, $I = 5 \text{ А}$ и защита от перенапряжения (OVP) = 12 В. Защита используется для предотвращения нагрузки от высоковольтных импульсов, которые могут возникнуть из-за характеристик регулирования при заданном токе в ноль, когда напряжение держится и увеличении тока, отсюда напряжение "скачет".

Защита от избытка тока здесь не является важной, но рекомендуется задать её, чтобы не было прерываний. Может возникнуть установка, которая еще не определена, поэтому лучше задать её в максимум (здесь: 22 А). После подготовки, следующие команды должны быть отправлены на устройство:

Ном.	Команда	Описание
1	OUTP_OFF	Сперва выключает выход DC (даже если был выключен), так как сохранение предустановок требует выключенного выхода и изменение выходных значений при включенном выходе с подключенной нагрузкой, может вызвать нежелательное поведение.
2	VOLT_10	Задаёт выходное напряжение 10 В (нормальное устанавливаемое значение)
3	CURR_5	Задаёт выходной ток 5 А (нормальное устанавливаемое значение)
4	VOLT:PROT_12	Задаёт порог OVP в 12 В
5	CURR:PROT_22	Задаёт порог OCP в 22 А
6	*SAV_5	Сохраняет на предустановку 5
7	MEM:STAT:VAL?_5	(опционально) Запрашивает, было ли сохранение на предустановку 5 и верны ли значения

5.4.16.2 Пример последовательности для вызова предустановки

При удалённом контроле, четыре значения, хранящиеся в предустановках, можно установить четырьмя маленькими командами, так что вызов предустановки у удалённого управления является чем-то использующимся крайне редко. Большое преимущество прямой установки значений это неважность включен ли выход DC или выключен, их можно отправить в любое время.

Если вы желаете вызвать предустановки, например номер 3, следуйте следующим шагам:

Ном.	Команда	Описание
1	OUTP_OFF	Сперва отключает выход DC (опционально, если уже выключен) и предустановку можно вызвать
2	*RCL 3	Вызовет предустановку 3 и перезапишет ранние выходные значения U, I, OVP и OCP, теми что сохранились
3	OUTP_ON	(опционально) Снова включит выход DC

Чтобы узнать, какие значение сохранились в предустановке, вам необходимо их вызвать, но запрос производится для каждого из четырёх выходных значений:

Ном.	Команда	Описание
1	VOLT?	Запрашивает выходное значение напряжения, как ранее вызванное из предустановки
2	CURR?	Запрашивает выходное значение тока, как ранее вызванное из предустановки
3	VOLT:PROT?	Запрашивает значение порога OVP, как ранее вызванное из предустановки
4	CURR:PROT?	Запрашивает значение порога OCP, как ранее вызванное из предустановки

5.4.17 Команды для расширенной симуляции PV

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Симуляция фотовольтаики это функция, основанная на генераторе XY и имеется только на источниках питания некоторых серий. На дату 06/2018 это:

- PSI 9000 2U
- PSI 9000 3U
- PSI 9000 WR 3U

Расширенная симуляция в соответствии с **DIN EN 50530** поддерживается от прошивок KE версии 2.19 и HMI версии 2.11. Все параметры, относящиеся к симуляции, устанавливаемые ниже приведёнными командами, описываются стандартом. Этот стандарт является ссылкой для использования симуляции PV.

5.4.17.1 Общая конфигурация

Команда	Описание
FUNCTION:PHOTovoltaics:MODE_{OFF ET UI DAYET DAYUI} FUNCTION:PHOTovoltaics:MODE?	Общий выбор режимов симуляции PV: OFF = Режим симуляции выключен (умолчание) ET = Длительный режим, температура и излучение могут варьироваться во время симуляции UI = Длительный режим, напряжение и ток MPP могут варьироваться во время симуляции DAYET = Режим тенденции дня, значения не могут варьироваться, набор данных состоит из индексов, значение температуры, значение излучения и время выдержки DAYUI = Режим тенденции дня, значения не могут варьироваться, набор данных состоит из индексов, значения напряжения и тока MPP и время выдержки
FUNCTION:PHOTovoltaics:IMODE_{MPP ULIK} FUNCTION:PHOTovoltaics:IMODE?	Режим ввода (применяется ко всем режимам, выбираемым командой :MODE, также смотрите матрицу и примеры в 5.5.3) MPP = Базовые значения для расчёта кривой PV из введённых как U_{mp} и I_{mp} . Эти значения регулируются режимом симуляции UI (умолчание) ULIK = Базовые значения для расчёта кривой PV из введённого как U_{oc} (напряжение открытой схемы) и I_{sc} (ток короткого замыкания). Эти значения регулируются в режиме симуляции ET

5.4.17.2 Конфигурация режима тенденции дня

Ниже приведённые команды можно использовать только, если ранее установлен один из режимов тенденции дня **DAYET** или **DAYUI** (смотрите ниже) иначе будет выдана ошибка.



Перед загрузкой нового набора данных рекомендуется очистить данные старого дня при помощи команды :DAY CLEAR, особенно если новый набор будет короче.

Команды	Описание
FUNCTION:PHOTovoltaics:DAY:INTERpolate_{ON OFF} FUNCTION:PHOTovoltaics:DAY:INTERpolate?	Только для режимов DAYET и DAYUI : Если включено, то время выдержки первого индекса (1) или данные тенденции дня подтверждаются для всех других индексов, неважно как установлено время выдержки. ON = Интерполяция включена OFF = Интерполяция выключена (умолчание)
FUNCTION:PHOTovoltaics:DAY:MODE_{READ WRITE} FUNCTION:PHOTovoltaics:DAY:MODE?	Только для режимов DAYET и DAYUI : Тип доступа данных режима тенденции дня READ = Только чтение (умолчание) WRITE = Только запись

Команды	Описание
FUNCTION:PHOTOvoltaics:DAY_{CLEar}	Только для режимов DAYET и DAYUI : Очистка всех данных
FUNCTION:PHOTOvoltaics:DAY:INDEX_{1-100000} FUNCTION:PHOTOvoltaics:DAY:INDEX?	Только для режимов DAYET и DAYUI : Выберите индекс данных перед новым чтением данных тенденции дня. Для записи данных тенденции дня, этот индекс значений игнорируется. Вместо этого, используйте индекс в команде FUNC:PHOT:DAY:DATA .
FUNCTION:PHOTOvoltaics:DAY:DATA_{<NR1>, <NRf>, <NRf>, <NR1>} FUNCTION:PHOTOvoltaics:DAY:DATA?	Только для режимов DAYET и DAYUI : Запишите один набор данных тенденции дня (4 значения) или считайте их из него, что требует предварительного выбора индекса. В зависимости от выбранного режима тенденции дня, различные данные возвращаются при прочтении или они должны даваться при записи. Режим DAYET : 1. значение = индекс, диапазон: 1- 100000 2. значение = излучение в Вт/м², диапазон: 0-1500 3. значение = температура в °C, диапазон: -40...+80 4. значение = Время задержки индекса в мс, диапазон: 500...1800000 (^=0,5с...0,5ч) Режим DAYUI : 1. значение = индекс, диапазон: 1-100000 2. значение = U _{mprr} в В, диапазон: 0...ном. напряжение 3. значение = I _{mprr} в А, диапазон: 0...ном. ток 4. значение = Время задержки индекса в мс, диапазон: 500...1800000 (^=0,5с...0,5ч)
FUNCTION:PHOTOvoltaics:TECHnology_{MAN CSI THIN} FUNCTION:PHOTOvoltaics:TECHnology?	Предвыбор технологии панели. Определяет какие параметры симуляции фиксированы и какие доступны. MAN = Ручной режим (все параметры разблокированы) CSI = панель по технологии cSi (умолчание) THIN = панель по тонко-плёночной технологии

5.4.17.3 Запись данных

Устройство может записывать данные при запущенной симуляции PV в любом режиме. Оно записывает до 576,000 наборов данных, каждый с 6 значениями (актуальные U, I, P и MPP значения U, I, P). Запись можно начинать вместе с симуляцией или пока она идёт. Как только внутренняя память заполнена, она перезаписывается сначала и число наборов записанных данных (:REC:NUM?) сбрасываются в 0. Каждые 100 мс записывается новый набор данных, так покрывается общее время в 16 часов.

Запись останавливается в конце симуляции или пользователем. После остановки, записанные данные можно считать пошагово. Если их необходимо сохранить, то их следует считывать пока блок включен, так как внутренняя память данных не сохраняются.

Команда	Описание
FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD:ACTIVE_{ENABLE DISable} FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD:ACTIVE?	Запись данных ENABLE = активирована DISable = деактивирована (умолчание)
FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD_{CLEar}	Очистка записанных данных
FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD:NUMBER?	Число уже записанных наборов данных (1-576000)
FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD:INDEX_{1-576000} FUNCTION:PHOTOvoltaics:RECORD:INDEX?	Задание или чтение числа индексов перед чтением или заданием данных с командой :DATA?

Команда	Описание
FUNCtion:PHOTovoltaics:RECORD:DATA?	Чтение набора данных X от ранее выбранного индекса. Устройство вернёт следующие значения, разделённые запятыми, предоставляя снимок времени: 1. значение = Число индекса 2. значение = Актуальное напряжение на выходе DC 3. значение = Актуальный ток на выходе DC 4. значение = Актуальная мощность на выходе DC 5. значение = U_{mpp} (напряжение в MPP) 6. значение = I_{mpp} (ток в MPP) 7. значение = P_{mpp} (мощность в MPP)



После выбора индекса с **FUNC:PHOT:REC:IND**, перед чтением набора данных, требуется некоторое время (<5 мс) на переход прежде чем устройство сможет вернуть подлинные данные индекса из внутреннего буфера. При слишком ранней команде запроса устройство запишет ошибку в очередь ошибок. После принятия данных, корректные данные сверяются числом индекса в наборе данных с индексом, выбранным с **FUNC:PHOT:REC:IND**.



После начала симуляции устройство рассчитывает первую кривую PV. Это займёт около 500 мс. А первый набор данных уже запишет 100 мс после начала симуляции, поэтому первые 3-4 набора данных ошибочны. Это не будет иметь значения, если запись началась после 500 мс начала симуляции.

5.4.17.4 Команды статуса

Команды статуса и те, которые считывают значения результата из симуляции, можно использовать в любое время, но рекомендуется внимательно выбирать момент и порядок использования.

Команда	Описание
FUNCtion:PHOTovoltaics:MPP:VOLTage?	Напряжение в MPP, в V. Результаты MPP из кривой симуляции PV, которая рассчитывается заданными настройками симуляции. Напряжение может быть между 0 и номинальным напряжением устройства.
FUNCtion:PHOTovoltaics:MPP:CURREnt?	Ток в MPP, в A. Может быть между 0 номинальным током.
FUNCtion:PHOTovoltaics:MPP:POWER?	Мощность в MPP, в Вт. Может быть между 0 номинальной мощностью.
FUNCtion:PHOTovoltaics:STATE?	Статус симуляции PV STOP = Симуляция остановлена нормально, из-за действия пользователя или окончания тенденции дня RUN = Симуляция в запуске ERROR MODE = Симуляция не началась из-за ошибки расчёта кривой компьютером в режимах симуляции ET или UI ERROR DAY = Симуляция не началась из-за ошибки расчёта кривой компьютером в режимах симуляции DAYET или DAYUI ERROR ALARM = Симуляция остановлена из-за сигнала тревоги устройства ERROR INTERPOLATION = Симуляция не началась из-за ошибочного времени выдержки в индексе 1 данных тенденции дня
FUNCtion:PHOTovoltaics:DAY:NUMBer?	Число одобренных индексов тенденции дня. При передаче тенденции дня на устройство, этот счётчик считает каждый раз при успешной передаче и одобрении индекса. Можно использовать для верификации записанных данных.

Команда	Описание
FUNCtion:PHOTovoltaics:OCVoltage?	Напряжение разомкнутой схемы смоделированной солнечной панели, рассчитанное по формуле в соответствии со стандартом. На значения воздействует выбранный режим симуляции, стандартные параметры панели (смотрите ниже) и факторы вычисления (также смотрите ниже).
FUNCtion:PHOTovoltaics:SCCurrent?	Ток короткого замыкания смоделированной солнечной панели, рассчитанный по формуле в соответствии со стандартом. На значения воздействует выбранный режим симуляции, стандартные параметры панели (смотрите ниже) и факторы вычисления (также смотрите ниже).

5.4.17.5 Команды параметров

Команды, приведённые ниже, используются для задания или чтения всех значений, требуемых для различных режимов симуляции PV и расчёта кривой PV. Не все команды можно записать. При попытке записи значений важно какой задан режим симуляции (ET, UI, DAYET, DAYUI) и какой режим ввода (MPP, ULIK). Матрица ниже показывает какая команда поддерживается в каком режиме. Третья настройка, технология (MAN, CSI, THIN) также определяет, блокирован ли специальный параметр от записи, и вместо этого установлен внутренне со значением в соответствии со стандартом DIN EN 50530. Чтение параметров возможно в любое время и в любом режиме.

Команда	Записывается в:				
	MPP	ULIK	MAN	CSI	THIN
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:FFU_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:FFU? Коэффициент заполнения напряжения (FF_U). Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:FFI_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:FFI? Коэффициент заполнения тока (FF_I). Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:ALPHA_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:ALPHA? Температурный коэффициент α (в $1/^\circ\text{C}$) для тока короткого замыкания. Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:BETA_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:BETA? Температурный коэффициент β (в $1/^\circ\text{C}$) для напряжения разомкнутой схемы. Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: -1...<0	✓	✓	✓	—	—
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:CU_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:CU? Коэффициент пересчёта C_U для напряжения разомкнутой схемы. Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—
FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:CR_<Nrf> FUNCtion:PHOTovoltaics:FACTor:CR? Коэффициент пересчёта C_R в $\text{м}^2/\text{Вт}$ для напряжения разомкнутой схемы. Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—

Команда	Записывается в:				
	MPP	ULIK	MAN	CSI	THIN
FUNCTION:PHOTOvoltaics:FACTor:CG_<NRf> FUNCTION:PHOTOvoltaics:FACTor:CG? Коэффициент пересчёта C_G в Вт/м² для напряжения разомкнутой схемы. Записывается только в выбранной технологии MAN. Имеет воздействие на расчёт кривой PV по формуле в соответствии со стандартом. Диапазон: >0...1	✓	✓	✓	—	—
FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:OCVoltage_<NRf> FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:OCVoltage? U_{OC} (напряжение разомкнутой схемы) симулированной солнечной панели в В. Диапазон: 0 - номинальное напряжение	—	✓	✓	✓	✓
FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:SCCurrent_<NRf> FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:SCCurrent? I_{SC} (ток короткого замыкания) симулированной солнечной панели в А. Диапазон: 0 - номинальный ток	—	✓	✓	✓	✓
FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:MPP:VOLTage_<NRf> FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:MPP:VOLTage? Напряжение в MPP симулированной солнечной панели в В. Диапазон: 0 - номинальное напряжение	✓	—	✓	✓	✓
FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:MPP:CURREnt_<NRf> FUNCTION:PHOTOvoltaics:STANdard:MPP:CURREnt? Ток в MPP симулированной солнечной панели в А. Диапазон: 0 - номинальный ток	✓	—	✓	✓	✓

5.4.17.6 Команды контроля

Этим командами можно контролировать симуляцию PV, обычно после успешной конфигурации. В некоторых моделях, один или два параметра регулируются при запущенной симуляции. Любое изменение параметра требует нового расчёта кривой PV, перезаписи предыдущей кривой. В зависимости от текущей точки на кривой симуляции, точка сдвинется после определённого вычисления и времени отклика.

Команда	Описание
FUNCTION:PHOTOvoltaics:STATe_{RUN STOP} FUNCTION:PHOTOvoltaics:STATe?	Старт/стоп симуляции RUN = Запускает расчёт кривой PV и следует начало симуляции, если не появилось ошибки. Если запись данных активна, то она тоже начнётся STOP = Симуляция и возможно начатая запись данных остановятся
FUNCTION:PHOTOvoltaics:TEMPerature_<NR1> FUNCTION:PHOTOvoltaics:TEMPerature?	Доступно только в режиме ET : Температура солнечного модуля в °C. Диапазон: -40...+80
FUNCTION:PHOTOvoltaics:IRRaditation_<NR1> FUNCTION:PHOTOvoltaics:IRRaditation?	Доступно только в режиме ET : Излучение в Вт/м². Диапазон: 0-1500

5.4.17.7 Ошибочные ситуации

Ошибочная ситуация возникает когда конфигурированная симуляция не может начаться или она уже запущена, но затем неожиданно остановилась. Команда **FUNCTION:PHOTOvoltaics:STATe?** (смотрите секцию 5.4.17.4) может помочь в обоих случаях идентифицировать причину появления ошибки.

В общем применимо следующее:

- Если симуляция остановлена по любой причине, то её нельзя продолжить
- Данные из функции записи данных можно считать во время симуляции или после остановки, пока устройство остаётся включенным
- Все параметры конфигурации не сохраняются и сбрасываются при циклах включения устройства

5.4.18 Команды для функции тестирования батареи

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PS5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	✓	—	—	—

Электронные нагрузки имеют функцию тестирования батареи, устанавливаемую через обновление прошивки для ранее изготовленных. На сентябрь 2017, удалённая конфигурация теста батареи и контроль доступны только для серии EL 3000 В. Она предлагает такое же управление и настройки, как при ручном контроле на устройстве.

5.4.18.1 Команды конфигурации

Конфигурация теста батареи выполняется в такой же последовательности команд, как показан в таблице ниже. Самое первое, что необходимо сделать это выбрать режим теста между статическим и динамическим.

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:MODE_{IDLE STATic DYNamic} [SOURce:]BATTery:MODE?	Выбор режима тестирования: IDLE = не выбран режим, функция неактивна (должно быть установлено при покидании режима теста) STATic = Выбор режима "статический" DYNamic = Выбор режима "динамический"

Следующие команды работают только для отправки или чтения значений после выбора режима (**STAT** или **DYN**):

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:CURREnt_{<NRf>}[Unit] [SOURce:]BATTery:CURREnt?	Только для статического режима: Задаёт (разрядный) ток в Амперах. Команда не работает в режиме DYN . Диапазон: 0...I-макс
[SOURce:]BATTery:POWer_{<NRf>}[Unit] [SOURce:]BATTery:POWer?	Для статического и динамического режимов: Задаёт максимальную мощность в Ваттах. Регулировка постоянной мощности может преобладать над постоянным током, поэтому можно задать ток разряда в соответствии с $I = P/U$ вниз, чем установлено в BATT:CURREnt . Диапазон: 0...P-макс
[SOURce:]BATTery:RESistance_{<NRf>}[Unit] [SOURce:]BATTery:RESistance?	Для статического и динамического режимов: Включает и выключает режим сопротивления для тестирования и задаёт значение сопротивления в Омах. Регулировка постоянного сопротивления может преобладать над постоянным током, поэтому можно задать ток разряда в соответствии с $I = U/R$ вниз, чем установлено в BATT:CURREnt . NRf = 0 = режим сопротивления выключен NRf = мин. R ... макс. R = установка сопротивления

Команды ниже предназначены для обоих режимов тестирования и определяют одно или несколько условий остановки, которые останавливают тестирование батареи автоматически, если одно из них происходит:

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:DISCharge:VOLTage_{<NRf>}[Unit] [SOURce:]BATTery:DISCharge:VOLTage?	Задаёт напряжение разряда в Вольтах. Как только напряжение батареи достигнет этот порог, тест остановится. Диапазон: 0...U-макс
[SOURce:]BATTery:DISCharge:CAPacity_{<NRf>}[Unit] [SOURce:]BATTery:DISCharge:CAPacity?	Задаёт макс. ёмкость батареи на потребление перед остановкой теста или записью устройством сообщения на дисплей. Диапазон: 0...99999.99 Ач
[SOURce:]BATTery:ACTion:CAPacity_{NONE SIGNAL END} [SOURce:]BATTery:ACTion:CAPacity?	Задаёт действие по достижении лимита как определено в BATT:DIS:CAP . NONE = нет действия (лимит будет игнорирован) SIGNAL = тест продолжится, но устройство даст сигнал, что лимит достигнут END = тест остановится

ModBus и SCPI

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:DIScharge:TIMe_<NR1>[Unit] [SOURce:]BATTery:DIScharge:TIMe?	Задаёт макс. время работы теста батареи, после которого он остановится или устройство запишет сообщение на дисплей. Диапазон: 0...36000 секунд
[SOURce:]BATTery:ACTion:TIMe_{ NONE SIGNAL END} [SOURce:]BATTery:ACTion:TIMe?	Также как BATT:ACT:CAP , но здесь для макс. времени теста, как это можно установить с BATT:DIS:TIM .

При использовании динамического режима тестирования, генерируется импульсный ток, который имеет форму меандра с регулируемой амплитудой и рабочим циклом. Разрядный ток этого режима определяется из нескольких команд.

Следующие команды работают только в режиме **DYN**:

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:INDex_{0...3} [SOURce:]BATTery:INDex?	Выбирает один из 4 параметров, по которым определяется меандр импульсного тока: 0 = Уровень 1 амплитуды Диапазон: 0...I-макс (настраиваемый лимит) 1 = Уровень 2 амплитуды Диапазон: 0...I-макс (настраиваемый лимит) 2 = Время уровня 1 Диапазон: 0...6000 секунд 3 = Время уровня 2 Диапазон: 0...6000 секунд
[SOURce:]BATTery:PULSe_<NRf / NR1> [SOURce:]BATTery:PULSe?	Задаёт и читает значение из индекса, ранее выбранном с BATT:IND. Значение амплитуды тока можно задать в формате NRf, значение времени только в формате NR1.

5.4.18.2 Команды контроля и статуса

После успешной конфигурации теста батареи его можно запускать. Если нет неожиданных событий, как тревога устройства, тест батареи запустится и позднее остановится при определённом условии остановки.

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:STATe_{ RUN STOP } [SOURce:]BATTery:STATe?	Запускает или останавливает тестирование вручную и в любое время до достижения условия остановки. RUN = Старт теста STOP = Незамедлительная остановка теста
[SOURce:]BATTery:CONDition?	Запрашивает условие теста. Это можно сделать в любое время, т.е. перед, во время или после теста. IDLE = Тест ещё не запущен или остановлен вручную или из-за тревоги RUN = Тест запущен Другие состояния (ещё нет у EL 3000 B): FINISHED = Тест окончен ERROR = Тест остановлен из-за тревоги устройства SIGNALAH = Достигнуто макс. допустимое число Ач, тест продолжается SIGNAL TIME = Достигнуто макс. допустимое время теста, тест продолжается END AH = Достигнуто макс. допустимое число Ач, тест остановлен END TIME = Достигнуто макс. допустимое время теста, тест остановлен

5.4.18.3 Команды результата тестирования

По окончании тестирования, несколько значений, которые предоставляют результаты теста, можно считать.

Команды	Описание
[SOURce:]BATTery:TEST?	Запрашивает результаты теста. Должен вернуться ряд из трёх значений. Можно запрашивать при запущенном тесте: 1. Потребляемая ёмкость в Ач 2. Потребляемая энергия в Втч 3. Прошедшее время тестирования батареи

5.5 Примеры использования

5.5.1 Конфигурация и контроль шины ведущий-ведомый со SCPI

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	✓	—	—	—	—	✓	✓	—

Определённые серии устройств комплектуются портом master-slave (MS), с тотальной формацией через специальную шину ведущий-ведомый, поддерживают полную удалённую конфигурацию и контроль системы. В системе MS, обычно контролируется только ведущий блок, тогда как ведомые не подключаются к компьютеру и их нельзя удалённо конфигурировать. Отсюда рекомендуется конфигурировать систему MS на контрольных панелях блоков и поставить под контроль через программное обеспечение только ведущего. Даже если вы сконфигурировали все блоки вручную на панели управления, программа удалённого управления сможет позднее считать статус инициализации MS от ведущего. Инициализация системы MS выполняется автоматически каждый раз при включении ведущего, но это также можно сделать и повторить командой.

Предположим следующую примерную конфигурацию: пять источников питания PSI 9080-510 3U (80 В, 510 А, 15 кВт) соединены параллельно.

Ведущий должен показать себя, после успешной конфигурации и инициализации, как блок на 80 В, 2550 А и 75 кВт. Эти значения являются также номинальными значениями системы MS, используя команды SCPI можно отправить ограничения. Таким же образом как и при ручном управлении, "Лимиты" и устанавливаемые значения можно установить в 0...102% от номиналов, тогда как защитные значения можно в 0...110%.

Пошагово, руководство ниже разделено на несколько частей, так как некоторые из них опциональны.

Часть 1а: Конфигурация ведущего

1. Активация удалённого управления: **SYST:LOCK ON**
2. Активация режима ведущий-ведомый: **SYST:MS:ENABLE ON**
3. Задание блока как ведущий: **SYST:MS:LINK MASTER**
4. (при работе двух-квадрантного режима и ведущий это электронная нагрузка):
Установка устройства как ведомый на шине Share: **SYST:SHAR:LINK SLAVE**

Часть 1б: Конфигурация ведомого, если он подключен к контрольному блоку (ПК, ПЛК и т.д.)

5. Активация удалённого управления: **SYST:LOCK ON**
6. Активация режима ведущий-ведомый: **SYST:MS:ENABLE ON**
7. Задание блока как ведомый: **SYST:MS:LINK SLAVE**

Если имеется более одного ведомого, повторите шаги 4-7 для других ведомых с их адресами.

Часть 2: Инициализация системы MS

8. Активация удалённого управления, если шаги 1-7 не выполнены, так как система уже сконфигурирована: **SYST:LOCK ON**
9. Запуск инициализации, затем подождите несколько секунд: **SYST:MS:INIT**

Часть 3: Далее, опциональные шаги

10. Запрос статуса инициализации от ведущего, чтобы анализировать его: **SYST:MS:COND?**
11. Запрос количества блоков, инициализированных для системы MS (должно быть 5 в этом примере): **SYST:MS:UNIT?**
12. Запрос номинального тока системы MS: **SYST:MS:NOM:CURR?**
13. Запрос номинальной мощности системы MS: **SYST:MS:NOM:POW?**
14. Запрос максимального сопротивления системы MS: **SYST:NOM:RES:MAX?**
15. Запрос минимального сопротивления системы MS: **SYST:NOM:RES:MIN?**

После каждой успешной инициализации MS, все установленные значения, ограничения и значения защиты сбрасываются до нулей, поэтому их необходимо сконфигурировать по вашим требованиям.

16. Конфигурация значений защиты, например OCP: **CURR:PROT 400**

17. Конфигурация событий, например

- установка OCD в 2100 А, перевод для ведущего будет 420 А: **SYST:CONF:OCD 420**
- затем определение типа сигнала тревоги OCD "предупреждение": **SYST:CONF:OCD:ACT WARNING**

Настройки ограничений ("Лимиты") требуют дополнительного внимания, так как привязаны к установленным значениям. Это значит, при сбросе установленных значений до умолчаний во время инициализации MS, например значение тока на максимуме и отсюда относительное ограничение $I_{\text{макс}}$, нельзя задать ниже без предварительного изменения установленного значения.

18. Сузьте настраиваемый диапазон значений, например ограничьте максимальное значение тока до 2200 А

- Сперва, задайте значение тока до значения ниже, чем желаемый лимит, как минимум: **CURR MIN**
- Второе, задайте настраиваемый лимит до значения переводимого для ведущего блока (здесь: 440 А): **CURR:LIM:HIGH 440**

При применении этих настроек, ток должен быть 0, так как нижнее ограничение ещё не изменилось. Ток будет мониториться на порог 2100 А системой событий и с момента его регулирования до 2200 А, истинный ток может превысить порог и вызвать событие OCD, которое генерирует предупреждение на экране, но не отключает выход DC.

19. Чтобы начать работать с системой MS, включите выход DC: **OUTP ON**

Конфигурация системы останется такой же и сохранит установки при каждом цикле включения. Ведущий блок должен инициализировать MS ведомых после включения. Статус первой автоматической инициализации можно считать от ведущего различными программами и в зависимости от результата, программа может запускать следующие шаги как те, что выше, вероятно от шага 8 или даже шага 1, если потребуется.

5.5.2 Программные примеры для генератора функций

5.5.2.1 Общая последовательность команд для произвольного генератора

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	—	✓	—	—

Скажем, вы хотите применить синус волну амплитудой 30 А и частотой 10 Гц на 60 с на входной ток DC электронной нагрузки. Это можно достичь установкой одной секвенции. Возьмём секвенцию номер 12. Так как это касается тока DC, то амплитуда также потребует офсет. Под амплитудой обычно понимается как разница между базовой линией, которая здесь определена как значения Start(DC) и End(DC), и верхнее значение синус волны. В этом примере, офсет должен быть минимум 30 А, возьмём 50 А. Это приведёт к синусоидальной вариации входного тока между 20 А и 80 А.

Синус волна, при применении на постоянное напряжение или ток, эмулирует характеристики АС и минимально требует установки индексов 0, 1, 2, 3, 5, 6 и 7, в соответствии с таблицей выше. Пока не требуется стартовый угол, индекс 4 можно пропустить, так как значение по умолчанию 0°.

Предполагая что устройство уже находится в удалённом контроле и вход/выход DC выключен, необходима будет следующая последовательность команд:

Но.	Команда	Описание
1	FUNC:GEN:SEL CURRENT	Выбирает произвольный генератор для тока. Отправив эту команду устройство переключится в режим генератора функций
2	FUNC:GEN:WAVE:LEVEL_12	Выбирает секвенцию 12 для записи значений
3	FUNC:GEN:WAVE:IND_5	Выбирает индекс 5: Стартовое значение части DC или офсета АС
4	FUNC:GEN:WAVE:DATA_50	Задаёт волну офсета 50 А
5	FUNC:GEN:WAVE:IND_6	Выбирает индекс 6: Конечное значение части DC или офсета АС
6	FUNC:GEN:WAVE:DATA_50	Задаёт волну офсета 50 А. Если офсет не будет меняться во время хода функции, то стартовое и конечное значения должны быть идентичны.
7	FUNC:GEN:WAVE:IND_2	Выбирает индекс 2: Стартовая частота синус волны
8	FUNC:GEN:WAVE:DATA_10	Задаёт стартовую частоту 10 Гц
9	FUNC:GEN:WAVE:IND_3	Выбирает индекс 3: Конечная частота синус волны
10	FUNC:GEN:WAVE:DATA_10	Задаёт конечную частоту 10 Гц. Если частота не будет меняться во время хода функции, то стартовое и конечное значения должны быть идентичны.
11	FUNC:GEN:WAVE:IND_0	Выбирает индекс 0: Стартовое значение амплитуды волны синуса
12	FUNC:GEN:WAVE:DATA_30	Задаёт амплитуду 30 А
13	FUNC:GEN:WAVE:IND_1	Выбирает индекс 1: Конечное значение амплитуды волны синуса

ModBus и SCPI

Но.	Команда	Описание
14	FUNC:GEN:WAVE:DATA_30	Задаёт амплитуду 30 А. Если амплитуда не будет меняться во время хода функции, то стартовое и конечное значения должны быть идентичны.
15	FUNC:GEN:WAVE:IND_7	Выбирает индекс 7: Время секвенции
16	FUNC:GEN:WAVE:DATA_60	Задаёт время точки секвенции 60 секунд
17	FUNC:GEN:WAVE:END_12	Задаёт конечную точку секвенции 12
18	FUNC:GEN:WAVE:START_12	Задаёт начальную точку секвенции 12
19	FUNC:GEN:WAVE:NUM_1	Задаёт число циклов точек секвенции 1, так как она уже задана на 60 с. Альтернативно, возможно установить время точки секвенции 1 с и позволить ей пройти 60 циклов.
20	FUNC:GEN:WAVE:SUBMIT	Загружает параметры выше в генератор функций

Теперь вам необходимо задать три глобальных значения "U/I/P Лимиты", как вы их ставите в ручном контроле. Это требуется, так как в режиме генератора функций, устанавливаемые значения U, I и P от нормальной работы не используются. В этом примере с потребителем тока (электронной нагрузкой), рекомендуется задать напряжение 0 В, мощность на максимум и ток 105% или выше пика, это даст ток синус волны.

Но.	Команда	Описание
21	VOLT_0	Задаёт напряжение 0 В, так устройство может чётко работать в режиме контроля тока
22	CURR_88	Пик тока этого примера рассчитывается как 80 А, так мы задаём 110%, что есть 88 А
23	POW_MAX	Мощность в максимум, независимо от модели

Генератор функций теперь сконфигурирован и секвенция 12 задана. Теперь вы можете запустить генератор функций и управлять им удалённо:

Но.	Команда	Описание
24	INP_ON OUTP_ON	Включает вход DC или выход DC вашего устройства
25	FUNC:GEN:WAVE:STAT_RUN	Запускает функцию при помощи RUN. После 60 с, функция остановится.
26	FUNC:GEN:WAVE:STAT_STOP	Останавливает/выходит из хода функции. Вход/выход DC останется сперва включенным и его можно отключить специальной командой, если это необходимо
27	FUNC:GEN:SEL_NONE	Параметр NONE покинет режим генератора функций

5.5.2.2 Последовательность команд для XY генератора

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
✓	—	—	✓	—	—	✓	—	✓	—	—	—	—

Конфигурация и загрузка таблицы данных для XY генератора очень схожа с процедурой произвольного генератора. Скажем вы хотите иметь реакцию входного тока DC электронной нагрузки на входное напряжение. Это то, для чего подходит XY генератор с функцией IU.

Таблица IU с данными определяет потребление тока от источника на всём диапазоне входного напряжения ($0...125\% U_{ном}$), с разрешением 4096 значений. Этим вы можете задавать что угодно, например, как току оставаться 0 А при напряжении ниже определённого порога входного напряжения. Желаемую кривую тока можно создать в Excel или схожей программе и экспортировать файл в формате CSV. Так как диапазон измерений для значения задан как $0...125\%$, но для зависимого значения это $0...100\%$, то 100% для зависимого значения на входах таблицы будет $4096/1.25 = 3276$.

Имеется также глобальное ограничение мощности, так устройство не может выдать 100% напряжение при 100% токе. При создании таблицы в Excel или схожей программе, может помочь добавление двух колонок (которые конечно же не будут экспортированы в CSV). Одна колонка, где контрольное значение распределяется между $0...125\%$ номинального значения по 4096 элементам, и другая, где мощность рассчитывается на каждый элемент ($P = U \cdot I$), чтобы выяснить какие из них не могут быть физически реализованы устройством.



Внимание! Мы не советуем иметь большую разницу значений между двумя или группой элементов таблицы. Используйте значения так, чтобы изменения напряжения/тока было "мягким".

Но.	Команда	Описание
1	FUNC:GEN:SEL_IU	Выбирает использование функции IU для XY генератора: $I = f(U)$. Отправкой этой команды устройство перейдёт в режим генератора функций.
2	FUNC:GEN:XY:LEVEL_0	Выбирает элемент таблицы 0 для записи
3	FUNC:GEN:XY:DATA_0	Записывает значение тока в элемент таблицы, здесь: 0 (рандомное значение)
...		
8192	FUNC:GEN:XY:LEVEL_4095	Выбирает элемент таблицы 4095 для записи
8193	FUNC:GEN:XY:DATA_120	Записывает значение тока в элемент таблицы, в примере: 120 А
8194	FUNC:GEN:XY:SUBMIT	Утверждение всех данных

Теперь рекомендуется задать значения, на которые таблица не воздействует, иначе функция будет идти безрезультатно. Это значит, если вы загружаете таблицу UI, напряжение устанавливается от значений в таблице, но ток и мощность статичны и значения, которые вы можете настроить для U, I и P в нормальном режиме, здесь не будут действовать.

Для таблицы IU, напряжение и мощность статичны. Вы можете задать любое статическое значение, но чтобы они не пересекались при ходе функции UI или IU, рекомендуется установить оба в максимум:

Но.	Команда	Описание
8195	VOLT_MAX или CURR_MAX	Задаёт напряжение, для функции IU или ток для функции UI, в максимум
8196	POW_MAX	Мощность в максимум, независимо от модели

После этого генератор функций сконфигурирован и таблица IU загружена. Теперь функция может быть запущена удалённо, контролируя её генератором:

Но.	Команда	Описание
8197	INP_ON OUTP_ON	Включает вход DC или выход DC вашего устройства
8198	INP_OFF OUTP_OFF	Выключает вход DC или выход DC вашего устройства для остановки функции
8199	FUNC:GEN:SEL_NONE	Параметр NONE не выбирает тип генератора функций и покидает этот режим

5.5.2.3 Секвенция команд для генерации нарастающего уклона

Перед тем как вы начнёте конфигурировать произвольный генератор для ramпы, необходимо обдумать, как достичь наилучшей генерации ramпы. Важно помнить, что произвольный генератор останавливается в конце хода функции, если вы не зададите повтор в бесконечность. После остановки, вход/выход DC останется включенным. В случае уклона это желательно, так как конечное значение обычно остаётся заданным на время x. Тем не менее, устройство снова перейдёт в статический режим, задав статические значения U, I и P. Статические значения также применяются к периоду перед ходом функции и когда вход/выход DC уже включен.

Действие остановки и статические значения являются немного проблемными для функции ramпы. Почему? Предполагая, что вы желаете чтобы источник питания генерировал уклон, начинающийся с 0 В. Статическое значение для U (напряжение) должно быть тогда задано в 0. Но после остановки функции, устройство также установит 0 В и напряжение упадёт со значения, которое оно имело при ходе функции. Вывод: статическое значение напряжения имеет часть функции.

Чтобы этого достичь, функция должна состоять из двух частей: одна для нарастающей или падающей ramпы и другая часть для статического значения. Это можно выполнить используя две секвенции произвольного генератора.

Предположение: уклон начинается с 0 В и растёт до 50 В в течение 6 секунд. Конечное напряжение должно остаться постоянным на 3 минуты (время можно варьировать по желанию). Будут использованы секвенции 1 и 2. Удалённое управление уже активировано, его только надо сконфигурировать. Так как ramпа сделает нарастание напряжение линейным, используя DC часть точки секвенции, параметры для AC части (индексы 0 - 4) должны быть установлены в ноль, чтобы избежать уведомлений о неверных параметрах AC и помехах корректной генерации волны. Команды для этого не приводятся в этом примере.

Точка секвенции 1, нарастающая рампа

Но.	Команда	Описание
1	FUNC:GEN:SEL_VOLTAGE	Выбирает произвольный генератор для напряжения. Отправив эту команду устройство перейдёт в режим генератора функций
2	FUNC:GEN:WAVE:LEVEL_1	Выбирает секвенцию 1 для записи
3	FUNC:GEN:WAVE:IND_5	Выбирает индекс 5: Стартовое напряжение ramпы
4	FUNC:GEN:WAVE:DATA_0	Задаёт стартовое напряжение 0 В
5	FUNC:GEN:WAVE:IND_6	Выбирает индекс 6: Конечное напряжение ramпы
6	FUNC:GEN:WAVE:DATA_50	Задаёт конечное напряжение 50 В
7	FUNC:GEN:WAVE:IND_7	Выбирает индекс 7: Длительность ramпы
8	FUNC:GEN:WAVE:DATA_6	Задаёт 6 секунд

Точка секвенции 2, статическое напряжение на конце ramпы

Но.	Команда	Описание
9	FUNC:GEN:WAVE:LEVEL_2	Выбирает секвенцию 2 для записи
10	FUNC:GEN:WAVE:IND_5	Выбирает индекс 5: Стартовое значение статического напряжения (ramпа без уклона)
11	FUNC:GEN:WAVE:DATA_50	Задаёт стартовое напряжение 50 В
12	FUNC:GEN:WAVE:IND_6	Выбирает индекс 6: Конечное значение статического напряжения (ramпа без уклона)
13	FUNC:GEN:WAVE:DATA_50	Задаёт конечное напряжение 50 В
14	FUNC:GEN:WAVE:IND_7	Выбирает индекс 7: Длительность
15	FUNC:GEN:WAVE:DATA_180	Задаёт 3 минуты (180 секунд)

Конфигурация произвольного генератора

Но.	Команда	Описание
16	FUNC:GEN:WAVE:END_2	Задаёт секвенцию 2 как конечную секвенцию
17	FUNC:GEN:WAVE:START_1	Задаёт секвенцию 1 как стартовую секвенцию
18	FUNC:GEN:WAVE:NUM_1	Количество циклов
19	FUNC:GEN:WAVE:SUBMIT	Утверждает все данные

Количество циклов установлено 1, поэтому функция пройдёт раз и остановится. Значение можно изменять по желанию, но после каждого повтора после 3 минут 6 секунд, напряжение ramпы должно упасть с 50 В до 0 В, где она стартует. Это займет время. Как долго зависит главным образом от подключенной нагрузки (предполагается использование источника питания). Полученная ramпа может быть бесформенной. чтобы этого избежать, третью последовательность надо сконфигурировать так, чтобы падение напряжения заняло бы некоторое время.

После того как функция ramпы полностью сконфигурирована, её можно запустить. Если вход/выход DC ещё не включен, он включится автоматически при запуске функции. Альтернативно, его включение можно выполнить удалённо соответствующей командой. Здесь этого не требуется, так как функция начинается с 0 В, но если она должна начинаться не с 0 В, то будет необходимым сперва включить вход/выход DC.

Но.	Команда	Описание
20	FUNC:GEN:WAVE:STAT_RUN	Запускает генератор функций

Без повтора, функция остановится после одного хода и после времени определённым в секвенции 2 (игнорируя длительность секвенции 1, так как она только 6 секунд), напряжение упадёт до нуля. Если вы хотите иметь статическое значение на длительное время, то вам понадобится включить оставшиеся 97 точек секвенций. Одной секвенцией вы можете достичь длительность 10 часов, поэтому статическое значение можно задавать на максимум в $99 \times 10 = 990$ часов.

5.5.3 Примеры симуляции PV (DIN EN 50530)

ELR9	ELR5	PS9	PSI9	PSI5	PSE	DT	PST	PSIT	EL3	PSB	PSBE	PS3
—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—	—



Важно: после начала симуляции устройство рассчитывает первую таблицу кривой PV. Это займёт около 500 мс, поэтому настоящая симуляция начнётся через 500 мс после старта.



Рекомендуется всегда включать все команды настройки, как для записи данных и интерполяции, чтобы иметь чистый старт.

Обзор:

Режим симуляции \ Опции	Режим ввода ULIK	Режим ввода MPP
ET	x	x (пример 1)
UI		x (пример 3)
DAY ET	x (пример 2)	x
DAY UI		x (пример 4)

5.5.3.1 Пример 1

- Технология: cSi
- Режим ввода: значения MPP
- Режим симуляции: Длительный, с регулируемой температурой и излучением
- Запись: активирована

Конфигурация

Нр.	Команда	Описание
1	SYST:LOCK_ON	Активация удалённого управления
2	FUNC:PHOT:MODE_ET	Активация симуляции PV режим ET
3	FUNC:PHOT:TECH_CSI	Выбор технологии: cSi
4	FUNC:PHOT:IMOD_MPP	Выбор режима ввода: MPP
5	FUNC:PHOT:STAN:MPP:VOLT_20	Задание напряжения MPP: 20 В
6	FUNC:PHOT:STAN:MPP:CURRE_5	Задание тока MPP: 5 А
7	FUNC:PHOT:REC:ACT_ENABLE	Активация записи данных

Контроль

Нр.	Команда	Описание
8	FUNC:PHOT:STAT_RUN	Старт симуляции
9	FUNC:PHOT:TEMP_40	Настройка значения температуры: 40 °C
10	FUNC:PHOT:IRR_800	Настройка излучения: 800 Вт/м²
11	FUNC:PHOT:STAT_STOP	Остановка симуляции после произвольного времени

Анализ

Нр.	Команда	Описание
12	FUNC:PHOT:REC:NUMB?	Чтение числа (n) записанных наборов данных
13	FUNC:PHOT:REC:IND_1	Выбор первого набора данных (индекс 1) для чтения
14	FUNC:PHOT:REC:DATA?	Чтение данных из набора данных (индекс) 1
...	...	Чтение следующих номеров наборов данных:
x	FUNC:PHOT:REC:IND_n	Выбор набора данных (индекс n) для чтения
y	FUNC:PHOT:REC:DATA?	Чтение данных из набора данных (индекс) n

5.5.3.2 Пример 2

- Технология: Ручная
- Режим ввода: Напряжения разомкнутой схемы и ток короткого замыкания
- Режим симуляции: Тенденция дня с регулируемой температурой и излучением
- Интерполяция: деактивирована
- Запись данных: активирована

Конфигурация (перед стартом)

Нр.	Команда	Описание	Регистр
1	SYST:LOCK_ON	Активация удалённого управления	402
2	FUNC:PHOT:MODE_DAYET	Активация симуляции PV режим DAYET	12001
3	FUNC:PHOT:TECH_MAN	Выбор технологии: Ручная (все требуемые параметры должны быть заданы, здесь командами 4-10)	12016
4	FUNC:PHOT:FACT:FFU_0.8	Коэффициент заполнения напряжения (FF_U): 0,8	12034
5	FUNC:PHOT:FACT:FFI_0.78	Коэффициент заполнения тока (FF_I): 0,78	12036
6	FUNC:PHOT:FACT:ALPH_0.0003	Температурный коэффициент α для I_{sc} : 0,0003 /°C	12038
7	FUNC:PHOT:FACT:BETA_-0.003	Температурный коэффициент β для U_{oc} : -0,003 /°C	12040
8	FUNC:PHOT:FACT:CU_0.0725	Коэффициент пересчёта C_U для U_{oc} : 0,0725	12042
9	FUNC:PHOT:FACT:CR_0.00022	Коэффициент пересчёта C_R для U_{oc} : 0,00022 м²/Вт	12044
10	FUNC:PHOT:FACT:CG_0.00315	Коэффициент пересчёта C_G для U_{oc} : 0,00315 Вт/м²	12046
11	FUNC:PHOT:IMOD_ULIK	Выбор режима ввода: ULIK	12017
12	FUNC:PHOT:STAN:OCV_38	Задание напряжение разомкнутой схемы: 38 В	12048
13	FUNC:PHOT:STAN:SCC_7	Задание тока короткого замыкания: 7 А	12049
14	FUNC:PHOT:REC:ACT_ENABLE	Активация записи данных	12018
15	FUNC:PHOT:DAY:INT_OFF	Деактивация интерполяции данных тенденции дня	12005

Запись данных тенденции дня (перед стартом)

Нр.	Команда	Описание	Регистр
16	FUNC:PHOT:DAY:MODE_WRITE	Выбор режима доступа: запись	12006
17	FUNC:PHOT:DAY:DATA_1,_500,_20,_500	Удаление предыдущих данных (следует исполнять каждый раз перед загрузкой новых данных)	12007
18	FUNC:PHOT:DAY:DATA_2,_800,_28,_1500	Запись 1 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 500 Вт/м² Температура: 20°C Время выдержки: 500 мс	12010
19	FUNC:PHOT:DAY:DATA_2,_800,_28,_1500	Запись 2 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 800 Вт/м² Температура: 28°C Время выдержки: 1500 мс	12010
...	...	Запись следующих наборов данных, всего 500	...
517	FUNC:PHOT:DAY:DATA_500,_1200,_35,_20000	Запись 500 ^{го} набора данных тенденции дня: Излучение: 1200 Вт/м² Температура: 35°C Время выдержки: 20000 мс	12010

Контроль, также и при запущенной симуляции

Нр.	Команда	Описание	Регистр
518	FUNC:PHOT:STAT_RUN	Старт симуляции -> симуляция остановится автоматически после времени, которое получится из общего времени выдержки во всех записанных наборах данных	12000

ModBus и SCPI

Анализ после окончания симуляции

Нр.	Команда	Описание	Регистр
519	FUNC:PHOT:REC:NUMB?	Чтение числа записанных наборов данных. Это число не относится к числу набора данных тенденции дня в использовании. Эта функция записывает новый набор данных каждые 100 мс. В зависимости от общего времени симулирования, буфер записи может заполнять (макс. 16 ч времени записи) и перезаписывать существующие данные. Может потребоваться расчёт общего времени симуляции из наборов данных тенденции дня и начала чтения записанных данных во время симуляции, затем очистка буфера и позднее чтение остатка данных.	12020
520	FUNC:PHOT:REC:IND_1	Выбор первого набора данных (индекс 1)	12022
521	FUNC:PHOT:REC:DATA?	Чтение данных из набора данных (индекс 1)	12024
...	...	Чтение следующих наборов данных:	...
x	FUNC:PHOT:REC:IND_n	Выбор набора данных n (индекс n) для чтения	12022
y	FUNC:PHOT:REC:DATA?	Чтение данных из набора данных (индекс) n	12024

5.5.3.3 Пример 3

- Технология: тонко-плёночная
- Режим ввода: MPP значения
- Режим симуляции: Длительный, с регулировкой MPP (напряжение и ток)
- Запись: деактивирована

Конфигурация (перед стартом)

Нр.	Команда	Описание	Регистр
1	SYST:LOCK_ON	Активация удалённого управления	402
2	FUNC:PHOT:MODE_UI	Активация симуляции PV режим UI	12001
3	FUNC:PHOT:TECH_THIN	Выбор технологии: Тонко-плёночная	12016
4	FUNC:PHOT:IMOD_MPP	Выбор режима ввода: MPP	12017
5	FUNC:PHOT:STAN:MPP:VOLT_45	Задание напряжения MPP: 45 В	12050
6	FUNC:PHOT:STAN:MPP:CURR_10	Задание тока MPP: 10 А	12051
7	FUNC:PHOT:REC:ACT_DISABLE	Деактивация записи данных	12018

Контроль, также и при запущенной симуляции

Нр.	Команда	Описание	Регистр
8	FUNC:PHOT:STAT_RUN	Старт симуляции	12000
9	FUNC:PHOT:STAN:MPP:VOLT_40	Смещение MPP: 40 В	12050
10	FUNC:PHOT:STAN:MPP:CURR_9	Смещение MPP: 9 А	12051
11	FUNC:PHOT:STAT_STOP	Остановка симуляции после произвольного времени	12000

5.5.3.4 Пример 4

- Технология: cSi
- Режим ввода: MPP значения
- Режим симуляции: Тенденция дня со смещаемой MPP (напряжение и ток)
- Интерполяция: активирована
- Запись данных: деактивирована

ModBus и SCPI

Конфигурация

Нр.	Команда	Описание	Регистр
1	SYST:LOCK_ON	Активация удалённого управления	402
2	FUNC:PHOT:MODE_DAYUI	Активация симуляции PV режим DAY UI	12001
3	FUNC:PHOT:TECH_CSI	Выбор технологии: cSi	12016
4	FUNC:PHOT:IMOD_MPP	Выбор режима ввода: MPP	12017
5	FUNC:PHOT:STAN:MPP:VOLT_36	Задание напряжения разомкнутой схемы: 36 В	12050
6	FUNC:PHOT:STAN:MPP:CURREN_12	Задание тока короткого замыкания: 12 А	12051
7	FUNC:PHOT:REC:ACT_DISABLE	Деактивация записи данных	12018
8	FUNC:PHOT:DAY:INT_ON	Активация интерполяции данных тенденции дня	12005

Загрузка данных тенденции дня

Нр.	Команда	Описание	Регистр
9	FUNC:PHOT:DAY:MODE_WRITE	Выбор режима доступа: запись	12006
10	FUNC:PHOT:DAY:DATA_1,1,1,300000	Удаление предыдущих данных (следует исполнять каждый раз перед загрузкой новых данных)	12007
11	FUNC:PHOT:DAY:DATA_2,2,2,500	Запись 1 ^{го} набора данных тенденции дня: MPP напряжение: 1 В MPP ток: 1 А Время выдержки: 5 минут	12010
12	FUNC:PHOT:DAY:DATA_2,2,2,500	Запись 2 ^{го} набора данных тенденции дня: MPP напряжение: 2 В MPP ток: 2 А	12010
...	...	Запись следующего набора данных, всего из 1000	...
1010	FUNC:PHOT:DAY:DATA_1000,30,9,500	Запись 1000 ^{го} набора данных тенденции дня: MPP напряжение: 30 В MPP ток: 9 А	12010

Из-за времени выдержки в 5 минут, самых первых наборов данных тенденции дня, все 1000 наборов данных используют одинаковое время выдержки, поэтому общее время симуляции составит 5000 минут.

Контроль

Нр.	Команда	Описание	Регистр
1011	FUNC:PHOT:STAT_RUN	Начало симуляции -> симуляция остановится автоматически после времени, которое получится из общего времени выдержки во всех записанных наборах данных	12000

6. Profibus и Profinet

6.1 Общее

Интерфейс модули **IF-AB-PBUS** (Profibus) и **IF-AB-PNET** (Profinet, 1 или 2 порта) упрощают коммуникацию и ввод в эксплуатацию устройства без необходимости. При использовании Profibus, пользователь должен только выбрать адрес ведомого (0...125) на устройстве (меню установок), тогда как для Profinet будет наилучшим использование Siemens Primary Setup Tool (PST). Все другие параметры, как метки, которые можно определить в меню настроек устройства или через команды, опциональны.

Эта часть руководства разъяснит только как использовать отдельный список регистра PDF для вашего устройства. Список должен идти с этим документом и являться ссылкой для удалённого доступа к устройству.

Интерфейс модули Anybus определяют **DP-V1 slave** для цикличной и нецикличной передачи данных.

6.2 Подготовка

Предполагается наличие полностью сконфигурированного и соединённого блока, для внедрения устройства в Profibus или Profinet и подсчёта на ведущем (ПЛК или схоже). Следующая вещь, которая вам понадобится это файл описания устройства, называемый GSD (Generic Station Default) для Profibus или GSDML для Profinet/IO, который поставляется с устройством на носителе USB или доступен как загрузка с сайта производителя или выдаётся по запросу.

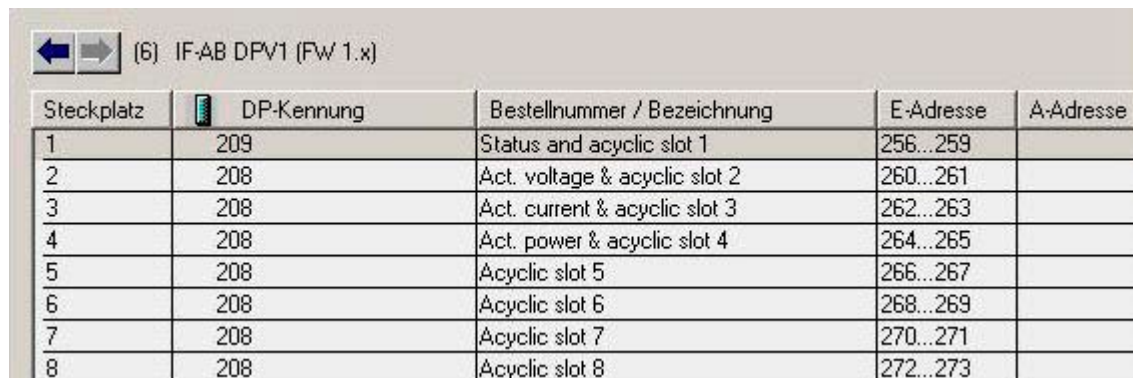
Этот GSD файл описывает определённое число слотов на применение ведущего и конфигурирует циклическое исполнение данных, таких как актуальные значения и статус. Эти слоты используются также для доступа к другим объектам данных устройства через нециклические чтение/запись.

6.3 Конфигурация слота для Profibus

Конфигурация слота интерфейс модуля **IF-AB-PBUS** выполняется загрузкой файла GSD/GSE в диалог конфигурации (с Siemens STEP7: HWCONFIG) и организованными слотами в специальном порядке:

Слот	Имя слота	Описание
1	Статус устройства и нециклический слот 1	Циклично: Статус устройства (смотрите список регистра) Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 1
2	Актуальное напряжение и нециклический слот 2	Циклично: Актуальное напряжение входа/выхода DC Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 2
3	Актуальный ток и нециклический слот 3	Циклично: Актуальный ток входа/выхода DC Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 3
4	Актуальная мощность и нециклический слот 4	Циклично: Актуальная мощность входа/выхода DC Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 4
5	Нециклический слот 5	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 5
6	Нециклический слот 6	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 6
7	Нециклический слот 7	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 7
8	Нециклический слот 8	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 8

Передача таблицы выше в HW CONFIG от Siemens Simatic:



Steckplatz	DP-Kennung	Bestellnummer / Bezeichnung	E-Adresse	A-Adresse
1	209	Status and acyclic slot 1	256...259	
2	208	Act. voltage & acyclic slot 2	260...261	
3	208	Act. current & acyclic slot 3	262...263	
4	208	Act. power & acyclic slot 4	264...265	
5	208	Acyclic slot 5	266...267	
6	208	Acyclic slot 6	268...269	
7	208	Acyclic slot 7	270...271	
8	208	Acyclic slot 8	272...273	

Диапазоны адресов можно реорганизовать по необходимости. Слоты для нециклического доступа не требуют диапазона выходных адресов, так как диапазон входных адресов уже зарезервировал место в памяти для обоих направлений.

6.4 Конфигурация слота для Profinet

GSDML/XML (доступно на носителе USB или как загрузка) не делает автоматическую конфигурацию слота и установка модуля должна быть выполнена пользователем вот так:

Слот	Имя слота	Описание
1	Вход 2 слова	Циклично: Статус устройства (регистр 505, смотрите список регистров) Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 1
2	Вход 1 слово	Циклично: Актуальное напряжение входа/выхода DC (регистр 507, смотрите список регистров) Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 2
3	Вход 1 слово	Циклично: Актуальный ток входа/выхода DC (регистр 508, смотрите список регистров) Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 3
4	Вход 1 слово	Циклично: Актуальная мощность входа/выхода DC (регистр 509, смотрите список регистров) Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 4
5	Вход 1 слово	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 5
6	Вход 1 слово	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 6
7	Вход 1 слово	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 7
8	Вход 1 слово	Нециклично: все регистры (индексы) назначены на слот 8

Передача таблицы выше в HW CONFIG от Siemens Simatic:

Steckplatz	Baugruppe	Bestellnummer	E-Adresse	A-Adresse	Diagnoseadresse
0	Default	ABCC-FRT (2-Port)			2043"
1	Input 2 word		256...259		
2	Input 1 word		260...261		
3	Input 1 word		262...263		
4	Input 1 word		268...269		
5	Input 1 word		270...271		
6	Input 1 word		272...273		
7	Input 1 word		274...275		
8	Input 1 word		264...265		
9					

Диапазоны адресов можно реорганизовать по необходимости. Слоты для нециклического доступа не требуют диапазона выходных адресов, так как диапазон входных адресов уже зарезервировал место в памяти для обоих направлений.

6.5 Циклическая коммуникация через Profibus/Profinet

Profibus / Profinet ведомый циклично передаёт обрабатываемые данные на определённые входные адреса ведущего, как определено в GSD для Profibus. Для Profinet, это схоже. Смотрите „6.3. Конфигурация слота для Profibus“ и „6.4. Конфигурация слота для Profinet“.

Актуальные значения должны быть переведены в соответствии с процедурой, описанной в „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“, пока любые другие данные ссылаются на так называемые списки регистров, которые должны быть обычно с этим документом. Имена слотов частично соединены с соответствующими регистрами в списках. Например, слот можно назвать "Actual current". Имя можно найти в регистре 508 в списке для устройства ELR 9000, например. Так же и где регистр определён для использования Profibus/Profinet.

В соответствии с 6.3 и 6.4 имеется восемь слотов для нециклического доступа к устройству, которые назначаются на варьируемое число индексов (смотрите списки регистров). Используя подходящие SFB, пользователь может иметь нециклический доступ к ID (адреса слота) и индексам чтением и записью. Дополнительные четыре слота определяются только для резервирования места адреса слота для нециклической передачи данных.



Устанавливаемые значения и статус не передаются циклично по нескольким причинам. Одна из них это большое число доступных регистров, которые нельзя покрыть только 16 слотами и максимальным размером данных на слот.

6.6 Нециклическая коммуникация через Profibus/Profinet

Нециклическая коммуникация с целевым устройством выполняется использованием **слотов**, точнее их адресами (ID), и **индексов**, которые доступны блоками системных функций для чтения и записи. SFB для применения здесь обычно SFB52 и SFB53, при использовании программы Siemens. Другие программы для ПЛК предлагают схожие опции.

SFB требуют ID, индекс и параметр как ввод. Параметром может быть статус или устанавливаемое значение, переведённое в шестнадцатичное значение как описано в „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“.

Новичкам мы предлагаем пример проектов (на поставляемом носителе USB или как загрузка с сайта), один для Profibus и для Profinet, которые можно открыть с Siemens STEP7 и которые продемонстрируют доступ к устройству с предконфигурированными блоками данных.

Список регистров для вашего устройства или серии имеет две колонки, относительно только использования Profibus/Profinet. Этот заданный слот и номер индекса для отдельной команды. Необходимый параметр определяется в списках регистров, соответственно в „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“. Практическое правило:

- **Команды, где не даётся слот/индекс, не поддерживаются через Profibus и Profinet**

Общая процедура удалённого контроля устройства такая:

1. **Активируйте удалённый контроль** соответствующей командой (может быть задана ведомым, смотрите „3.2. Расположение управления“)
2. Удалённо контролируйте и делайте мониторинг вашего устройства пока требуется
3. Деактивируйте, т.е. покиньте удалённый контроль

Если вы желаете записать данные чтением значений от устройства, то активация удалённого контроля без необходимости. Вы можете отправить команды запроса на устройство в любое время и оно ответит незамедлительно, если текущая ситуация позволит устройству ответить.

При запросе чего-либо от устройства, блок функций выдаст данные, возвращённые от устройства, в выходной буфер. Эти данные можно затем обрабатывать.

Магистральная шина обеспечивает чтобы команда передавалась на ведомый блок, иначе будет сгенерирована ошибка. Но она не может проконтролировать принятие команды устройством или что оно установило желаемое значение. В этом можно убедиться при чтении значения от устройства и сравнением. Было ли значение передано на вход/выход DC устройства, нельзя установить точно.

Чтобы отправить команду программой Profibus/Profinet, следует применить следующее:

1. Выберите исполняемую команду из списка регистров и считайте её назначенные значения слота/индекса.
2. Установите адрес I/Q, который назначен на специальный слот в HWCONFIG и который используется для получения значения ID. Использование ID, индекса, слота и подслота отличаются не только между Profibus и Profinet, но и между различными ПЛК системами и программами. Примеры ниже демонстрируют это.
3. Задайте ID, индекса и параметры (устанавливаемое значение, статуса или что-либо ещё) в десятичном или шестнадцатичном формате в SFB и исполните их.
4. Обработайте данные, возвращённые от устройства, если последняя команда была запросом.

6.7 Примеры нециклического доступа

6.7.1 Активация/деактивация удалённого контроля

Удалённый контроль это состояние устройства. Его необходимо активировать, т.е. пользователь должен сделать это до того как устройством можно управлять удалённо. В зависимости от настроек и текущего состояния устройства, при котором оно переводится, устройство может отклонить запрос.

► Как активировать или деактивировать удалённый контроль вашего устройства через Profibus

1. Используйте список регистров и найдите подходящую команду, здесь: [Register 402 - Remote mode](#).
2. Найдите слот и значения индекса для этой команды в специальных колонках, здесь слот 2 и индекс 1.
3. Из конфигурации слота, считайте адрес I/Q для слота 2, чтобы иметь значение параметра ID, например, 260 (как в примерах конфигураций в 6.3 и 6.4) или DW#16#104
4. Значение индекса из списка регистров переходит в параметр INDEX вот так:
Profibus: INDEX = индекс = 1
Profinet: INDEX = Номер слота * 255 + 1 + индекс = 510 + 1 + 1 = 512
5. Используйте подходящий блок функций в вашей автоматизированной программе, например SFB53.
6. Задайте контрольное значение для этой команды, как описано в колонках "Data" и "Example":
0xFF00 = Активировать удалённый контроль
0x0000 = Деактивировать удалённый контроль
7. Сконфигурируйте блок функций с ID, INDEX и контрольным значением и исполните блок. Если как-то не заблокировано устройством, то должен произойти переход в удалённое управление или обратно в ручной контроль.

6.7.2 Отправка устанавливаемого значения

Любая команда, которая задаёт что-либо на устройстве, неважно значение либо статус, требует активации статуса удалённого управления. Смотрите также „6.7.1. Активация/деактивация удалённого контроля“ и „3.2. Расположение управления“.

Перед отправкой значения, сперва выберите какое вы желаете задать и возможно вам понадобится его перевести, так как значения передаваемые через Profibus/Profinet передаются в процентах от номинальных значений. Подробности читайте в секциях „4.3. Формат устанавливаемых значений и разрешение“ и „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“.

► Как задать значение тока на входе/выходе DC

1. Используйте список регистров и найдите подходящую команду, здесь: [Register 501 - Set current value](#).
2. Найдите слот и значения индекса для этой команды в специальных колонках, здесь слот 2 и индекс 24.
3. Из конфигурации слота, считайте адрес I/Q для слота 2, чтобы иметь значение параметра ID, например, 260 (как в примерах конфигураций в 6.3 и 6.4) или DW#16#104
4. Значение индекса из списка регистров переходит в параметр INDEX вот так:
Profibus: INDEX = индекс = 24
Profinet: INDEX = Номер слота * 255 + 1 + индекс = 510 + 1 + 24 = 535
5. Используйте подходящий блок функций в вашей автоматизированной программе, например SFB53.
6. Задайте контрольное значение для этой команды, как описано в колонках "Data" и "Example":
0x0000...0xCCCC (десятичное: 52428) = Ток 0...100%.
Пример: для модели с 170 А номинального тока и желаемым значением 10 А, это будет 1/17 от номинала, отсюда $52428/17 = 3084 \rightarrow 0x0C0C$.
7. Введите контрольное значение 0x0C0C вместе с ID и INDEX в блок функций и исполните блок. Устройство должно сразу же установить 10 А. Это можно проверить на дисплее устройства, где это отобразится как установленное значение тока.

6.7.3 Считывание чего-либо

Считывание чего-либо из устройства всегда возможно, это означает не требуется удалённого контроля. Отдельно от циклично передаваемых данных, любую другую доступную информацию можно считать через нециклическую передачу.

► Как считывать актуальные значения напряжения и тока

1. Используйте список регистров и найдите подходящий регистр. Регистры напряжения и тока рядом друг с другом, которое для напряжения это нижнее число, поэтому будет так: Register 507 - Actual voltage
2. Найдите слот и значения индекса для этой команды в специальных колонках, здесь слот 2 и индекс 28
3. Из конфигурации слота, считайте адрес I/Q для слота 2, чтобы иметь значение параметра ID, например, 260 (как в примерах конфигураций в 6.3 и 6.4) или DW#16#104
4. Значение индекса из списка регистров переходит в параметр INDEX вот так:
Profibus: INDEX = индекс = 28
Profinet: INDEX = Номер слота * 255 + 1 + индекс = 510 + 1 + 28 = 539
5. Считайте длину из колонки "Data length in bytes" чтобы определить сколько байт надо для чтения. В этом случае два регистра в длиной 2 байта для чтения, поэтому 4 байта.
6. Используйте подходящий блок функций в вашей автоматизированной программе, например SFB52.
7. Сконфигурируйте блок функций с ID, INDEX длиной данных (4 байта или 2 слова, в зависимости как программа определяет ввод).
8. Исполните блок функций. Буфер данных блока должен вернуть запрашиваемые данные в форме 20 байт.

Возвращаемые 4 байта будут содержать актуальное значение напряжения в первых двух байтах и представляется как процентное значение (перевод смотрите в „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“). Актуальные значения тока будут в последних двух байтах.

Изменением длины данных до 6, вы можете включить актуальное значение мощности. Альтернативно, вы можете запросить каждое актуальное значение отдельно. Чтобы сделать это, вам необходимо использовать соответствующее число регистра для параметра INDEX и длину данных 2.

6.8 Интерпретация данных

Данные возвращаемые после запросов, а циклично передаваемые данные на первом месте, должны быть интерпретированы. Возьмём пример из симулятора ведущего Profibus, где цикличные данные комфортно поясняются. Также смотрите секцию „4.4. Перевод устанавливаемых и актуальных значений“.

Eingangsdaten			
76543210			
1:	00	00000000	0
2:	00	00000000	0
3:	04	00000100	4
4:	C0	11000000	192

5:	26	00100110	38
6:	3A	00111010	58

7:	0C	00001100	12
8:	9B	10011011	155

9:	09	00001001	9
10:	25	00100101	% 37

11:	00	00000000	0
12:	00	00000000	0

13:	00	00000000	0
14:	00	00000000	0

15:	00	00000000	0
16:	00	00000000	0

17:	00	00000000	0
18:	00	00000000	0

Это циклично передаваемые данные 8 слотов, как задано в GSD/GSDML. Используются только слоты 1-4, поэтому остаток остаётся пустым.

Слот 1: Статус устройства (связан с регистром 505). Значение 0x000004C0 говорит, что биты 6, 7 и 10 заданы. Это значит, устройство конфигурированное как ведущее (для ведущий-ведомый), вход/выход включен и режим регулирования CC.

Слот 2: Актуальное напряжение (связан с регистром 507). У модели 250 В, например, значение 0x263A переводится в $250 \text{ В} * 0x263A / 52428 = 46.7 \text{ В}$.

Слот 3: Актуальный ток (связан с регистром 508). У модели 510 А, например, значение 0x0C9B переводится в $510 \text{ А} * 0x0C9B / 52428 = 31.4 \text{ А}$.

Слот 4: Актуальная мощность (связан с регистром 509). У источника питания 5 кВт, например, значение 0x0925 переводится в $5000 \text{ Вт} * 0x0925 / 52428 = 223 \text{ Вт}$ или 0.22 кВт.

Слот 5: не используется для циклических данных

Слот 6: не используется для циклических данных

Слот 7: не используется для циклических данных

Слот 8: не используется для циклических данных

7. CANopen

Объекты коммуникации, регистры и индексы доступные для CANopen определены в EDS/XDD (Electronic Data Sheet) файле, который поставляется с устройством на носителе USB или загружается из веб сайта производителя или даётся по запросу. Этот EDS можно интегрировать в специальную программу, относящейся к CANopen. Индексы CANopen не разъясняются отдельно, так как их понятность и использование идентично описанному протоколу ModBus и файлам внешнего списка регистров.

Разница только в том, что адреса регистра ModBus начинаются с 0 и у CANopen, в соответствии со стандартом и спецификации интерфейса производителем, индексы пользователя располагаются от 0x2001. Это значит, что адреса регистров, как приводится в десятичной форме в списке регистров, смещаются значением 0x2001 (8193). Примеры из части ModBus этого руководства можно применять так же и для CANopen, но сокращёнными на ядро с данными, потому что CANopen не сопоставляется с контрольными суммами и кодами функций как у ModBus.



CANopen модуль IF-AB-CANO не имеет конечного внутреннего резистора. Поэтому требуемый резистор окончания шины должен быть применён пользователем, в соответствии с условиями шины CAN.

7.1 Подготовка

Требуются несколько вещей, для коммуникации с устройством через CANopen интерфейс **IF-AB-CANO**:

1. Кабель CAN, предпочтительно с переключаемым завершающим резистором, который всегда должен быть активирован, если устройство на конце шины, как при прямом подключении компьютера к одиночному блоку ELR 9000
2. EDS/XDD (обычно даётся вместе с этим документом)
3. CANopen программа для компьютера (не поставляется, подходит любая программа для CANopen)
4. Документация о том как пользоваться поддерживаемыми индексами. Смотрите секции 1. - 4., 7.2 и 9., а также поставляемый список регистров.

7.2 Объекты пользователя (индексы)

Формат сообщений используемый для коммуникации CANopen относится к ModBus. Специальный индекс отражает специальный регистр ModBus. Производитель модуля CANopen определил, что объекты пользователя перечисляются от индекса 2001. У ModBus, регистры начинаются с 0. Это означает, что индекс 2001 соответствует регистру 0 или индекс 21F5 соответствует регистру 500 и т.п.

EDS/XDD содержит меньше индексов, чем устройство поддерживает регистров ModBus. Но доступные индексы всё равно покрывают большинство функций устройства при работе в удалённом контроле.

Вместе с этим руководством, они обычно используются для так называемых списков регистров для ModBus первоначально, но их же можно использовать и для CANopen, так как они также определяют тип данных и диапазон значений индексов. Примеры в других секциях этого руководства можно применять так же и для CANopen.

7.2.1 Перевод ADI -> регистр

Перевод индекса CANopen, как приводится в файле EDS, в адрес регистра лёгкий из-за фиксированного офсета 0x2001. Например, если берёте индекс "207A Nominal voltage" из EDS, он переводится так:

Номер индекса - Офсет = адрес регистра --> 0x207A - 0x2001 = 0x79 (шест.) = 121 (дес.). В соответствии со списком регистра устройства ELR 9000, это показывает номинальное напряжение как значение FLOAT. А так как CANopen не поддерживает тип данных FLOAT, то EDS использует здесь REAL32. Пользователь должно только перевести 32 битное значение в соответствии со спецификацией IEEE 754.

7.3 Конкретные примеры

7.3.1.1 Перевод в удалённый контроль

Как описано в „4.8.9.5. Переход в удалённый контроль и обратно в ручной контроль“, требуется перевести устройство в удалённое управление перед началом его контроля. Чтобы это сделать, сперва необходимо найти подходящую команду, т.е. регистр в списке или специальный индекс в EDS. В этом случае, это регистр 402 или индекс 0x2193. Список регистров определяет, что значение 0xFF00 должно быть отправлено для перехода в удалённый контроль или значение 0x0000 для выхода из него.

7.3.1.2 Задание устанавливаемого значения

После принятия удалённого контроля устройством, вы можете отправлять значения. Они обычно представляют собой процентные значения. Из определений в списке регистров, шестнадцатиричное значение 0xCCCC переводится в 100% и 0x0000 в 0%.

Это значит, что имеется 52428 возможных значений между 0% и 100%. Здесь необходимо обратить внимание, что это не разрешение значения устройства как напряжение или ток, задаваемые на входе/выходе DC. Эффективное разрешение значений входа/выхода 26214 шагов. Пример перевода устанавливаемого значения в „4.8.9.1. Запись устанавливаемого значения“.

7.4 Особые характеристики

7.4.1 Использование генератора функций

Из-за того, что CANopen способен транспортировать максимум 4 байта данных на сообщение, 8 значений данных точек секвенции для точек секвенции произвольного генератора нельзя передать сразу, но можно в 8 отдельных сообщениях. Устройство проверяет каждое значение на достоверность при отправке, а как только все секвенции заданы без ошибок, **потребуется отправка дополнительной подтверждающей команды (индекс 235F)**. Это передаст данные секвенции и загрузит функцию для действия старт/стоп. Без отправки этой команды, генератор функций запустит все данные нулями или использует ранние данные.

Исполнительные шаги, как описано в секции 4.10.7.1, для CANopen такие же.

Шаг 1:

Выберите на что применять функцию, на напряжение U (индекс 2354) или ток I (индекс 2355). До того как вы сделали выбор, устройство не примет данные точек секвенции, потому что они идут через проверку на достоверность по отношению к номинальным значениям устройства.

Шаг 2:

Задайте начальную точку секвенции (индекс 235C), конечную точку секвенции (индекс 235D) и количество циклов этого блока точек секвенции для повтора (индекс 861).

Шаг 3:

Загрузите данные всех требуемых точек секвенции (x из 99, индексы 2385 - 29A5, 8 значений на точку секвенции в субиндексах).

Шаг 3.1:

Утвердите данные записью 0xFF00 в индекс 235F (регистр 862, недокументировано для ModBus, так как не требовалось).

Шаг 4:

Задайте общее ограничение напряжения (индекс 21F5), если функция применяется на ток. Иначе задайте общее ограничение тока (индекс 21F6), если функция применяется на напряжение. Задайте общее ограничение мощности (индекс 21F7) для обоих режимов.

Шаг 5:

Контролируйте генератор функций при помощи старт/стоп (индекс 2353).

Шаг 6:

По окончании, покиньте генератор функций отменой предыдущего выбора U (индекс 2354) или I (индекс 2355) снова записью 0x0000.

7.5 Коды ошибок

Следующие коды ошибок, как часть стандарта CANopen, поддерживаются интерфейс модулем CANopen:

Код	Описание
0x06020000	Объект не существует в словаре объектов (список регистра ModBus)
0x06040043	Команда не поддерживается
0x06099911	Субиндекс не существует
0x06010002	Попытка записи объекта только для чтения
0x06010002	Попытка чтения объекта только для записи
0x06070012	Слишком много данных
0x06070013	Недостаточно данных
0x06090030	Превышен диапазон значений параметра
0x08000022	Данные нельзя передать или сохранить, из-за текущего состояния устройства
0x05040005	Нехватка памяти
0x08000000	Общая ошибка

8. CAN

Эта секция единолично посвящена коммуникации с устройством через CAN интерфейс IF-AB-CAN. Сама конфигурация интерфейса выполняется на панели управления (HMI) устройства. Поддержка удалённой конфигурации ещё не исполнена.

8.1 Подготовка

Коммуникации с устройством через CAN модуль IF-AB-CAN требует нескольких вещей:

1. Кабель CAN. Не требуется иметь кабель с интегрированным окончателем шины или резистором, потому что интерфейс модуль имеет электронный свитч и резистор для завершения шины. Если кабель его имеет тоже, то важно активировать только один на обоих, иначе появится ошибка на шине.
2. При использовании Vector™ или похожей программы, которая может использовать файлы базы данных (DBC), специальный DBC для определённой модели устройства. Если недоступно, можно запросить у производителя или создать самому.
3. CAN программу для компьютера (не поставляется, подходит любая программа для CAN).
4. Документацию о том как использовать поддерживаемые объекты CAN. Смотрите ниже и секции 1. - 4., а также поставляемые списки регистров.

8.2 Представление

Формат данных является производным от описанного ранее в этом руководстве ModBus RTU. В отношении файла баз данных (DBC) мультиплексное значение (терминология Vector) представляет специальный **регистр ModBus** или **объект/команду**. Объекты в базе данных отсюда выбираются мультиплексором и при прямом программировании CAN, первые два байта данных в сообщении CAN определяют объект для доступа. Выбор между записью и чтением объектов выполняется CAN ID.

Каждое устройство будет назначено на три CAN ID, которые регулируются базовым ID в настройках CAN устройства. Базовый ID используется для записи на объекты (сообщение: **Send_Object**), чтение объектов (сообщение: **Query_Object**) выполняется базовым ID + 1 и ответы (сообщение: **Read_Object**) приходящие от устройства используют базовый ID + 2.

Ответы ожидаемо поступают после запроса, но и неожиданно в случае ошибки коммуникации или доступа. При регулировке базового ID устройства, другие ID смещаются автоматически.

Существует другой регулируемый ID, вещательный ID. Он отделён от других и его можно использовать для доступа к нескольким устройствам сразу одной командой, при его установке на одинаковое значение на всех блоках. Этот ID только для доступа для записи (**Send_Object**). Запрос на несколько устройств сразу одним сообщением невозможен.

Отдельно от базового ID и вещательного ID для нециклического доступа, существуют другие ID для установки циклических данных, которые можно отправить устройством после активации. Обратитесь к руководству по эксплуатации вашего устройства, в частности к секции настроек коммуникации.

8.3 Форматы сообщений



Разъяснения ниже, кроме выбора ID для переключения между записью и чтением, относятся к функциям ModBus, как приводится в списках регистров в колонках 2-6.

8.3.1 Нормальная отправка (запись)

Запись на устройство всегда происходит базовым ID или вещательным ID. Это требует определения первого регистра/объекта для записи в данных CAN, а также количество регистров для записи и особенное число байт параметров, которые могут представлять различные типы данных.

Доступ: Базовый ID, вещательный ID

ModBus функция: Write Single Coil (WSC), Write Single Register (WSR)

Байты 0+1	Байт 2	Байты 3+4
Регистр	Число регистров для записи	Данные
0...65534	Всегда 1	Значение (16 бит)

ModBus и SCPI

Доступ: Базовый ID

ModBus функция: Write Multiple Registers (WMR)

Байты 0+1	Байт 2	Байт 3	Байты 4-7
Стартовый регистр	Число регистров для записи	Маркер	Байты данных
0...65534	2...123	0xFF, 0xFE...	Четыре байта или два значения 16 бит или одно значение 32 бита

Стартовый регистр: всегда число регистров из списка регистров, т.е. начальный регистр, даже для WMR.

Число регистров для записи: обратитесь к списку регистров. Каждый объект имеет стартовый регистр и определённое число общих регистров от объекта. Объект, заданный 40 байтами, занимает 20 регистров, и при записи на него значение должно быть 20.

Маркер: используется для различия одиночных сообщений от раздельных и определения корректной последовательности данных. Например, ряд текста пользователя может быть длиной до 40 символов и при записи он должен быть на несколько сообщений. Каждое сообщение может передать 4 байта данных регистра. Маркер всегда начинается с 0xFF и считается по нисходящей (0xFF, 0xFE...) при каждом следующем сообщении, относящемся к передаче. Маркер требуется, так как на шине CAN не гарантируется, что сообщения будут приниматься в том же порядке, в котором были отправлены.

Байты данных: количество байт в данном типе сообщений всегда 4, неважно все ли байты заполнены информацией из актуальных данных для передачи или они нули. Пример: текст пользователя длиной 15 символов необходимо отправить в минимум 4 сообщения. Объект для текста пользователя определяется для наличия 20 регистров, значит 10 сообщений. Вы можете выбрать, записать все 40 байт, тогда как остальные байты в передаче будут нулями, или сократить количество сообщений до минимум 4, т.е. значение 8 для **Число регистров для записи**.

8.3.2 Циклическая отправка (запись)

Циклическая отправка или циклическая запись очень схожа с нормальной отправкой, но она более эффективна по времени и предназначена для часто используемых объектов как устанавливаемые значения. Она предлагает возможность отправки сразу всех четырёх значений на устройство. Требуется резервирование двух дополнительных CAN ID. Пользователь определяет интервал в программе CAN, неважно при нормальной или циклической отправке. Но и здесь есть ограничения. Расчёт времени описывается в секции 3.3.3 и применим здесь.

Чтобы использовать эту функцию, пользователь должен только определить отдельную регулировку "Base ID Cyclic Send" и может затем отправить два различных сообщения в следующем формате:

Доступ: Базовый ID (Контроль)

Байты 0-1
Контрольное слово

Определение контрольного слова:

Бит	Имя	Относит. регистр	Значение
0	Удал. контроль	402	Активирует удалённый контроль устройства с 1 или деактивирует его с 0
1	Вход / Выход	405	Включает вход/выход DC устройства с 1 или выключает его с 0
2	UIP / UIR	409	Активирует режима контроля сопротивления (UIR) с 1, тогда как с 0 режим UIP будет активен
3	Регулировка напряжения	422	Доступно только у электронных нагрузок: переключает скорость внутреннего контроллера напряжения между „быстрая“ (1) и „медленная/нормальная“ (0)
4	Тревоги	411	С 1 ознакомление со всеми бывшими сигналами тревоги



Это контрольное слово требует специального внимания, так как 5 бит могут запустить сразу несколько действий, которые не имеют определённого приоритета обработки. Это значит, если вы попытаетесь активировать удалённый контроль вместе с включением входа/выхода DC (биты 0 и 1 оба TRUE), вы можете получить ошибку о конфликте настроек, потому что устройство возможно исполнит бит 1 перед битом 0.

Доступ: Базовый ID Циклическая Отправка + 1 (Устанавливаемые значения)

Байты 0-1	Байты 2-3	Байты 4-5	Байты 6-7
Регистр 500	Регистр 501	Регистр 502	Регистр 503
Устанавливаемое значение напряжения	Устанавливаемое значение тока	Устанавливаемое значение мощности	Устанавливаемое значение сопротивления

8.3.3 Запросы

Запрос объекта это первая часть действия чтения. Он всегда выполняется через базовый ID + 1. Устройство должно затем ответить через базовый ID + 2 (Read_Object) и с ожидаемыми данными. Только после прочтения ответа, действие чтения заканчивается. Чтобы запросить объект через запрос ID (базовый ID + 1), достаточно просто отправить номер стартового регистра.

Доступ: Базовый ID + 1

ModBus функции: Read Coils (RC), Read Holding Registers (RHR)

Байты 0+1
Стартовый регистр
0...65534

8.3.4 Нормальное чтение

Данные, идущие от устройства, могут быть одним сообщением (ожидаемым или ошибкой) или отдельными, формирующими ответ. Информация распределяется в буфер или, при использовании программы Vector, автоматически в сигналы. Данные разделённых сообщений должны быть объединены снова в соответствии с маркером. Даже база данных Vector не сможет сделать это автоматически. Но только немного объектов, как текст пользователя, которые требуют такого подхода и обычно к ним не требуется частый доступ.

В зависимости от длины ожидаемых данных, ответ должен быть разделён на несколько сообщений. Эти разделённые сообщения используют дополнительный маркер.

Доступ: Базовый ID + 2

Ответ одним сообщением (число запрошенных регистров 1-3):

Байты 0+1	Байты 2-7
Регистр	Данные
0...65534	1-3 регистры

Ответ несколькими сообщениями (число запрошенных регистров >3):

Байты 0+1	Байт 2	Байты 3-7
Регистр	Маркер	Данные
0...65534	0xFF, 0xFE...	5 байт

Ответ как сообщение об ошибке:

Байты 0+1	Байт 2
65535	Код ошибки

Коды ошибок используются здесь так же как и с ModBus. Смотрите „4.8.8. Ошибки коммуникации“.

8.3.5 Циклическое чтение

Возможность циклического чтения это расширенная функция, где устройство может автоматически отправлять специальные объекты на специальные ID и в определённые интервалы. Сообщения циклического чтения отличаются от нормальных действий чтения.

Чтобы активировать и использовать циклическое чтение, пользователь должен:

1. задать отдельный базовый ID для циклического чтения на устройстве (HMI, CAN настройки).
2. определить какие из 5 доступных объектов для цикла будут использоваться и активировать их установкой времени интервала в значение отличное от нуля.

Время интервалов для 5 объектов может быть отдельным и произвольным. В случае их совпадения или наложения, устройство отправит соответствующие сообщения последовательно и как можно быстрее.



Минимальный интервал 20 мс. При использовании очень низкой скорости шины CAN, например 10-50 кб/с, может появиться ошибка шины CAN, так как слишком много трафика.

Как только циклическое чтение активировано заданием временем интервала минимум одному доступному объекту в отличие от 0, и если соединение CAN установлено, устройство начнёт автоматическую и постоянную отправку сообщений на определённые ID. Тогда как соединение CAN открыто, возможность циклического чтения можно выключить или включить, использованием настроек CAN на HMI или соответствующими командами.

5 ID можно резервировать для циклического чтения. Начав установку "Базовый ID Циклическое Чтение" (смотрите HMI устройства), данные в сообщениях определяются по следующему:

Доступ: Базовый ID Циклическое Чтение (Статус)

Байты 0-3

Статус устройства (32 Бита)

Макет бит значений статуса устройства:

Бит	Имя	Значение	Бит	Имя	Значение
31	Удалён. контроль	1 = вкл.	15	-	
30	Вход / выход	1 = вкл. (запр., регистр 405)	14	Тревога OVD	1 = тревога активна
29	Рег. скор. напряж.	1 = быстрая (регистр 422)	13	Тревога OVP	1 = тревога активна
28	UIP/UIR	1 = UIR (регистр 409)	12	Тревога PF	1 = тревога активна
27	Тревоги	1 = мин. 1 тревога активна	11		
26	Тревога MSS	1 = тревога активна	10		
25	Тревога OCD	1 = тревога активна	9	REM-SB	1 = вкл. (регистр 505, бит 30)
24	Тревога OCP	1 = тревога активна	8	Тревога UCD	1 = тревога активна
23	Интерфейс в доступе	регистр 505, биты 4-0	7	Тревога UVD	1 = тревога активна
22			6	Удален. компенс.	1 = внешняя, 0 = внутрен.
21			5	Генератор функц.	1 = ГФ активен
20			4	Тип MS	1 = ведущий, 0 = ведомый
19			3	Вход / выход	1 = вкл. (регистр 505, бит 7)
18	Тревога OPD	1 = тревога активна	2	Режим работы	регистр 505, биты 10-9
17	Тревога OPP	1 = тревога активна	1		
16	Тревога OT	1 = тревога активна	0	-	

Доступ: Base ID Циклическое Чтение + 1 (Актуальные значения)

Байты 0-1	Байты 2-3	Байты 4-5
Регистр 507	Регистр 508	Регистр 509
Актуальное напряжение	Актуальный ток	Актуальная мощность

Доступ: Base ID Циклическое Чтение + 2 (Устанавливаемые значения)

Байты 0-1	Байты 2-3	Байты 4-5	Байты 6-7
Регистр 500	Регистр 501	Регистр 502	Регистр 503
Устанавливаемое значение напряжения	Устанавливаемое значение тока	Устанавливаемое значение мощности	Устанавливаемое значение сопротивления

Доступ: Base ID Циклическое Чтение + 3 (Регулировка ограничений 1)

Байты 0-1	Байты 2-3	Байты 4-5	Байты 6-7
Регистр 9002	Регистр 9003	Регистр 9000	Регистр 9001
I-макс	I-мин	U-макс	U-мин

Байты 0-1	Байты 2-3
Регистр 9004	Регистр 9006
R-макс	R-макс

8.3.6 Примеры сообщений

8.3.6.1 Перевод в удалённый контроль

Как описывается в „4.8.9.5. Переход в удалённый контроль и обратно в ручной контроль“, требуется перевести устройство в удалённый контроль перед тем как им управлять. Что сделать это, вам сперва необходимо найти соответствующую команду, т.е. регистр в списке регистров или специальный индекс в EDS. В этом случае, это регистр 402 (шест.: 0x192). Список регистров определяет, что значение 0xFF00 должно быть отправлено для переключения в удалённое управление или значение 0x0000 для выхода из него.

Предполагая, что устройство установлено в базовый ID **0x100**, данные должны быть отправлены в соответствии с 8.3.1:

0x01	0x92	0x01	0xFF	0x00
Регистр / объект		Ном. реги-стров для TRUE	Бит (coil)	

Устройство должно тогда перейти в удалённый контроль, если как-нибудь не заблокировано. Статус удалённого контроля можно считать из дисплея или чтением другого объекта.

8.3.6.2 Запись и считывание устанавливаемого значения

После одобрения удалённого контроля устройством, вы можете отправлять значения. Эти значения обычно представляют процентное значение. Из определения в списке регистров, шестнадцатиричное значение 0xCCCC переводится в 100% и 0x0000 в 0%. Это значит, что имеется 52428 значений между 0% и 100%. Здесь необходимо отметить, что тут нет разрешения значения устройства, как напряжение или ток имеют на входе/выходе DC. Эффективное разрешение значение входа/выхода имеет 26214 шагов. Пример перевода устанавливаемого значения даётся в „4.8.9.1. Запись устанавливаемого значения“.

Модель источника питания PSI 9080-170 3U имеет номинальный ток 170 A. Если вы желаете установить его в 35 A, устанавливаемое значение, в соответствии с формулой в 4.4, рассчитывается как: $35 \text{ A} * 52428 / 170 \text{ A} = 10794 = 0x2A2A$. Ток задаётся регистром 501. Предполагая, что устройство установлено в базовый ID **0x88**, данные должны быть отправлены в ID 0x88 в соответствии с 8.3.1:

0x01	0xF5	0x01	0x2A	0x2A
Регистр / объект		Ном. реги-стров	Уст. значение тока	

Как только устройство примет значение, оно устанавливается и его можно считать из дисплея или чтением, используя тот же объект. С таким же базовым ID, запрос сообщения будет

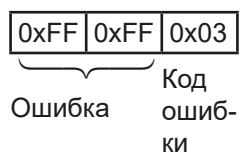
0x01	0xF5
Регистр / объект	

и оно должно быть отправлено на запрос ID устройства, здесь **0x89**. Вскоре после этого, устройство должно ответить запрашиваемым значением на чтение ID 0x8A:

0x01	0xF5	0x2A	0x2A
Регистр / объект		Уст. значение тока	

ModBus и SCPI

Если значения не были приняты при их отправке, к примеру, из-за установленного ограничения тока (I-макс) заданного в 30 А, устройство может ответить сообщением об ошибке (смотрите 8.3.4) вместо ожидаемого:



Код 0x3 ошибки ModBus говорит "неверный данные". В этом случае, установленное значение было слишком большим.

9. EtherCAT

9.1 Преамбула

Те серии устройств, поддерживающие интерфейс модули Anybus (смотрите „2.2. Поддержка модулей Anybus“) также поддерживают новые EtherCAT модули IF-AB-ECT, установкой обновления программной прошивки. Обновление доступно для загрузки с августа 2016 или даётся по запросу.

Коммуникация данных EtherCAT базируется на протоколе CANopen, здесь называется CANopen через Ethernet. Вся документация EtherCAT и CANopen предоставляется компанией Beckhoff или организацией CiA.

Ниже мы ссылаемся на всё относящееся к программному обеспечению Beckhoff's TwinCAT.

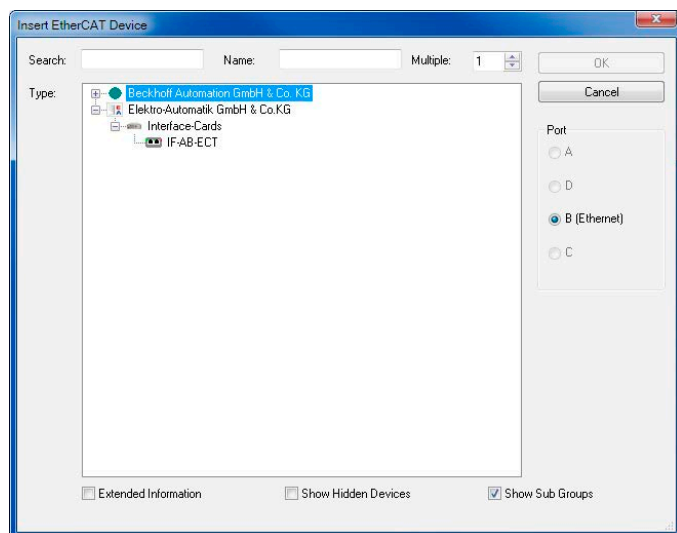
9.2 Интеграция вашего устройства в TwinCAT

Сейчас новые устройства поставляются с носителем USB, который содержит файл ESI, описание устройства EtherCAT в формате XML. Альтернативно, этот файл можно получить по запросу при обновлении устройства для поддержки EtherCAT.

Файл размещён в специальной папке в установке TwinCAT. Путь по умолчанию:

c:\TwinCAT\<twincat_version>\Config\Io\EtherCAT\

После установки этого файла и перезапуска TwinCAT IDE, наши ведомые EtherCAT можно интегрировать в настройку диалога "Insert EtherCAT Device" выбором имени устройства "IF-AB-ECT":



Другие ведомые можно добавить таким же методом.

9.3 Объекты данных

Внутренне устройства используют протокол ModBus и при коммуникации CANopen через Ethernet, в обоих направлениях, сообщения переводятся. Поэтому ссылкой для всех циклических (PDO) и нециклических данных (SDO) являются списки регистров ModBus. Они поставляются с устройством на носителе USB (или доступны для скачивания) как часть программной документации. Нециклические объекты загружаются из устройства при онлайн доступе к ведомому EtherCAT в табуляции "CoE" в TwinCAT. Офлайн объекты в форме файла EDS недоступны.

Вместе с PDO, определёнными в файле ESI, полный список индексов становится открытым для доступа и позволяет пользователю полностью контролировать устройство.

Имеется связь между индексами CoE и регистрами ModBus в списках. Вы можете переводить их оба.

• Перевод регистра ModBus ► индекс CANopen

Десятичное число регистра ModBus + 8193 ► перевод в шестнадцатиричную = индекс

Пример: вы желаете перевести устройство в удалённое управление и хотите найти соответствующий индекс CoE. В списке регистра имеется номер 402 для этого. Расчёт: $402 + 8193 = 8595$ ► преобразуется в шестнадцатиричную систему, это 0x2193, отсюда индекс 2193.

• Перевод индекса CANopen ► регистр ModBus

Шестнадцатиричный индекс CANopen - 0x2001 ► перевод в десятичную = регистр

Пример: вам необходимо значение битов в PDO "Status". Найдите соответствующий индекс CoE в списке индексов. Здесь 21FA. Расчёт: $0x21FA - 0x2001 = 0x1F9$ ► преобразуется в десятичную систему, это 505. В списке регистров вы найдёте число 505 и размещение в значении 32 бита.

9.3.1 PDO

Файл описания устройства определяет для наших ведомых EtherCAT такой же набор PDO:

Имя	EtherCAT тип данных	Длина в байтах	ModBus регистр	Краткое описание
Status	UDINT	4	505	Статус устройства
Voltage Monitor	UINT	2	507	Актуальное напряжение на входе/выходе DC (в процентах)
Current Monitor	UINT	2	508	Актуальный ток на входе/выходе DC (в процентах)
Voltage select	UINT	2	500	Задаваемое значение напряжения (в процентах)
Current select	UINT	2	501	Задаваемое значение тока (в процентах)
Power select	UINT	2	502	Задаваемое значение мощности (в процентах)
Resistance select	UINT	2	503	Задаваемое значение сопротивления (в процентах)

9.3.2 SDO

Нециклические объекты данных для использования в системе EtherCAT определяются в вашем устройстве и их можно загрузить из него. Требуется чтобы устройство было онлайн в системе EtherCAT. Отсутствует отдельная документация для загружаемых объектов данных. Как у CANopen (смотрите „7. CANopen“), списки регистров, которые являются частью программной документации, являются ссылкой для SDO для разъяснения содержимого данных и функций.

9.3.3 Использование объектов данных

Пожалуйста, обратитесь к „7.2. Объекты пользователя (индексы)“.

А. Аппендикс

А1. Классы устройств

Для различия серий устройств и особенно вариантов внутри одной серии, устройству назначается номер класса. Его можно считать из устройства (регистр 0 или SYSTEM:DEVICE:CLASS?) и использовать для простого различия источника питания от электронной нагрузки при сканировании сети на поиск блоков нашего производства.

Class	Assigned to series
20	ELR 9000
21	PSI 9000 2U/3U (модели от 2014)
23	PS 5000
24	PS 2000 B Triple
28	PS 9000 2U/3U (модели от 2014)
29	PSI 5000
30	PS 9000 1U
32	ELR 9000 TFT
33	PSI 9000 2U/3U TFT
34	ELR 9000 TFT 3W
35	PSI 9000 2U/3U TFT 3W
38	PS 9000 2U/3U 3W
39	EL 9000 B
41	ELR 5000
42	PSI 9000 DT
43	PSE 9000 3U
44	EL 9000 DT
45	PSI 9000 Slave
46	EL 9000 B Slave
47 / 50	PSI 9000 T
48 / 51	EL 9000 T
49 / 56	PS 9000 T
52	PSI 9000 3U / EL 9000 B 2Q (только передний USB)
53	EL 9000 B 2Q
54	EL 9000 B 3W
55	EL 3000 B
58	PSB 9000
59	ELR 9000 HP
60	ELR 9000 HP 3W
61	PSB 9000 Slave
62	PSB 9000 Slave (только передний USB)
63	PSB 9000 3U 3W
64	PSBE 9000

Список обозначений:

TFT = Модель/серия с TFT сенсорной панелью (более ранние серии имели LCD сенсорную панель)

3W = Модель/серия с установленной опцией 3W

1U / 2U / 3U = Тип корпуса: 19" высотой 1U или 2U или 3U

T = Тип корпуса: Tower

DT = Тип корпуса: Desktop

R = Тип корпуса: настенный монтаж

2Q = Ведомый блок для двух-квadrантной работы



Elektro-Automatik

EA Elektro-Automatik GmbH & Co. KG

Разработки - Производство - Продажи

Хельмхольцштрассе 31-37

41747 Фирзен

Германия

Телефон: +49 2162 / 37 85-0

ea1974@elektroautomatik.de

www.elektroautomatik.ru