



# Источники тока

## Техническое описание

CANopen профиль CiA 401+

Коды проекта **006\***<sub>h</sub>

Версия устройства **00050007**<sub>h</sub>

Москва, 2015

## Оглавление

<b>1. Основные характеристики изделий.....</b>	<b>3</b>
1.1 Основные технические данные.....	3
1.2 Поддерживаемые CANopen протоколы.....	3
1.3 EDS файлы электронной спецификации устройств.....	3
1.4 Дополнительная документация.....	4
<b>2. Соглашения по документации.....</b>	<b>5</b>
2.1 Принятые сокращения.....	5
2.2 Обозначение основных типов данных.....	6
2.3 Прочие соглашения.....	6
<b>3. Изменения в версиях изделий.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Структура объектного словаря.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Коммуникационный профиль CiA 301.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Профиль источника тока.....</b>	<b>25</b>
6.1 Единицы измерения параметров и уставок источника.....	26
6.2 Объекты, определяемые производителем устройства.....	26
6.3 Профиль измерения тока, напряжения и температуры.....	29
6.4 Профиль уставки тока.....	32
6.4.1 Поведение устройства в режиме ошибки.....	33
<b>7. Индикация CANopen состояния устройства.....</b>	<b>34</b>
7.1 Красный светодиод (ошибка).....	34
7.2 Зеленый светодиод (работа).....	34
<b>8. Коды ошибок CANopen.....</b>	<b>35</b>
8.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код).....	35
8.2 Коды ошибок объекта срочного сообщения (Emergency).....	36
<b>9. Предопределенное распределение идентификаторов.....</b>	<b>38</b>
9.1 Широковещательные объекты.....	38
9.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer).....	38
9.3 Прочие объекты.....	39
9.4 Идентификаторы ограниченного использования.....	39
<b>10. Средства конфигурирования и тестирования.....</b>	<b>40</b>
10.1 Конфигурирование устройства на основе DCF файла.....	40
10.2 Модуль тестирования источника тока.....	40
10.3 Модуль управления крейтом (БУК).....	43

## 1. Основные характеристики изделий.

### 1.1 Основные технические данные.

Число цифровых входов	---
Число цифровых выходов	---
Число аналоговых входов	6, калиброванные
Разрядность аналоговых входов	32
Число аналоговых выходов	1, калиброванный
Разрядность аналоговых выходов	32
Частота внутреннего CANopen таймера	1000 Гц (период 1 мС)
Индикация состояния (CiA 303 ч.3)	Зеленый и красный светодиоды
Сохранение параметров в энергонезависимой памяти	По команде

### 1.2 Поддерживаемые CANopen протоколы.

Протокол	Тип обмена	Варианты протокола
SDO	сервер	ускоренный, сегментированный.
PDO PDO RTR	поставщик, потребитель	периодический синхронный; апериодический синхронный; синхронный с удаленным запросом; асинхронный с удаленным запросом; асинхронный по событию в устройстве.
SYNC	поставщик, потребитель	Без SYNC счетчика: SYNC кадры с длиной данных 0 байт. С использованием SYNC счетчика: SYNC кадры с длиной данных 1 байт (CiA 301 v. 4.2).
EMCY	поставщик	
NMT	потребитель	запуск устройства; останов устройства; переход в пред-операционное состояние; полная инициализация устройства; инициализация коммуникационной подсистемы устройства.
Контроль ошибок	поставщик	протокол загрузки; протокол сердцебиения; протокол охраны узла.

### 1.3 EDS файлы электронной спецификации устройств.

Устройство	Имя EDS файла
Источник тока ±6А	Power_Source_bi_6A_0005.eds
Источник тока ±20А	Power_Source_bi_20A_0005.eds

Источник подмагничивания 20А	Power_Source_unibias_20A_0005.eds
Источник тока однополярный 0..12А	Power_Source_uni_12A_0005.eds
Источник тока однополярный 0..100А	Power_Source_uni_100A_0005.eds

#### 1.4 Дополнительная документация.

Программирование EEPROM источников тока описано в отдельном документе «запись параметров в дополнительную энергонезависимую память EEPROM» (файл PS\_EEPROM.pdf).

Руководство пользователя источников тока приведено в файле PowerSource\_User.pdf.

## 2. Соглашения по документации.

В источниках тока реализован прикладной CANopen профиль для модулей цифрового и аналогового ввода-вывода CiA 401 с расширениями. Изделия разработаны на основе стандартов международной организации [CAN in Automation](#):

- CiA 301** v. 4.2 Спецификация прикладного уровня и коммуникационного профиля CAN, определяющая функциональность CANopen устройств.
- CiA 303 ч. 2** v. 1.5 Рекомендации для представления SI единиц и префиксов.
- CiA 303 ч. 3** v. 1.4 Рекомендации по использованию светодиодов.
- CiA 306** v. 1.3 Определяет формат и содержимое электронных спецификаций (EDS, DCF), применяемых в конфигурационном инструментарии.
- CiA 401** v. 3.0 CANopen профиль для модулей ввода/вывода общего назначения. Определяет цифровые и аналоговые устройства ввода/вывода.

Эталонной технологической силой обладают исключительно оригинальные версии стандартов: © CAN in Automation (CiA) e. V., которые составлены на английском языке. Любые переводы стандартов CiA носят справочно-рекомендательный характер.

### 2.1 Принятые сокращения.

- CiA** Международная организация CAN in Automation - "CAN в автоматизации".
- CAN-ID** Идентификатор CAN кадра канального уровня.
- COB-ID** Идентификатор коммуникационного объекта CANopen.
- NMT** Сетевой менеджер: определяет объекты управления CANopen сетью.
- PDO** Объект данных процесса; обеспечивает обмен компактными данными (до 8 байт) в режиме жесткого реального времени.
- RTR** Удаленный запрос объекта.
- SDO** Сервисный объект данных; обеспечивает обмен большими объемами данных в режиме мягкого реального времени.
- EDS** Файл электронной спецификации устройства.
- DCF** Файл описания конфигурации устройства.
- LSB** Наименее значимый (младший) бит или байт.
- MSB** Наиболее значимый (старший) бит или байт.
- RO** Доступ только по чтению.
- ROW** Штатный доступ только по чтению. Доступ по записи осуществляется при определенных условиях.
- WO** Доступ только по записи.
- RW** Доступ по чтению и записи.
- RWR** Доступ по чтению и записи, асинхронный доступ по чтению (для PDO) .
- RWW** Доступ по чтению и записи, асинхронный доступ по записи (для PDO) .

Для подробного ознакомления с терминологией рекомендуется использовать CAN словарь, изданный на русском языке организацией CAN in Automation (Москва, 2005). Электронная версия словаря размещена [здесь](#).

## 2.2 Обозначение основных типов данных.

<b>boolean</b>	Логическое значение true/false.
<b>integer8</b>	Целое 8 бит со знаком.
<b>unsigned8</b>	Беззнаковое целое 8 бит.
<b>integer16</b>	Целое 16 бит со знаком.
<b>unsigned16</b>	Беззнаковое целое 16 бит.
<b>integer32</b>	Целое 32 бита со знаком.
<b>unsigned32</b>	Беззнаковое целое 32 бита.
<b>integer64</b>	Целое 64 бита со знаком.
<b>unsigned64</b>	Беззнаковое целое 64 бита.
<b>real32</b>	32-х разрядное с плавающей точкой.
<b>real64</b>	64-х разрядное с плавающей точкой.
<b>vis-string</b>	Строка видимых ASCII символов (коды 0 и 20 <sub>h</sub> ..7E <sub>h</sub> ).
<b>octet-string</b>	Байтовая строка (коды 0..255).

## 2.3 Прочие соглашения.

1. В словах данных наименее значимым (младшим) считается нулевой бит.

### 3. Изменения в версиях изделий.

Версия устройства, определяемая производителем (revision number), размещается в объекте 1018<sub>h</sub>sub3<sub>h</sub>.

#### **Версия 00020001<sub>h</sub>.**

При переходе алгоритма управления током в состояние безопасного останова CANopen NMT состояние источника не изменяется (значение по умолчанию объекта 1029<sub>h</sub>sub2<sub>h</sub> равно 1).

Задействован светодиод «ошибка», который включается при переходе источника в состояние безопасного останова.

Добавлена возможность программирования дополнительного EEPROM с использованием CANopen протокола.

#### **Версия 00030002<sub>h</sub>.**

Добавлена возможность сохранения в EEPROM начальных значений параметров:

Скорость изменения исходящего тока источника (объект 2121<sub>h</sub>).

Длительность переходного процесса исходящего тока источника (объект 2122<sub>h</sub>).

#### **Версия 00030004<sub>h</sub>.**

Для обеспечения устойчивой работы источников вблизи максимальных величин тока расширены границы диапазонов до значений  $\pm 6500000$  мкА для источника  $\pm 6$ А и  $\pm 21000000$  мкА для источника  $\pm 20$ А.

#### **Версия 00040006<sub>h</sub>.**

В линейку добавлены однополярные источники 12А и 20А. Улучшена работа источников тока для нагрузок, обладающих существенно нелинейной статической вольт-амперной характеристикой.

Изменено представление объекта 200E<sub>h</sub> (крутизна характеристики ШИМ источника). Два субиндекса этого объекта представляют интегральную и дифференциальную крутизну ШИМ.

Изменено минимальное значение длительности переходного процесса исходящего тока источника (объект 2023<sub>h</sub>).

#### **Версия 00050007<sub>h</sub>.**

В линейку добавлен однополярный источник тока 100А. Единицей тока для этого источника является миллиампер.

Устройство реализовано с использованием версии 2.3 CANopen библиотеки и на основе версии 3.0 стандарта CiA 401.

Добавлен код срочного сообщения 0080<sub>h</sub>: при переходе устройства в операционное NMT состояние общее прерывание для аналоговых входов (объект 6423<sub>h</sub>) запрещено.

Состояние PDO (действительно / не действительно) поддерживается вне зависимости от NMT состояния CAN узла.

## 4. Структура объектного словаря.

В таблице приведена общая структура объектного словаря изделия, согласно электронной спецификации устройства (EDS файл). Детальное описание объектов приведено в последующих главах.

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Тип или диапазон данных	Тип доступа	PDO	Сохранение
<b>0002</b>	-	Объект определения типа integer8 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer8	RWR RWW	да	---
<b>0003</b>	-	Объект определения типа integer16 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer16	RWR RWW	да	---
<b>0004</b>	-	Объект определения типа integer32 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer32	RWR RWW	да	---
<b>0005</b>	-	Объект определения типа unsigned8 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned8	RWR RWW	да	---
<b>0006</b>	-	Объект определения типа unsigned16 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned16	RWR RWW	да	---
<b>0007</b>	-	Объект определения типа unsigned32 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned32	RWR RWW	да	---
<b>1000</b>	-	Тип устройства	unsigned32	RO	-	-
<b>1001</b>	-	Регистр ошибок	unsigned8	RO	да	-
<b>1002</b>	-	Регистр статуса от производителя устройства	unsigned32	RO	да	-
<b>1003</b>	---	Список предопределенных ошибок	массив	---	---	---
1003	0	Число зарегистрированных ошибок	0 - 8	RW	-	-
1003	1 - 8	Поле описания ошибки	unsigned32	RO	-	-
<b>1005</b>	-	COB-ID объекта синхронизации SYNC	unsigned32	RW	-	com *
<b>1006</b>	-	Период объекта синхронизации в микросекундах	unsigned32	RW	-	com
<b>1007</b>	-	Окно синхронизации в микросекундах	unsigned32	RW	-	com
<b>1008</b>	-	Название устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
<b>1009</b>	-	Версия «железа» устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
<b>100A</b>	-	Версия программного обеспечения устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
<b>100C</b>	-	Охранное время в миллисекундах	unsigned16	RW	-	com
<b>100D</b>	-	Множитель времени жизни	unsigned8	RW	-	com
<b>1010</b>	---	Сохранение параметров в энергонезависимой памяти	массив	---	---	---
1010	0	Число субиндексов параметра	1	RO	-	-
1010	1	Сохранить все параметры	unsigned32	RW	-	-
<b>1011</b>	---	Восстановление значений параметров по умолчанию	массив	---	---	---
1011	0	Число субиндексов параметра	1	RO	-	-
1011	1	Восстановить значения по умолчанию для всех параметров	unsigned32	RW	-	-
<b>1014</b>	-	COB-ID объекта срочных сообщений (EMCY)	unsigned32	RW	-	-
<b>1015</b>	-	Время подавления посылок EMCY, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	да
<b>1017</b>	-	Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик)	unsigned16	RW	-	да
<b>1018</b>	---	Объект идентификации устройства	запись	---	---	---
1018	0	Число субиндексов объекта идентификации	4	RO	-	-
1018	1	Уникальный код, присвоенный производителю устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	2	Код изделия, задаваемый производителем устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	3	Версия устройства, задаваемая производителем	unsigned32	RO	-	-
1018	4	Серийный номер устройства, задаваемый производителем	unsigned32	RO	-	-
<b>1019</b>	-	Значение переполнения SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	да
<b>1029</b>	---	Поведение CAN устройства при возникновении ошибок	массив	---	---	---
1029	0	Число классов ошибок	2	RO	-	-
1029	1	Поведение при коммуникационной ошибке	unsigned8	RW	-	да
1029	2	Поведение при переходе в состоянии безопасного останова	unsigned8	RW	-	да
<b>1200</b>	---	SDO параметры сервера	запись	---	---	---
1200	0	Число субиндексов SDO параметра	2	RO	-	-
1200	1	COB-ID от Клиента —> Серверу (прием)	unsigned32	RO	-	-
1200	2	COB-ID от Сервера —> Клиенту (передача)	unsigned32	RO	-	-



<b>1400</b>	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 1 (RPDO 1)	запись	---	---	---
1400	0	Число субиндексов RPDO параметра	5	RO	-	-
1400	1	COB-ID RPDO 1	unsigned32	RW	-	-
1400	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	да
1400	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1400	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1400	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
<b>1401</b>	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 2 (RPDO 2)	запись	---	---	---
1401	0	Число субиндексов RPDO параметра	5	RO	-	-
1401	1	COB-ID RPDO 2	unsigned32	RW	-	-
1401	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	да
1401	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1401	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1401	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
<b>1402</b>	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 3 (RPDO 3)	запись	---	---	---
1402	0	Число субиндексов RPDO параметра	5	RO	-	-
1402	1	COB-ID RPDO 3	unsigned32	RW	-	-
1402	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	да
1402	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1402	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1402	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
<b>1403</b>	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 4 (RPDO 4)	запись	---	---	---
1403	0	Число субиндексов RPDO параметра	5	RO	-	-
1403	1	COB-ID RPDO 4	unsigned32	RW	-	-
1403	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	да
1403	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1403	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1403	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
<b>1600</b>	---	Параметр отображения RPDO1	запись	---	---	---
1600	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	да
1600	1 - 8	Отображаемые RPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1601</b>	---	Параметр отображения RPDO2	запись	---	---	---
1601	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1601	1 - 8	Отображаемые RPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1602</b>	---	Параметр отображения RPDO3	запись	---	---	---
1602	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1602	1 - 8	Отображаемые RPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1603</b>	---	Параметр отображения RPDO4	запись	---	---	---
1603	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1603	1 - 8	Отображаемые RPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1800</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 1 (TPDO 1)	запись	---	---	---
1800	0	Число субиндексов TPDO параметра	6	RO	-	-
1800	1	COB-ID TPDO 1	unsigned32	RW	-	-
1800	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	да
1800	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	да
1800	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1800	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
1800	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	да
<b>1801</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 2 (TPDO 2)	запись	---	---	---
1801	0	Число субиндексов TPDO параметра	6	RO	-	-
1801	1	COB-ID TPDO 2	unsigned32	RW	-	-
1801	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	да
1801	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	да
1801	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1801	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
1801	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	да
<b>1802</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 3 (TPDO 3)	запись	---	---	---
1802	0	Число субиндексов TPDO параметра	6	RO	-	-
1802	1	COB-ID TPDO 3	unsigned32	RW	-	-
1802	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	да
1802	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	да

Марафон. Источники тока, версия 00050007h. 12 февраля 2015 г.

1802	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1802	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
1802	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	да
<b>1803</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 4 (TPDO 4)	запись	---	---	---
1803	0	Число субиндексов TPDO параметра	6	RO	-	-
1803	1	COB-ID TPDO 4	unsigned32	RW	-	-
1803	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	да
1803	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	да
1803	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1803	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	да
1803	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	да
<b>1A00</b>	---	Параметр отображения TPDO1	запись	---	---	---
1A00	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1A00	1 - 8	Отображаемые TPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1A01</b>	---	Параметр отображения TPDO2	запись	---	---	---
1A01	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1A01	1 - 8	Отображаемые TPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1A02</b>	---	Параметр отображения TPDO3	запись	---	---	---
1A02	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1A02	1 - 8	Отображаемые TPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>1A03</b>	---	Параметр отображения TPDO4	запись	---	---	---
1A03	0	Число отображаемых объектов	0 - 8	RW	-	-
1A03	1 - 8	Отображаемые TPDO объекты	unsigned32	RW	-	да
<b>2000</b>	-	Аппаратная конфигурация устройства	запись	RO	-	-
2000	0	Число субиндексов	1	RO	-	-
2000	1	Код проекта, определяющий тип источника	unsigned16	RO	-	-
<b>2001</b>	-	Статус источника тока	unsigned8	RO	да	-
<b>2002</b>	-	Включение и отключение тока нагрузки	unsigned8	RW	да	-
<b>200D</b>	---	Значения управляющих параметров ШИМ	массив	---	---	---
200D	0	Число субиндексов	4	RO	-	-
200D	1	Управляющий параметр основного ШИМ канала «минус»	unsigned16	RO	-	-
200D	2	Управляющий параметр МЕР ШИМ канала «минус»	unsigned16	RO	-	-
200D	3	Управляющий параметр основного ШИМ канала «плюс»	unsigned16	RO	-	-
200D	4	Управляющий параметр МЕР ШИМ канала «плюс»	unsigned16	RO	-	-
<b>200E</b>	---	Измеренная крутизна характеристики ШИМ источника	unsigned32	---	---	---
200E	0	Число значений	2	RO	-	-
200E	1	Интегральная крутизна ШИМ источника	unsigned32	RO	-	-
200E	2	Дифференциальная крутизна ШИМ источника	unsigned32	RO	-	-
<b>200F</b>	-	Эффективное значение МЕР фактора	unsigned16	RO	-	-
<b>2020</b>	---	Диапазон значений уставки тока	массив	---	---	---
2020	0	Число значений	2	RO	-	-
2020	1	Минимальное значение уставки тока	integer32	RW	-	да
2020	2	Максимальное значение уставки тока	integer32	RW	-	да
<b>2021</b>	-	Максимальное число ошибок алгоритма управления током	unsigned8	RW	-	да
<b>2022</b>	-	Максимальная скорость изменения исходящего тока мА/С	unsigned32	RW	-	-
<b>2023</b>	-	Длительность переходного процесса для исходящего тока мС	unsigned16	RW	-	-
<b>202E</b>	-	Допустимая абсолютная разность исходящего и входящего токов источника	unsigned32	RW	-	да
<b>202F</b>	---	Перевод источника тока в режим прямого управления ШИМ	массив	---	---	---
202F	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
202F	1	Первый код прямого управления ШИМ	unsigned8	RW	-	-
202F	2	Второй код прямого управления ШИМ	unsigned8	RW	-	-
<b>2100</b>	-	Подпись для программирования EEPROM	unsigned32	RW	-	-
<b>2108</b>	---	Ключ управления EEPROM	массив	---	---	---
2108	0	Число субиндексов	6	RO	-	-
2108	1	Пере-инициализация EEPROM	unsigned32	ROW	-	-
2108	2	Разрешение/запрет записи в EEPROM номера CAN узла и индекса битовой скорости	unsigned32	ROW	-	-
2108	3	Разрешение/запрет записи в EEPROM типа источника тока и его серийного номера	unsigned32	ROW	-	-

2108	4	Разрешение/запрет записи в EEPROM делителя МЕР фактора	unsigned32	ROW	-	-
2108	5	Разрешение/запрет записи в EEPROM скорости изменения и длительности переходного процесса для исходящего тока	unsigned32	ROW	-	-
2108	6	Разрешение/запрет записи в EEPROM калибровочных коэффициентов для измерения исходящего тока	unsigned32	ROW	-	-
<b>2110</b>	-	Номер CAN узла, хранимый в EEPROM	unsigned8	RO	-	-
<b>2111</b>	-	Индекс битовой скорости CAN сети, хранимый в EEPROM	unsigned8	RO	-	-
<b>2112</b>	-	Тип источника тока, хранимый в EEPROM	unsigned16	RO	-	-
<b>2113</b>	-	Серийный номер источника тока, хранимый в EEPROM	unsigned32	RO	-	-
<b>2120</b>	-	Разрешение (делитель) МЕР фактора, хранимый в EEPROM	unsigned16	RO	-	-
<b>2121</b>	-	Скорость изменения исходящего тока, мА/С. Исходное значение, хранимое в EEPROM.	unsigned32	RO	-	-
<b>2122</b>	-	Длительность переходного процесса для исходящего тока, мС. Исходное значение, хранимое в EEPROM.	unsigned16	RO	-	-
<b>2130</b>	---	Калибровочные коэффициенты для измерения исходящего тока, хранимые в EEPROM	массив	---	---	---
2130	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2130	1	Коэффициент усиления	real64	RO	-	-
2130	2	Смещение	integer32	RO	-	-
<b>2131</b>	---	Калибровочные коэффициенты для измерения входящего тока, хранимые в EEPROM	массив	---	---	---
2131	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2131	1	Коэффициент усиления	real64	RO	-	-
2131	2	Смещение	integer32	RO	-	-
<b>2132</b>	---	Калибровочные коэффициенты для измерения напряжения на нагрузке, хранимые в EEPROM	массив	---	---	---
2132	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2132	1	Коэффициент усиления	real64	RO	-	-
2132	2	Смещение	integer32	RO	-	-
<b>6402</b>	---	Измерение аналоговых параметров источника	массив	---	---	---
6402	0	Число аналоговых параметров	6	RO	-	-
6402	1	Исходящий ток источника	integer32	RO	да	-
6402	2	Входящий ток источника	integer32	RO	да	-
6402	3	Напряжения на нагрузке	integer32	RO	да	-
6402	4	Зарезервирован	integer32	RO	да	-
6402	5	Температура транзисторов модулятора	integer32	RO	да	-
6402	6	Температура дросселей	integer32	RO	да	-
<b>6412</b>	---	Запись уставки тока (аналоговый выход)	массив	---	---	---
6412	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6412	1	Запись уставки тока	integer32	RWW	да	да
<b>6421</b>	---	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов	массив	---	---	---
6421	0	Число аналоговых входов	6	RO	-	-
6421	1 - 6	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов	unsigned8	RW	-	да
<b>6422</b>	---	Маска аналоговых входов, по которым произошло прерывание. Каждому аналоговому каналу сопоставлен один бит маски.	массив	---	---	---
6422	0	Число 32-разрядных банков источников прерывания	1	RO	-	-
6422	1	Первый банк источников прерывания. Обслуживает аналоговые входы 1 - 32.	unsigned32	RO	-	-
<b>6423</b>	-	Общее разрешение прерывания для аналоговых входов	boolean	RW	-	да
<b>6424</b>	---	Целочисленная верхняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6424	0	Число аналоговых входов	6	RO	-	-
6424	1 - 6	Значение верхней уставки для аналоговых входов 1 - 6	integer32	RW	-	да
<b>6425</b>	---	Целочисленная нижняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6425	0	Число аналоговых входов	6	RO	-	-
6425	1 - 6	Значение нижней уставки для аналоговых входов 1 - 6	integer32	RW	-	да
<b>6426</b>	---	Целочисленная уставка абсолютной разности возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6426	0	Число аналоговых входов	6	RO	-	-

Марафон. Источники тока, версия 00050007h. 12 февраля 2015 г.

6426	1 - 6	Значение уставки абсолютной разности аналоговых входов 1 - 6	unsigned32	RW	-	да
<b>6430</b>	---	Шкала измерения аналоговых параметров в единицах СИ	unsigned32	RO	---	---
6430	0	Число аналоговых входов	6	RO	-	-
6430	1 - 2	Шкала измерения тока в единицах СИ	unsigned32	RO	-	-
6430	3	Шкала измерения напряжения в единицах СИ	unsigned32	RO	-	-
6430	4	Зарезервирован	unsigned32	RO	-	-
6430	5 - 6	Шкала измерения температуры в единицах СИ	unsigned32	RO	-	-
<b>6443</b>	---	Режим ошибки для уставки тока	массив	---	---	---
6443	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6443	1	Режим ошибки для уставки тока	unsigned8	RW	-	да
<b>6444</b>	---	Значение уставки тока при ошибке	массив	---	---	---
6444	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6444	1	Значение уставки тока при ошибке	integer32	RW	-	да
<b>6450</b>	---	Шкала задания уставок в единицах СИ	unsigned32	RO	---	---
6450	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6450	1	Шкала задания уставки тока в единицах СИ	unsigned32	RO	-	-

## 5. Коммуникационный профиль SiA 301.

### 0002<sub>h</sub> - 0007<sub>h</sub>

Объект определения типа данных.

Размеры объектов 0002<sub>h</sub> и 0005<sub>h</sub> составляют 1 байт; 0003<sub>h</sub> и 0006<sub>h</sub> - 2 байта, 0004<sub>h</sub> и 0007<sub>h</sub> - 4 байта. Используются в качестве dummy (пустых) объектов заполнения PDO. Занимают количество байт, соответствующее длине объекта. Запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

### 1000<sub>h</sub>

Тип устройства.

Значение по умолчанию: 008C0191<sub>h</sub>.

Структура объекта:

Дополнительная информация			Общая информация об устройстве
Специальная функциональность	М	Функциональность ввода/вывода	Номер профиля устройства
00 <sub>h</sub>	0/1	01 <sub>h</sub> - 0F <sub>h</sub>	0191 <sub>h</sub> = 401 <sub>d</sub>
31	24 23	22	16 15 0

Маска функциональности ввода-вывода:

бит 16: цифровой ввод,

бит 17: цифровой вывод,

бит 18: аналоговый ввод,

бит 19: аналоговый вывод.

Бит 23, PDO отображение:

0 – PDO отображение полностью соответствует профилю SiA 401.

1 – используется не стандартное PDO отображение.

### 1001<sub>h</sub>

Регистр ошибок.

Бит	Назначение
0	Общая ошибка
1	Ток
2	Напряжение
3	Температура
4	Коммуникационная ошибка
5	Определяется профилем устройства
6	Зарезервировано (всегда 0)
7	Определяется производителем устройства

Регистр ошибок сбрасывается (значение регистра обнуляется) при выходе устройства из режима ошибки (объект 1029<sub>h</sub>) либо его перезапуске NMT командой Reset Node.

### 1002<sub>h</sub>

Регистр статуса от производителя устройства.

Значение по умолчанию: 00000000<sub>h</sub>.

Задаёт значение статусного регистра, определяемое производителем устройства.

### 1003<sub>h</sub>

Список предопределенных ошибок.

Ведет историю ошибок устройства. Большинство этих ошибок также передается в CAN сеть с помощью объекта срочного сообщения EMCY.

Субиндекс 0 содержит число зарегистрированных ошибок (0..8). Запись нуля в субиндекс 0 удаляет историю ошибок. Запись других значений запрещена. Вновь зарегистрированная ошибка записывается по субиндексу 1, а предыдущие сдвигаются вниз по списку.

Сохраняется до восьми последних ошибок.

Регистр ошибок состоит из 16 разрядного кода ошибки и 16 разрядной дополнительной информации, назначение которой определяется производителем устройства:

Дополнительная информация		Код ошибки	
31	16	15	0

### 1005<sub>h</sub>

COB-ID объекта синхронизации SYNC.

Значение по умолчанию: 80<sub>h</sub>.

X	0/1	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	X	Не используется
30	0	Устройство НЕ генерирует SYNC
	1	Устройство генерирует SYNC
29	0	Используется 11-битовый CAN-ID
	1	Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (значение параметра вне диапазона). Первая посылка SYNC кадра производится после установа бита 30 в 1 в течение одного периода внутреннего CANopen таймера. Кроме того, если активирован SYNC счетчик (объект 1019<sub>h</sub>), его значение сбрасывается в единицу. Изменение бит 0-28 запрещено в случае, когда устройство осуществляет генерацию SYNC (бит 30 = 1). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

### 1006<sub>h</sub>

Период объекта синхронизации SYNC в микросекундах.

Значение по умолчанию: 0.

Устройство НЕ генерирует SYNC (бит 30 объекта 1005<sub>h</sub> сброшен в 0):

Задаёт контрольный интервал поступления SYNC посылок. Если в течение контрольного интервала не принято ни одного SYNC кадра любого вида, регистрируется ошибка синхронизации. Установ нулевого значения прекращает SYNC контроль.

Устройство генерирует SYNC (бит 30 объекта 1005<sub>h</sub> установлен в 1):

Задаёт период коммуникационного цикла (SYNC интервал). Установ нулевого значения прекращает генерацию SYNC посылок и сбрасывает значение SYNC счетчика (объект 1019<sub>h</sub>) в единицу. При изменении периода синхронизации на значение, отличное от нуля, передача SYNC посылок возобновляется в течение одного периода внутреннего CANopen таймера.

Фактическое разрешение объекта синхронизации определяется разрешением внутреннего CANopen таймера. Если период синхронизации задан меньшим, нежели период таймера, но отличен от нуля, генерация SYNC посылок будет осуществляться с частотой таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков таймера, но не превышать заданного значения периода объекта синхронизации.

#### **1007<sub>h</sub>**

Окно синхронизации в микросекундах.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Задаёт длительность временного окна для синхронных PDO. Установ нулевого значения прекращает использование окна синхронизации. Если длительность окна превышает период объекта синхронизации (1006<sub>h</sub>), оно также не будет оказывать влияние на обработку синхронных PDO.

При поступлении объекта синхронизации SYNC для синхронных PDO выполняются следующие операции:

1. Запись в объектный словарь (активация) значений объектов, принятых синхронными RPDO в предшествующем SYNC цикле.
2. Постановка соответствующих синхронных TPDO на отправку в CAN сеть.
3. Прием синхронных RPDO для активации в последующем SYNC цикле.

Если какие-либо из указанных действий для части PDO не были завершены по истечении окна синхронизации, дальнейшая обработка этих PDO не производится. В п. 2 истечение временного окна контролируется по моменту размещения TPDO в выходном CANopen кэше. Фактическая отправка PDO в CAN сеть может произойти с некоторой задержкой, как правило не превышающей один период внутреннего CANopen таймера.

Длительность временного окна определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера. Поскольку SYNC объект является асинхронным, фактическая длительность окна “дрожит” в пределах одного периода таймера.

#### **1008<sub>h</sub>**

Название устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **1009<sub>h</sub>**

Версия «железа» устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **100A<sub>h</sub>**

Версия программного обеспечения устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **100C<sub>h</sub>**

Охранное время в миллисекундах.

Значение по умолчанию: 0.

Произведение охранного времени на множитель времени жизни (объект 100D<sub>h</sub>) определяет время жизни для протокола охраны работоспособности узла. Значение 0 означает, что объект не используется.

Охранное время определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера и округляется в большую сторону.

### 100D<sub>h</sub>

Множитель времени жизни.

Значение по умолчанию: 0.

Произведение охранного времени (объект 100C<sub>h</sub>) на множитель времени жизни определяет время жизни для протокола охраны работоспособности узла. Значение 0 означает, что объект не используется.

### 1010<sub>h</sub>

Сохранение параметров в энергонезависимой памяти.

#### Субиндекс 1:

Сохранить все параметры.

Значение: 00000001<sub>h</sub> (сохранение параметров по команде).

Для того, чтобы избежать возможных ошибок, сохранение параметров выполняется только после осуществления специальной записи по соответствующему субиндексу (передачи подписи). Она должна содержать ASCII код «save», упакованный в 32-разрядное слово:

e	v	a	s
65 <sub>h</sub>	76 <sub>h</sub>	61 <sub>h</sub>	73 <sub>h</sub>
MSB		LSB	

После получения правильной подписи устройство осуществляет фактическое сохранение параметров, определяемых соответствующим субиндексом. Если сохранение произвести не удалось, возвращается SDO аборт код 0606 0000<sub>h</sub> (отказ в доступе из-за аппаратной ошибки). Если же неверной оказывается подпись, сохранение параметров не производится и возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

При доступе по чтению соответствующие субиндексы возвращают информацию о возможностях сохранения данных в следующем формате:

Биты	Значение	Описание
31 - 2	0	Зарезервированы.
1	0	Устройство не сохраняет параметры в автономном режиме.
	1	Устройство производит сохранение в автономном режиме.
0	0	Устройство не сохраняет параметры по команде.
	1	Устройство производит сохранение по команде.

Сохраненные значения параметров будут считываться из энергонезависимой памяти и устанавливаться каждый раз при получении устройством NMT команды Reset Node, либо отключения и включения питания.

### 1011<sub>h</sub>

Восстановление значений параметров по умолчанию.

#### Субиндекс 1:

Восстановить значения по умолчанию для всех параметров.

Значение: 00000001<sub>h</sub> (устройство восстанавливает значения параметров по умолчанию).

Для того, чтобы избежать возможных ошибок, восстановление значений по умолчанию выполняется только после осуществления специальной записи по соответствующему субиндексу (передачи подписи). Она должна содержать ASCII код «load», упакованный в 32-разрядное слово:



d	a	o	l
64 <sub>h</sub>	61 <sub>h</sub>	6F <sub>h</sub>	6C <sub>h</sub>
MSB		LSB	

После получения правильной подписи устройство подготавливается к восстановлению параметров по умолчанию, определяемых соответствующим субиндексом. Если эта операция прошла не удачно, возвращается SDO аборт код 0606 0000<sub>h</sub> (отказ в доступе из-за аппаратной ошибки). Если же не верной оказывается подпись, возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

Значения по умолчанию станут действительными только после выдачи в адрес устройства NMT команды Reset Node, либо отключения и включения питания.

При доступе по чтению соответствующие субиндексы возвращают информацию о возможности восстановления значений по умолчанию в следующем формате:

Биты	Значение	Описание
31 - 1	0	Зарезервированы.
0	0	Устройство не восстанавливает значения параметров по умолчанию.
	1	Устройство производит восстановление параметров по умолчанию.

#### 1014<sub>h</sub>

COB-ID объекта срочных сообщений EMCY.

Значение по умолчанию: 80<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

0/1	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	Объект EMCY существует / действителен
	1	Объект EMCY не существует / не действителен
30	0	Зарезервирован (всегда 0)
29	0	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (значение параметра вне диапазона). Изменение бит 0-28 запрещено если EMCY действителен (бит 31 = 0). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

#### 1015<sub>h</sub>

Время подавления посылок EMCY.

Значение по умолчанию: 0.

Объект задается в виде множителя 100 мкс временных интервалов.

Срочные сообщения, возникающие во время подавления EMCY, не передаются в CAN сеть даже по истечении этого времени. Каждое событие ошибки, однако, фиксируется в регистре ошибок (объект 1001<sub>h</sub>) и заносится в список предопределенных ошибок (объект 1003<sub>h</sub>).

Время подавления определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера.

Поскольку объект EMCY является асинхронным и может возникать не независимо от таймерного сигнала, время подавления “дрожит” в пределах одного периода таймера.

### 1017<sub>h</sub>

Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик).

Значение по умолчанию: 0.

Установ нулевого значения прекращает выдачу посылок сердцебиения.

Фактическое разрешение периода сердцебиения определяется разрешением внутреннего CANopen таймера. Если период сердцебиения задан меньшим, нежели период таймера, но отличен от нуля, генерация посылок сердцебиения будет осуществляться с частотой таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков таймера, но не превышать заданного значения периода сердцебиения.

### 1018<sub>h</sub>

Объект идентификации.

#### Субиндекс 1:

Содержит уникальный код, присвоенный производителю устройства организацией CAN in Automation: 000000BE<sub>h</sub>.

#### Субиндекс 2:

Содержит код изделия, задаваемый производителем.

Состоит из двух полей:

Код проекта	Вариант изделия
31	16 15 0

Код проекта	Описание
61 <sub>h</sub>	Источник тока ±6А
62 <sub>h</sub>	Источник тока ±20А
63 <sub>h</sub>	Источник подмагничивания 20А
64 <sub>h</sub>	Источник тока однополярный 12А
65 <sub>h</sub>	Источник тока однополярный 100А

#### Субиндекс 3:

Содержит версию устройства, задаваемую производителем.

Состоит из двух полей:

Главная версия	Подверсия
31	16 15 0

Биты 16 - 31 — главная версия. Определяет поведение устройства с точки зрения CANopen протокола. Если CANopen функциональность устройства изменяется, номер главной версии увеличивается.

Биты 0 - 15 — подверсия. Задаёт различные варианты устройства с одинаковой CANopen функциональностью.

Главная версия и подверсия устанавливаются не зависимо друг от друга. Изменение номера главной версии не приводит к сбросу текущей подверсии устройства.

#### Субиндекс 4:

Содержит серийный номер устройства, задаваемый производителем.

### 1019<sub>h</sub>

Значение переполнения для SYNC счетчика.

Значение по умолчанию: 0.

Определяет максимальное значение SYNC счетчика:

Значение	Описание
0	SYNC кадры должны иметь длину поля данных 0 байт. SYNC счетчик не разрешен.
1	Зарезервировано.
2..240	SYNC кадры должны иметь длину поля данных 1 байт. SYNC счетчик активирован. Поле данных содержит значение счетчика.
241..255	Зарезервированы.

Если значение объекта превышает 1, принимаемые и передаваемые SYNC кадры должны иметь длину поля данных 1 байт. В случае, если длины поля данных не соответствует ожидаемой, SYNC кадр не обрабатывается приложением и выдается срочное сообщение EMCY с кодом ошибки 8240<sub>h</sub> (неподходящая длина данных SYNC кадра).

Изменение объекта 1019<sub>h</sub> запрещено, если значение периода объекта синхронизации 1006<sub>h</sub> отлично от нуля. Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0800 0022<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства).

### 1029<sub>h</sub>

Поведение устройства при возникновении ошибок.

Значение по умолчанию: 0.

Задаёт коммуникационные режимы устройства при возникновении серьезных ошибок и сбоев. Такие ошибки рассматриваются как отказ устройства.

#### Субиндекс 1:

Поведение при коммуникационной ошибке.

Обрабатываются следующие события:

- CAN контроллер переходит в состояние отключения от шины (bus-off).
- Регистрируется превышение времени жизни в протоколе охраны работоспособности узла.
- Переполнен выходной CANopen кэш (ошибка не определена стандартом CiA 301).

Если при возникновении ошибки переполнения CANopen кэша устройство находится в состоянии, отличном от операционного, производится логическое отключение канального уровня CAN сети по записи. При этом все кадры данных, как ожидающие передачи, так и направляемые в CAN сеть аннулируются. Устройство логически вновь подключается к CAN сети при получении любой адресованной ему NMT команды.

#### Субиндекс 2:

Поведение при переходе алгоритма управления током в состояние безопасного останова.

Значение по умолчанию: 1 (состояние не изменяется).

Каждый субиндекс (класс ошибки) может принимать следующие значения:

- 0 переход в пред-операционное состояние (только если текущее – операционное).
- 1 состояние не изменяется.
- 2 переход в состояние останова.

### 1200<sub>h</sub>

SDO параметры сервера.

#### Субиндекс 1:

COB-ID от Клиента —> Серверу (прием).

Значение: 600<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

Субиндекс 2:

COB-ID от Сервера → Клиенту (передача).

Значение: 580<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

Оба субиндекса имеют одинаковую структуру:

0/1	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	SDO существует / действителен
	1	SDO не существует / не действителен
30	0	Значение CAN-ID определяется статически
	1	Значение CAN-ID определяется динамически
29	0	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

SDO действителен, когда бит 31 равен нулю как для субиндекса 1, так и для субиндекса 2. SDO параметры сервера всегда принимают значения, задаваемые предопределенным распределением идентификаторов. Они не доступны по записи и не подлежат сохранению в энергонезависимой памяти.

**1400<sub>h</sub> – 1403<sub>h</sub>**

Коммуникационные параметры принимаемых PDO (RPDO 1 — RPDO 4).

**1800<sub>h</sub> – 1803<sub>h</sub>**

Коммуникационные параметры передаваемых PDO (TPDO 1 — TPDO 4).

Субиндекс 1:

PDO COB-ID.

Значения по умолчанию для существующих PDO:

1400<sub>h</sub> (RPDO 1): 200<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1401<sub>h</sub> (RPDO 2): 300<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1402<sub>h</sub> (RPDO 3): 400<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1403<sub>h</sub> (RPDO 4): 500<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

1800<sub>h</sub> (TPDO 1): 180<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1801<sub>h</sub> (TPDO 2): 280<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1802<sub>h</sub> (TPDO 3): 380<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1803<sub>h</sub> (TPDO 4): 480<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

0/1	0/1	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	PDO существует / действителен
	1	PDO не существует / не действителен
30	0	Удаленный запрос PDO (RTR) разрешен
	1	Удаленный запрос PDO (RTR) запрещен
29	0	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра

10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра
--------	---	---

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (значение параметра вне диапазона). Изменение бит 0-28 и бита 30 запрещено если PDO действителен (бит 31 = 0). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

Субиндекс 2:

Тип приема или передачи PDO.

Значение по умолчанию: 255.

Тип приема/передачи	Прием или передача PDO				
	циклический	а-циклический	синхронный	а-синхронный	только RTR
0		X	X		
1-240	X		X		
241-251	зарезервированы				
252			X		X
253				X	X
254				X	
255				X	

Синхронные RPDO (тип приема 0-240) активируются (обновляют принятые данные) при получении очередного SYNC объекта после приема самого RPDO. RPDO типа 254 и 255 обновляют принятые данные (активируются) сразу после получения.

Синхронные TPDO (тип передачи 0-240 и 252) означает привязку выдачи PDO к объекту синхронизации SYNC. Асинхронная передача такой привязки не предусматривает. Тип передачи 0 означает, что передача PDO не будет периодической, однако остается привязанной к SYNC объекту. Значения 1-240 определяют периодическую передачу, причем тип передачи задает число SYNC посылок, которые должны быть получены для инициализации (выдачи) TPDO. После записи данного субиндекса выполняется ресинхронизация соответствующего TPDO. Типы передачи 252 и 253 означают, что PDO передается только при наличии удаленного запроса (RTR). Причем PDO типа 252 будет передан лишь при получении - вслед за RTR - очередного SYNC объекта. Эти два значения типов передачи возможны только для TPDO. Тип 254 для TPDO означает, что асинхронное событие, которое инициирует передачу, определяется производителем. Тип 255 подразумевает, что соответствующее событие задается в профиле устройства. Попытка изменения типа передачи на значение, не поддерживаемое устройством, завершается SDO аборт-кодом 0609 0030<sub>h</sub> (значение параметра вне диапазона).

Субиндекс 3:

Время подавления посылок TPDO.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Может использоваться для TPDO типов 254 и 255. Объект задается в виде числа (множителя) 100 мкс временных интервалов.

Изменение объекта запрещено если TPDO действителен (бит 31 COB-ID = 0). Такая попытка завершается SDO аборт-кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

Время подавления определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера.

Поскольку TPDO является асинхронным и может возникать не зависимо от таймерного сигнала, время подавления “дрожит” в пределах одного периода таймера.

В случае использования субиндекса для RPDO запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

#### Субиндекс 4:

Зарезервирован.

Запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

#### Субиндекс 5:

Таймер события в миллисекундах.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Может использоваться для TPDO типов 254 и 255. Задаёт максимальный интервал времени между передачей TPDO при отсутствии в системе других событий, вызывающих передачу этого TPDO.

Разрешение таймера события определяется разрешением внутреннего CANopen таймера.

Если длительность таймера события задана меньшей, нежели период таймера, но отлична от нуля, генерация TPDO будет осуществляться с частотой внутреннего CANopen таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков внутреннего CANopen таймера, но не превышать заданного значения таймера события.

Поскольку TPDO является асинхронным, интервал до первого таймерного TPDO “дрожит” в пределах одного периода таймера.

В случае использования субиндекса для RPDO задаёт контрольный интервал времени приема соответствующего RPDO. Если в течение установленного времени не поступило ни одного RPDO, регистрируется ошибка истечения контрольного времени. Интервал времени переустанавливается только после успешной записи всех данных из RPDO в объектный словарь приложения (активации RPDO).

Для синхронных RPDO при выборе контрольного интервала следует учитывать дополнительные обстоятельства. Во-первых, активация синхронных RPDO производится при получении очередного SYNC объекта после приема самих RPDO, то есть задержка активации может достигать одного периода SYNC. Во-вторых, установ временного окна для синхронных PDO (объект 1007<sub>h</sub>) может привести к тому, что RPDO, поступившие по истечении окна синхронизации, не будут приняты к обработке.

Контрольный интервал времени определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера. Поскольку RPDO является асинхронным, фактическая длительность интервала “дрожит” в пределах одного периода таймера.

#### Субиндекс 6:

Стартовое значение SYNC счетчика.

Значение по умолчанию: 0.

Объект определен только для передаваемых PDO.

Нулевое значение объекта означает, что SYNC счетчик не используется для данного TPDO.

Значения от 1 до 240 определяют, что для данного TPDO учитывается значение SYNC счетчика. Если SYNC счетчик не разрешен (объект 1019<sub>h</sub>), значение данного субиндекса игнорируется. В случае активного SYNC счетчика первым SYNC кадром считается тот, значение счетчика которого совпадает со стартовым. После записи данного субиндекса выполняется ресинхронизация соответствующего TPDO.

Изменение объекта запрещено если TPDO действителен (бит 31 COB-ID = 0). Такая попытка завершается SDO аборт-кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

### 1600<sub>h</sub> – 1603<sub>h</sub>

Параметры отображения принимаемых PDO (RPDO1 - RPDO4).

### 1A00<sub>h</sub> – 1A03<sub>h</sub>

Параметры отображения передаваемых PDO (TPDO1 - TPDO4).

Суб-индекс 0 фиксирует число действительных записей PDO отображения, то есть число прикладных объектов, которые передаются или принимаются соответствующим PDO. Для каждого PDO зарезервировано восемь записей отображения. Оно является байт-ориентированным и может быть сконфигурировано необходимым для приложения образом. Суб-индексы, начиная с 1<sub>h</sub> содержат описание прикладных объектов PDO отображения в следующем формате:

Индекс прикладного объекта	Суб-индекс	Длина объекта (бит)
31	16 15	8 7 0

Любая попытка записи не поддерживаемых значений завершается выдачей SDO аборт кода.

Причина этого может заключаться в стремлении записать индекс и субиндекс не существующего прикладного объекта, не верной длине прикладного объекта, либо неправильной длине всего PDO. Последняя не должна превышать 8 байт (64 бита).

Возможно включение в PDO отображение объектов определения типа 0002<sub>h</sub> — 0007<sub>h</sub>. Это позволяет при необходимости выравнивать размещения прикладных объектов в PDO.

Изменять параметры PDO отображения можно как в пред-операционном, так и в операционном состоянии изделия. Для этого используется следующая процедура:

- Перевести PDO в недействительное состояние, записав 1 в бит 31 PDO COB-ID соответствующего коммуникационного параметра PDO. Только для операционного состояния устройства.
- Запретить PDO отображение, установив субиндекс 0 в значение 0.
- Изменить PDO отображение, модифицировав соответствующие субиндексы.
- Разрешить PDO отображение, записав в субиндекс 0 число отображаемых объектов.
- Перевести PDO в действительное состояние, записав 0 в бит 31 PDO COB-ID соответствующего коммуникационного параметра PDO. Только для операционного состояния устройства.

При выполнении п. 2 в операционном состоянии устройства п. 1 будет исполнен автоматически и может быть опущен. Выполнение п. 5 в операционном состоянии является обязательным. Если при выполнении п. 3 обнаруживается, что соответствующий прикладной объект не существует, устройство отвечает SDO аборт кодом 0604 0041<sub>h</sub> (объект не может быть отображен в PDO). Если ошибка возникает при выполнении п. 4, выдается SDO аборт код 0604 0042<sub>h</sub> (полная длина отображаемых объектов превышает максимальный размер PDO).

Когда устройство принимает RPDO, длина которого превышает записанную в соответствующем PDO отображении, используется необходимое число первых байт RPDO. Если же число байт принятого PDO оказывается меньшим, нежели количество байт отображения, данные не обрабатываются и выдается срочное сообщение (объект EMCY) с кодом ошибки 8210<sub>h</sub> (PDO не может быть обработано из-за ошибки длины данных).

### Значения параметров отображения по умолчанию.

RPDO1 (включение и отключение тока нагрузки):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1600	0	Число отображаемых объектов	1
	1	Включение и отключение тока нагрузки	2002 00 08

RPDO2 (аналоговые выходы 32 разряда):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1601	0	Число отображаемых объектов	1
	1	Уставка тока	6412 01 20

TPDO1:

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A00	0	Число отображаемых объектов	1
	1	Статус источника тока	2001 00 08

TPDO2 (аналоговые входы 32 разряда):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A01	0	Число отображаемых объектов	2
	1	Величина исходящего тока источника	6402 01 20
	2	Величина входящего тока источника	6402 02 20

TPDO3 (аналоговые входы 32 разряда):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A02	0	Число отображаемых объектов	1
	1	Напряжение на нагрузке	6402 03 20

TPDO4 (аналоговые входы 32 разряда):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A03	0	Число отображаемых объектов	2
	1	Температура транзисторов модулятора, град. С	6402 05 20
	2	Температура дросселей, град. С	6402 06 20



## 6. Профиль источника тока.



## 6.1 Единицы измерения параметров и уставок источника.

Код проекта	Описание	Ток	Напряжение	Температура
61 <sub>h</sub>	Источник тока ±6А	<i>микроампер</i>	милливольт	град. С
62 <sub>h</sub>	Источник тока ±20А	<i>микроампер</i>	милливольт	град. С
63 <sub>h</sub>	Источник подмагничивания 20А	<i>микроампер</i>	милливольт	град. С
64 <sub>h</sub>	Источник тока однополярный 12А	<i>микроампер</i>	милливольт	град. С
65 <sub>h</sub>	Источник тока однополярный 100А	миллиампер	милливольт	град. С

## 6.2 Объекты, определяемые производителем устройства.

### 2000<sub>h</sub>

Аппаратная конфигурация устройства.

#### Субиндекс 1:

Код проекта, определяющий тип источника.

61<sub>h</sub> — источник ±6А.

62<sub>h</sub> — источник ±20А.

63<sub>h</sub> — источник подмагничивания 20А.

64<sub>h</sub> — источник тока однополярный 12А.

65<sub>h</sub> — источник тока однополярный 100А.

### 2001<sub>h</sub>

Статус источника тока.

0 — ток нагрузки отключен.

1 — ток нагрузки включен, штатная работа источника.

2 — источник в режиме безопасного останова.

3 — источник в режиме прямого управления ШИМ.

### 2002<sub>h</sub>

Включение и отключение тока нагрузки.

0 — отключить ток нагрузки.

1 — включить ток нагрузки.

### 200D<sub>h</sub>

Значения управляющих параметров ШИМ.

#### Субиндекс 1:

Управляющий параметр основного ШИМ канала «минус».

Диапазоны значений: 0..1120 или 100..1120 в зависимости от типа источника.

#### Субиндекс 2:

Управляющий параметр МЕР ШИМ высокого разрешения канала «минус».

#### Субиндекс 3:

Управляющий параметр основного ШИМ канала «плюс».

Диапазоны значений: 0..1120 или 100..1120 в зависимости от типа источника.

#### Субиндекс 4:

Управляющий параметр МЕР ШИМ высокого разрешения канала «плюс».

## 200E<sub>h</sub>

Измеренная крутизна характеристики ШИМ источника.

Фактически определяет в линейном приближении максимальный ток, который может быть выдан в подсоединенную нагрузку ШИМ источника. Является калибровочным параметром алгоритма управления током.

### Субиндекс 1:

Интегральная крутизна ШИМ источника тока.

### Субиндекс 2:

Дифференциальная крутизна ШИМ источника тока.

## 200F<sub>h</sub>

Эффективное значение МЕР фактора.

Определяет дополнительное разрешение ШИМ источника тока. Базовое разрешение ШИМ составляет от 1020 до 1120 каналов. Полное разрешение определяется произведением базового разрешения и эффективного значения МЕР фактора.

## 2020<sub>h</sub>

Диапазон значений уставки тока.

Соотношение минимальной и максимальной величин не контролируется.

### Субиндекс 1:

Минимальное значение уставки тока:

Тип источника тока	Значение по умолчанию	Диапазон значений	Единицы задания
Источник тока ±6А	-6500000	±6500000	мкА
Источник тока ±20А	-21000000	±21000000	мкА
Источник подмагничивания 20А	0	0..21000000	мкА
Источник тока однополярный 12А	0	0..12500000	мкА
Источник тока однополярный 100А	0	0..105000	мА

### Субиндекс 2:

Максимальное значение уставки тока:

Тип источника тока	Значение по умолчанию	Диапазон значений	Единицы задания
Источник тока ±6А	6500000	±6500000	мкА
Источник тока ±20А	21000000	±21000000	мкА
Источник подмагничивания 20А	21000000	0..21000000	мкА
Источник тока однополярный 12А	12500000	0..12500000	мкА
Источник тока однополярный 100А	105000	0..105000	мА

## 2021<sub>h</sub>

Максимальное число ошибок алгоритма управления.

Значение по умолчанию: 50.

Минимальное значение: 10.

Максимальное значение: 250.

Задаёт максимальное число ошибок алгоритма управления током, по достижении которого источник переходит в состояние безопасного останова. При этом логическая цепь обратной связи разрывается и на входах ШИМ преобразователей устанавливается код нулевого тока. Кроме того, задается нулевое значение уставки тока (объект 6412<sub>h</sub>sub1<sub>h</sub>). При каждой записи уставки тока значение счетчика ошибок сбрасывается.

### 2022<sub>h</sub>

Скорость изменения исходящего тока источника.

Задается в мА/С (миллиамперах в секунду).

Параметр влияет на динамическое поведение алгоритма управления током.

Значение по умолчанию: Хранится в EEPROM.

Минимальное значение: 10.

Максимальное значение: (Максимальный ток источника в мА \* 2).

Задаёт усреднённую дискретную скорость изменения исходящего тока.

### 2023<sub>h</sub>

Длительность переходного процесса для исходящего тока источника.

Задается в мС (миллисекунды).

Параметр влияет на динамическое поведение алгоритма управления током.

Значение по умолчанию: Хранится в EEPROM.

Минимальное значение: 10.

Максимальное значение: 10000.

Определяет время до начала обработки новой величины тока после того, как был изменен код управления ШИМ преобразователями источника. Проводимая статистическая обработка первичных измерений тока по методу усеченного среднего вызывает задержку получения точного результата на время порядка 15 миллисекунд. Поэтому значение данного параметра рекомендуется устанавливать не менее 15.

### 202E<sub>h</sub>

Допустимая абсолютная разность исходящего и входящего токов источника:

$\text{abs}(6402_{\text{hsub}1} - 6402_{\text{hsub}2})$ .

Значение по умолчанию: 2% от максимального тока источника.

Если абсолютная разность токов превышает допустимую, выдается срочное сообщение с кодом ошибки 2390<sub>h</sub> (превышено допустимое рассогласование входящего и исходящего токов источника).

### 202F<sub>h</sub>

Перевод источника тока в режим прямого управления ШИМ.

Субиндекс 1:

Первый код прямого управления ШИМ.

Значение по умолчанию (режим отключен): 0.

Активное значение: 17<sub>h</sub>

Субиндекс 2:

Второй код прямого управления ШИМ.

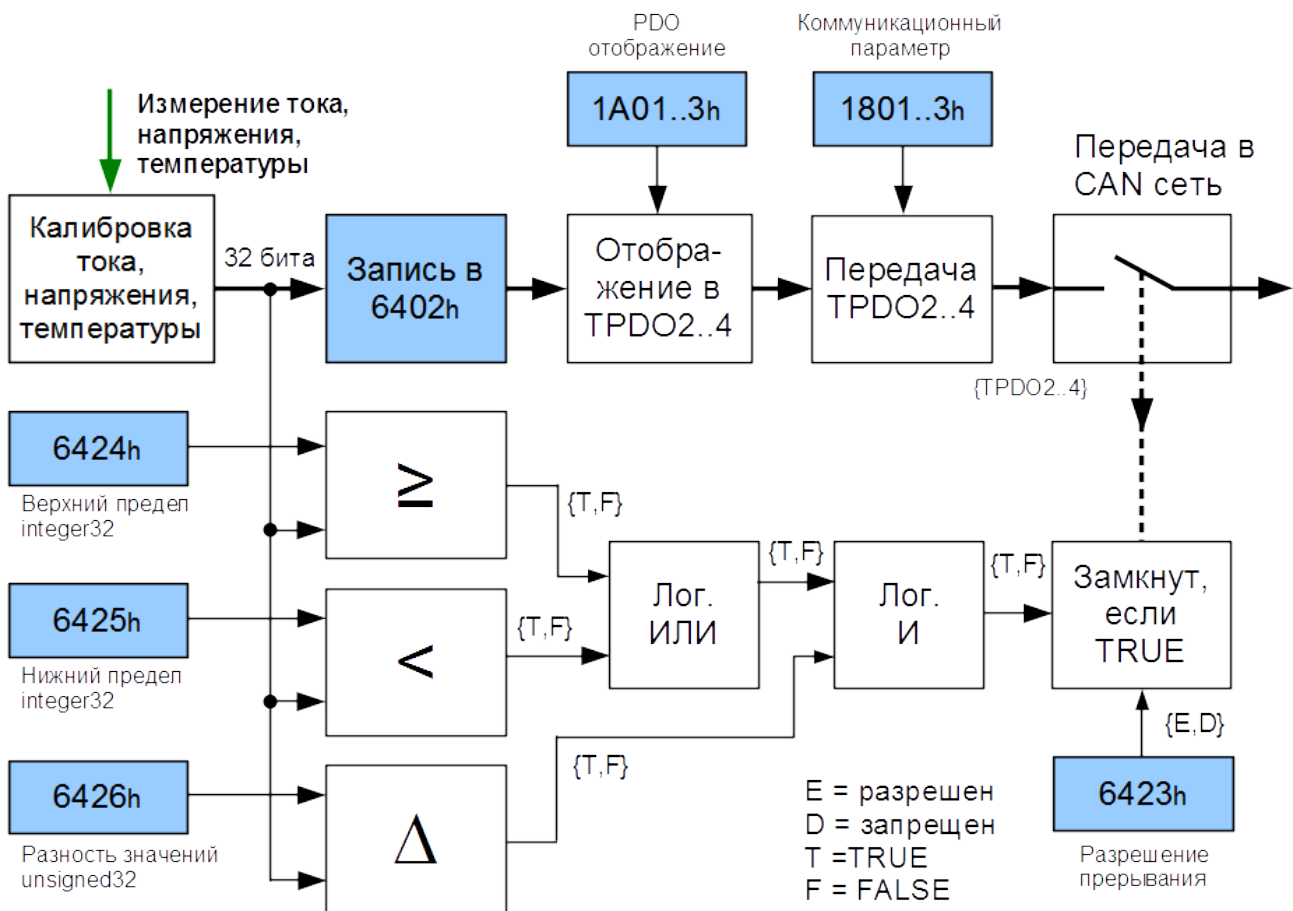
Значение по умолчанию (режим отключен): 0.

Активное значение: E8<sub>h</sub>

Устройство переходит в режим прямого управления ШИМ, когда оба субиндекса имеют активное значение. Запись в любой субиндекс значения, отличного от активного, устанавливает значение по умолчанию в каждом из субиндексов, отключая режим прямого управления. Переход в режим прямого управления возможен только из штатного режима работы источника (объект 2001<sub>h</sub> = 1). Фактическая работа в режиме прямого управления ШИМ запускается после очередного задания уставки тока (объект 6412<sub>h</sub>). При выходе из режима прямого управления ШИМ ток нагрузки отключается.

Режим прямого управления ШИМ используется в отладочных целях. Он подразумевает, что уставка тока заводится непосредственно на ШИМ преобразователи. При этом алгоритм управления током полностью отключается.

### 6.3 Профиль измерения тока, напряжения и температуры.



#### 6402h

Измерение аналоговых параметров источника.

##### Субиндекс 1:

Исходящий ток источника (входящий ток нагрузки).

Значение параметра является усеченным средним по измерениям АЦП исходящего тока. В режиме прямого управления ШИМ измерения усредняются по временному окну длительностью 1 мС. В других режимах производится дополнительное усреднение 1 мС значений по окну длительностью 20 мС.

##### Субиндекс 2:

Входящий тока источника (исходящий ток нагрузки).

Значение параметра является усеченным средним по измерениям АЦП входящего тока. В режиме прямого управления ШИМ измерения усредняются по временному окну длительностью 1 мС. В других режимах производится дополнительное усреднение 1 мС значений по окну длительностью 20 мС.

##### Субиндекс 3:

Напряжение на нагрузке, мВ.

Значение параметра является усеченным средним по измерениям АЦП напряжения. В режиме прямого управления ШИМ измерения усредняются по временному окну длительностью 1 мС. В других режимах производится дополнительное усреднение 1 мС значений по окну длительностью 20 мС.

Субиндекс 4:

Зарезервирован.

Субиндекс 5:

Температура транзисторов модулятора, град. С.

Субиндекс 6:

Температура дросселей, град. С.

**6421<sub>h</sub>**

Маска разрешения прерывания при измерении аналоговых параметров.

Значение по умолчанию: 7<sub>h</sub>.

Определяет, какие события будут вызывать прерывание (передачу TPDO).

Биты	Значение	Описание
5-7	---	Зарезервированы
3,4	---	Не используются
2	0/1	Значение изменилось более абсолютной разности (6426 <sub>h</sub> ).
1	0/1	Значение менее нижнего предела (6425 <sub>h</sub> ).
0	0/1	Значение превышает верхний предел (6424 <sub>h</sub> ).

**6422<sub>h</sub>**

Маска аналоговых входов, по которым произошло прерывание. Каждому аналоговому каналу сопоставлен один бит маски.

Значение по умолчанию: нет.

Бит = 1 — произошло прерывание (выдача TPDO).

Бит = 0 — нет прерывания.

Каждое чтение маски сбрасывает все установленные значения (обнуляет маску).

**6423<sub>h</sub>**

Общее разрешение прерывания при измерении аналоговых параметров.

Значение по умолчанию: FALSE.

Разрешает и запрещает общее прерывание (передачу TPDO), не влияя на индивидуальные маски прерываний (объект 6421<sub>h</sub>).

Значение = TRUE — прерывание разрешено.

Значение = FALSE — прерывание запрещено.

**6424<sub>h</sub>**

Целочисленная верхняя уставка прерывания при измерении аналоговых параметров.

Значение по умолчанию: 0.

Прерывание (передача TPDO) будет сгенерировано, когда значение аналогового параметра станет больше либо равным уставке. Если это условие продолжает выполняться, новое прерывание генерируется при каждом изменении величины параметра, но с учетом возможного дополнительного условия по разности значений (объект 6426<sub>h</sub>).

**6425<sub>h</sub>**

Целочисленная нижняя уставка прерывания при измерении аналоговых параметров.

Значение по умолчанию: 0.

Прерывание (передача TPDO) будет сгенерировано, когда значение аналогового параметра станет меньше уставки. Если это условие продолжает выполняться, новое прерывание генерируется при каждом изменении величины параметра, но с учетом возможного дополнительного условия по разности значений (объект 6426<sub>h</sub>).

### 6426<sub>h</sub>

Целочисленная уставка абсолютной разности возникновения прерывания при измерении аналоговых параметров.

Значение по умолчанию: 0.

Накладывает дополнительные ограничения на момент генерации прерывания (передачи TPDO) при выполнении условий, задаваемых объектами 6424<sub>h</sub> и 6425<sub>h</sub>. Теперь будет учитываться изменение аналогового параметра относительно последнего переданного уровня. Новое TPDO передается, когда это изменение достигает уставки разности.

### 6430<sub>h</sub>

Указывает единицы измерения тока в единицах СИ.

Структура объекта:

Префикс	СИ числитель	СИ знаменатель	Зарезервировано
FA <sub>h</sub> (микро) FD <sub>h</sub> (милли)	04 <sub>h</sub> (ампер)	00 <sub>h</sub> (не используется)	00 <sub>h</sub>
FD <sub>h</sub> (милли)	26 <sub>h</sub> (вольт)	00 <sub>h</sub> (не используется)	00 <sub>h</sub>
00 <sub>h</sub> (—)	2D <sub>h</sub> (градус цельсия)	00 <sub>h</sub> (не используется)	00 <sub>h</sub>
31	24 23	16 15	8 7 0

#### Субиндексы 1 и 2:

Значение FA040000<sub>h</sub> (мкА) или FD040000<sub>h</sub> (мА).

#### Субиндекс 3:

Значение FD260000<sub>h</sub> (мВ).

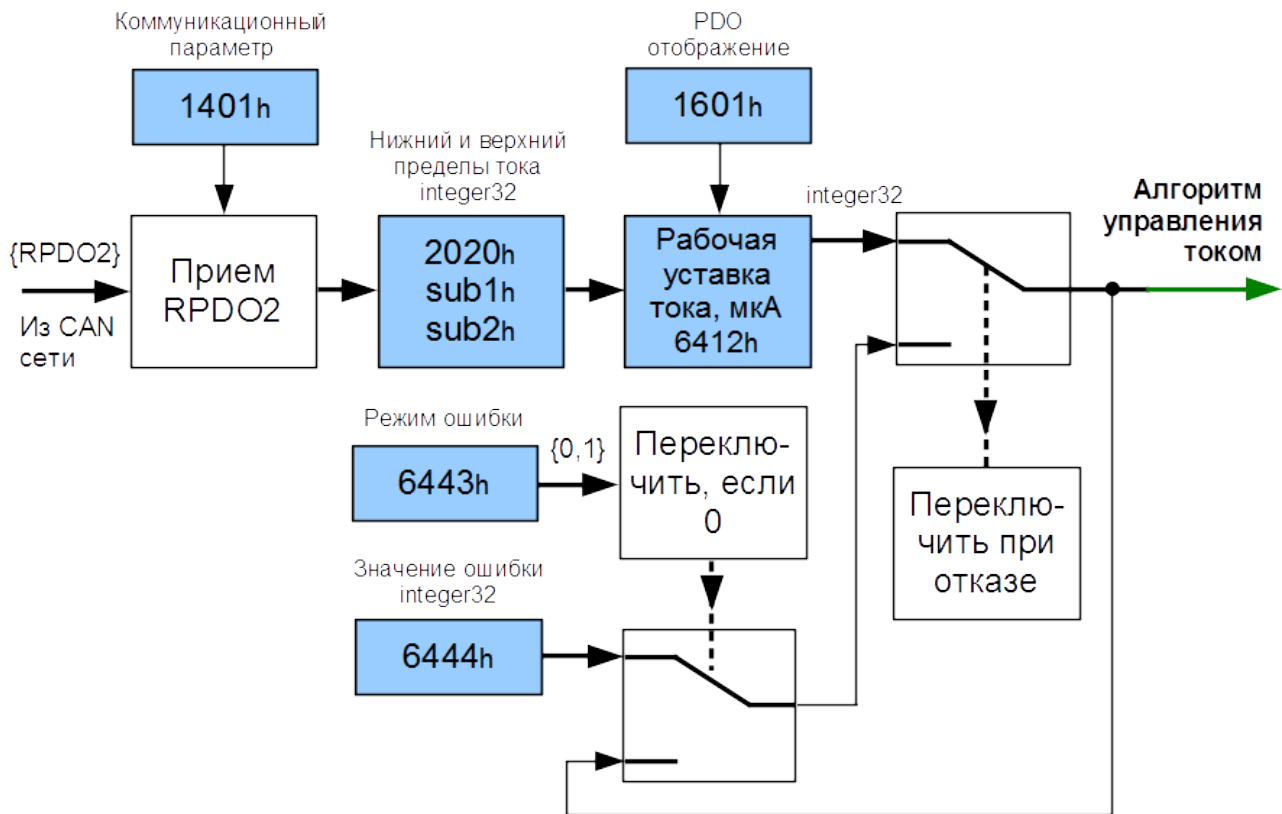
#### Субиндекс 4:

Значение 0<sub>h</sub> (безразмерный).

#### Субиндексы 5 и 6:

Значение 002D0000<sub>h</sub> (градусы Цельсия).

## 6.4 Профиль уставки тока.



### 6412<sub>h</sub>

Запись уставки тока.

#### Субиндекс 1:

Задаёт уставку тока.

Значение по умолчанию: 0.

Для однополярного источника 12А значения уставки менее 200000 мкА задают нулевую величину тока.

Для однополярного источника 100А значения уставки менее 1000 мА задают нулевую величину тока.

Если значение уставки тока выходит за диапазон, установленный объектом 2020<sub>h</sub>, новая уставка игнорируется. При этом устройство выдает срочное сообщение с кодом ошибки 2380<sub>h</sub> (значение уставки тока вне допустимых пределов). Кроме того:

- если уставка передается в PDO, такое PDO игнорируется и считается не принятым.
- если уставка передается посредством SDO протокола, обмен завершается аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (значение параметра вне диапазона).

При каждой записи подходящей уставки тока сбрасывается счетчик полного числа ошибок управления (объект 2021<sub>h</sub>).

### 6443<sub>h</sub>

Режим ошибки для уставки тока.

Значение по умолчанию: 1.

Определяет поведение уставки при переходе устройства в режим ошибки.

= 1 — уставка тока принимает значение, определенное в объекте 6444<sub>h</sub>.

= 0 — значение уставки тока не изменяется.



#### 6444<sub>h</sub>

Величина уставки тока при ошибке.

Значение по умолчанию: 0.

Определяет уставку тока, которая устанавливается при переходе устройства в режим ошибки, если это разрешено объектом 6443<sub>h</sub>. Величина этой уставки ограничивается полным диапазоном тока источника и не зависит от значений объекта 2020<sub>h</sub> (диапазон уставки тока).

#### 6450<sub>h</sub>

Указывает единицы задания уставок в единицах СИ.

Структура объекта:

Префикс	СИ числитель	СИ знаменатель	Зарезервировано
FA <sub>h</sub> (микро) FD <sub>h</sub> (милли)	04 <sub>h</sub> (ампер)	00 <sub>h</sub> (не используется)	00 <sub>h</sub>
31	24 23	16 15	8 7 0

Субиндекс 1:

Значение FA040000<sub>h</sub> (мкА) или FD040000<sub>h</sub> (мА).

### 6.4.1 Поведение устройства в режиме ошибки.

Устройство переходит в режим ошибки в следующих случаях:

- при останове CAN узла NMT командой Stop Remote Node;
- при отказах, обрабатываемых с использованием объекта 1029<sub>h</sub> (поведение устройства при возникновении ошибок).

Устройство возвращается в штатный режим при переходе в операционное состояние (NMT команда Start Remote Node) либо перезапуске (NMT команда Reset Node). Переход устройства в пред-операционное состояние (NMT команда Enter Pre-Operational), а также перезапуск его коммуникационной подсистемы (NMT команда Reset Communication) не обеспечивают выхода из режима ошибки.

При нахождении устройства в режиме ошибки попытка записи объектов 6412<sub>h</sub>, 6443<sub>h</sub> и 6444<sub>h</sub> отвергается с выдачей SDO аборт кода 0800 0022<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства). Кроме того, если устройство находится в операционном NMT состоянии, передается срочное сообщение с кодом ошибки FF80<sub>h</sub> (устройство находится в режиме ошибки). Если значение объекта 6412<sub>h</sub> передается с использованием PDO протокола, соответствующее RPDO игнорируется и считается не принятым.

При выходе из режима ошибки регистр ошибок (объект 1001<sub>h</sub>) сбрасывается в ноль.

## 7. Индикация CANopen состояния устройства.

Индикация состояния устройства осуществляется в соответствии с «проектными рекомендациями по использованию светодиодов» (SiA 303 часть 3 v. 1.4). Для этого используется совмещенный красно-зеленый светодиод Status. В случае конфликтов индикации преимущество имеет красный светодиод.

### 7.1 Красный светодиод (ошибка).

Индикация	Состояние изделия
Погашен.	Нет ошибки. Красный светодиод гасится при получении устройством любой адресованной ему NMT команды из CAN сети.
Одна вспышка длительностью 200 мс с паузой 1 с.	Счетчик(и) ошибок CAN контроллера достиг(ли) уровня предостережения (слишком много искаженных кадров в сети).
Две вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Истекло время жизни для протокола охраны работоспособности узла.
Три вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Не получен объект синхронизации SYNC за период объекта синхронизации (объект 1006 <sub>h</sub> ).
Четыре вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Не получено RPDO до истечения его таймера события.
Светится непрерывно.	Устройство отключено от шины (в состоянии bus-off). Устройство логически отключено от канального уровня CAN сети по записи.

### 7.2 Зеленый светодиод (работа).

Индикация	Состояние изделия
Мигает с частотой 2.5 Гц.	Устройство в ПРЕД-операционном NMT состоянии
Одна вспышка длительностью 200 мс с паузой 1 с.	Устройство остановлено (NMT состояние останова).
Светится непрерывно.	Устройство в операционном NMT состоянии.

Оба светодиода гасятся, если устройство получает из CAN сети несуществующую NMT команду. При этом NMT состояние устройства не изменяется.

## 8. Коды ошибок CANopen.

### 8.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код).

Аборт код	Описание
0503 0000 <sub>h</sub>	Не изменился мерцающий (toggle) бит.
0504 0000 <sub>h</sub>	Тайм-аут SDO протокола.
0504 0001 <sub>h</sub>	Неверная либо не известная команда протокола.
0504 0002 <sub>h</sub>	Неверный размер блока данных (только для блочного протокола).
0504 0003 <sub>h</sub>	Неверный номер кадра (только для блочного протокола).
0504 0004 <sub>h</sub>	Ошибка CRC (только для блочного протокола).
0504 0005 <sub>h</sub>	Не хватает памяти.
0601 0000 <sub>h</sub>	Запрашиваемый доступ к объекту не поддерживается.
0601 0001 <sub>h</sub>	Попытка чтения только записываемого (WO) объекта.
0601 0002 <sub>h</sub>	Попытка записи только читаемого (RO) объекта.
0602 0000 <sub>h</sub>	Нет такого объекта в объектном словаре.
0604 0041 <sub>h</sub>	Объект не может быть отображен в PDO.
0604 0042 <sub>h</sub>	Полная длина отображаемых объектов превышает максимальный размер PDO (64 бита).
0604 0043 <sub>h</sub>	Общая несовместимость параметров.
0604 0047 <sub>h</sub>	Общая внутренняя несовместимость в устройстве.
0606 0000 <sub>h</sub>	Отказ в доступе из-за аппаратной ошибки.
0607 0010 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных или длина параметра.
0607 0012 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных, превышена длина параметра.
0607 0013 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных, мала длина параметра.
0609 0011 <sub>h</sub>	Нет такого субиндекса.
0609 0030 <sub>h</sub>	Значение параметра вне диапазона (только для записи данных).
0609 0031 <sub>h</sub>	Значение параметра превышает верхний предел.
0609 0032 <sub>h</sub>	Значение параметра превышает нижний предел.
0609 0036 <sub>h</sub>	Максимальное значение меньше минимального.
060A 0023 <sub>h</sub>	Ресурс не доступен: SDO соединение.
0800 0000 <sub>h</sub>	Общая ошибка.
0800 0020 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению.
0800 0021 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению из-за особенностей локального управления.
0800 0022 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства.

0800 0023 <sub>h</sub>	Не удалось динамически сгенерировать объектный словарь или нет объектного словаря.
0800 0024 <sub>h</sub>	Нет данных.

## 8.2 Коды ошибок объекта срочного сообщения (Emergency).

Код ошибки (hex)	Назначение
0000	Сброс либо отсутствие ошибки или предупреждение.
0080	При переходе устройства в операционное NMT состояние общее прерывание для аналоговых входов (объект 6423 <sub>h</sub> ) запрещено.
1000	Общая ошибка.
2000	Ток - общая ошибка.
2100	Ток на входе в CANopen устройство - общая ошибка.
2200	Ток внутри CANopen устройства - общая ошибка.
2300	Выходной ток CANopen устройства - общая ошибка.
2380	Значение уставки тока вне допустимых пределов.
2381	Достигнут предел диапазона измерения тока.
2382	Достигнут предел диапазона управления.
2383	Зафиксирована потеря управления током.
2384	Превышено допустимое число итераций цикла подстройки.
238F	Переход алгоритма управления током в режим безопасного останова.
2390	Превышено допустимое рассогласование исходящего и входящего токов источника.
3000	Напряжение - общая ошибка.
3100	Напряжение питания - общая ошибка.
3200	Напряжение внутри CANopen устройства - общая ошибка.
3300	Выходное напряжение - общая ошибка.
4000	Температура - общая ошибка.
4100	Температура окружающей среды - общая ошибка.
4200	Температура CANopen устройства - общая ошибка.
4280	Температура в области ШИМ транзисторов $\geq 60^{\circ} \text{C}$ .
4281	Температура в области дросселей $\geq 60^{\circ} \text{C}$ .
5000	«Железо» устройства - общая ошибка.
6000	Программное обеспечение устройства - общая ошибка.
6100	Встроенное программное обеспечение - общая ошибка.
6180	Переполнение выходного CANopen кэша.

6190	Ошибка инициализации CANopen таймера.
6191	Наложение тиков CANopen таймера.
61A0	Ошибка данных в энергонезависимой памяти.
61A1	Ошибка при работе с энергонезависимой памятью.
6200	Программное обеспечение пользователя - общая ошибка.
6300	Данные - общая ошибка.
7000	Дополнительные модули - общая ошибка.
8000	Мониторинг - общая ошибка.
8100	Коммуникации - общая ошибка.
8110	Переполнение CAN (потеря объекта).
8120	CAN в пассивном к ошибке состоянии.
8130	Ошибка протокола охраны работоспособности устройства либо протокола сердцебиения.
8140	Выход из состояния отключения от шины (bus-off).
8150	Коллизия передаваемых идентификаторов (CAN-ID).
8180	Событие CAN контроллера «hardware overrun».
8181	Событие CAN контроллера «software overrun».
8182	Событие CAN контроллера «error warning limit».
8183	Событие CAN контроллера «write timeout».
8200	Ошибка протокола - общая ошибка.
8210	PDO не может быть обработан из-за ошибки длины данных.
8220	Превышен превышает максимальный размер PDO (64 бита).
8230	Не обработан мультиплексированный PDO с режимом адреса назначения (DAM): соответствующий объект не доступен.
8240	Неподходящая длина данных SYNC кадра.
8250	Таймаут RPDO.
9000	Внешняя ошибка - общая ошибка.
F000	Дополнительные функции - общая ошибка.
FF00	Определяется конкретным типом CANopen устройства - общая ошибка.
FF80	Устройство находится в режиме ошибки.
FF81	Ток нагрузки отключен.

Цветом выделены дополнительные и не стандартные Emergency коды.

Ошибки с кодами 6180<sub>h</sub>, 6190<sub>h</sub>, 61A0<sub>h</sub>, 61A1<sub>h</sub> записываются в регистр ошибок (объект 1003<sub>h</sub>) но не передаются в качестве срочного сообщения, поскольку объект EMCY отсутствует в системе (этап инициализации) либо не может быть передан в CAN сеть.

## 9. Предопределенное распределение идентификаторов.

### 9.1 Широковещательные объекты.

Идентификатор широковещательных объектов не зависит от номера узла CAN сети.

CAN-ID	Назначение	Индекс объекта
0	NMT объекты.	---
128 (80 <sub>h</sub> )	Объект синхронизации SYNC.	1005 <sub>h</sub> , 1006 <sub>h</sub>
256 (100 <sub>h</sub> )	Объект временной метки Time Stamp.	1012 <sub>h</sub> , 1013 <sub>h</sub>

### 9.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer).

Идентификатор объектов равный-к-равному зависит от номера узла CAN сети.

CAN-ID	Назначение	Индекс объекта
129 (81 <sub>h</sub> ) – 255 (FF <sub>h</sub> )	Объекты срочного сообщения (EMCY) для узлов сети 1-127.	1014 <sub>h</sub> , 1015 <sub>h</sub>
385 (181 <sub>h</sub> ) – 511 (1FF <sub>h</sub> )	Первые передаваемые PDO (TPDO 1) для узлов сети 1-127.	1800 <sub>h</sub>
513 (201 <sub>h</sub> ) – 639 (27F <sub>h</sub> )	Первые принимаемые PDO (RPDO 1) для узлов сети 1-127.	1400 <sub>h</sub>
641 (281 <sub>h</sub> ) – 767 (2FF <sub>h</sub> )	Вторые передаваемые PDO (TPDO 2) для узлов сети 1-127.	1801 <sub>h</sub>
769 (301 <sub>h</sub> ) – 895 (37F <sub>h</sub> )	Вторые принимаемые PDO (RPDO 2) для узлов сети 1-127.	1401 <sub>h</sub>
897 (381 <sub>h</sub> ) – 1023 (3FF <sub>h</sub> )	Третьи передаваемые PDO (TPDO 3) для узлов сети 1-127.	1802 <sub>h</sub>
1025 (401 <sub>h</sub> ) – 1151 (47F <sub>h</sub> )	Третьи принимаемые PDO (RPDO 3) для узлов сети 1-127.	1402 <sub>h</sub>
1153 (481 <sub>h</sub> ) – 1279 (4FF <sub>h</sub> )	Четвертые передаваемые PDO (TPDO 4) для узлов сети 1-127.	1803 <sub>h</sub>
1281 (501 <sub>h</sub> ) – 1407 (57F <sub>h</sub> )	Четвертые принимаемые PDO (RPDO 4) для узлов сети 1-127.	1403 <sub>h</sub>
1409 (581 <sub>h</sub> ) – 1535 (5FF <sub>h</sub> )	SDO, передаваемые от сервера клиенту для узлов сети 1-127.	1200 <sub>h</sub>
1537 (601 <sub>h</sub> ) – 1663 (67F <sub>h</sub> )	SDO, передаваемые от клиента серверу для узлов сети 1-127.	1200 <sub>h</sub>
1793 (701 <sub>h</sub> ) – 1919 (77F <sub>h</sub> )	Протоколы контроля ошибок - сердцебиения и охраны узла - для узлов сети 1-127.	1016 <sub>h</sub> , 1017 <sub>h</sub>

### 9.3 Прочие объекты.

CAN-ID	Назначение
2020 (7E4 <sub>h</sub> )	Ответ от LSS slave (сервис установки уровня).
2021 (7E5 <sub>h</sub> )	Запрос от LSS master (сервис установки уровня).

### 9.4 Идентификаторы ограниченного использования.

Идентификаторы ограниченного использования не должны применяться в любых конфигурируемых коммуникационных объектах, будь то SYNC, TIME-STAMP, EMCY, PDO или дополнительные SDO.

CAN-ID	Назначение
0	NMT объекты.
1 (001 <sub>h</sub> ) – 127 (07F <sub>h</sub> )	Зарезервированы.
257 (101 <sub>h</sub> ) – 384 (180 <sub>h</sub> )	Зарезервированы.
1409 (581 <sub>h</sub> ) – 1535 (5FF <sub>h</sub> )	SDO по умолчанию, передаваемые от сервера клиенту.
1537 (601 <sub>h</sub> ) – 1663 (67F <sub>h</sub> )	SDO по умолчанию, передаваемые от клиента серверу.
1760 (6E0 <sub>h</sub> ) – 1791 (6FF <sub>h</sub> )	Зарезервированы.
1793 (701 <sub>h</sub> ) – 1919 (77F <sub>h</sub> )	Протоколы контроля ошибок.
1920 (780 <sub>h</sub> ) – 2047 (7FF <sub>h</sub> )	Зарезервированы.

## 10. Средства конфигурирования и тестирования.

Интерактивные средства конфигурирования и тестирования источников тока выполнены в виде подключаемых модулей для программы [CANwise](#).

### 10.1 Конфигурирование устройства на основе DCF файла.

Имя файла подключаемого модуля: CANopenDCF.dll.

Название подключаемого модуля: Device Configuration Manager.

Описание: CANopen\_DCF.pdf.

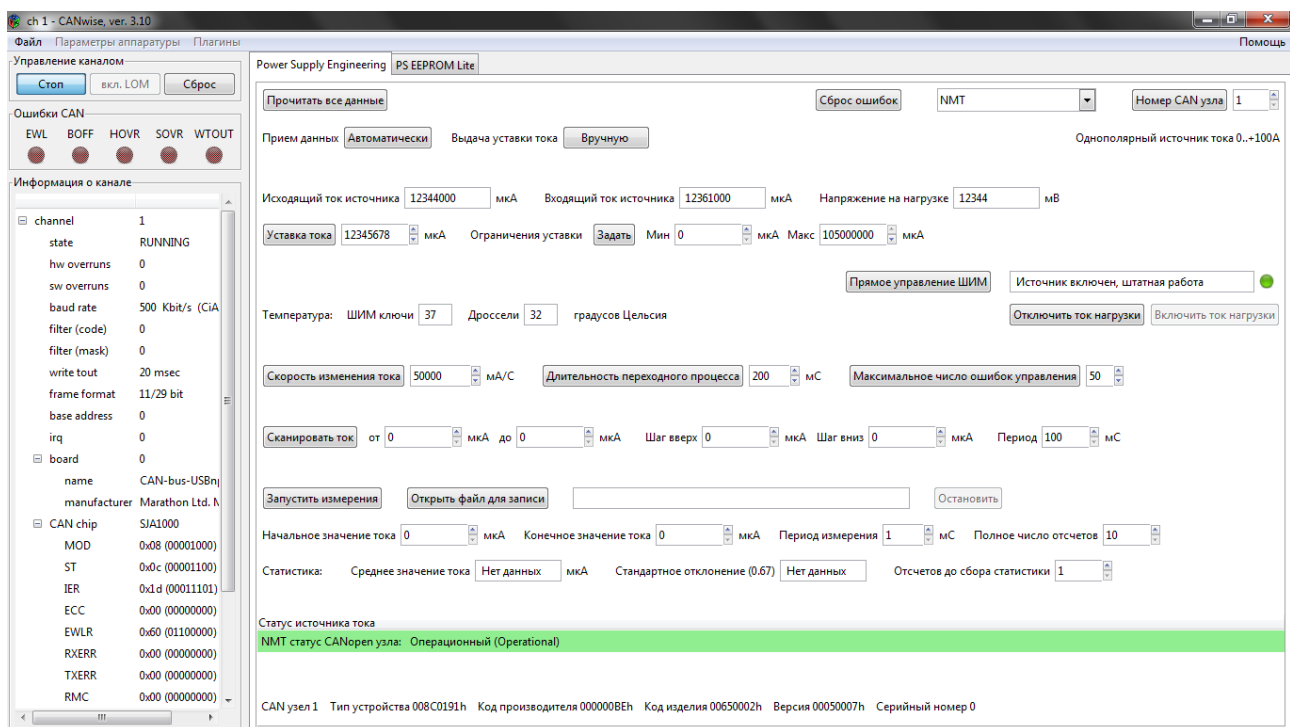
### 10.2 Модуль тестирования источника тока.

Имя файла подключаемого модуля: CANopenPower.dll

Название подключаемого модуля: Power Supply.

Версия 1.2.x

Модуль содержит два прикладных окна и набор кнопок управления:



Верхнее окно служит для интерактивной работы с источником тока.

В нижнем отображается состояние (статус) источника как CANopen устройства.

Для начала работы с CANwise нужно выполнить следующие операции:

- При необходимости задать скорость CAN сети;
- Запустить CANwise кнопкой Start;

Затем в окне подключаемого модуля следует выбрать номер CAN узла источника и нажать кнопку "Номер CAN узла". Программа осуществляет проверку наличия источника тока по адресу заданного CAN узла. При успешном обнаружении устройства считываются его параметры и активируется протокол сердцевания.



Кнопки управления.

Кнопка	Назначение
Прочитать все данные	Считывает из устройства и отображает значения всех параметров источника, включая измеряемые значения тока, напряжения и температуры.
Сброс ошибок	Очищает строки сообщений об ошибках в окне статуса источника.
NMT	Ниспадающее меню. Позволяет выбрать и отправить в CAN сеть NMT команду. Все команды адресуются только выбранному узлу источника тока.
Номер CAN узла	Начинает работу с источником тока. Номер CAN узла устройства задается в поле ввода справа от кнопки.
Прием данных	Разрешает (Автоматически) либо запрещает (Вручную) автоматическую передачу измеряемых значений тока, напряжения и температуры с использованием PDO и SYNC протоколов. В ручном режиме значения измеряемых величин могут быть прочитаны с использованием SDO протокола кнопкой «Прочитать все данные».
Выдача уставки тока	Разрешает (Автоматически) либо запрещает (Вручную) автоматическую передачу в источник значения уставки тока.
Уставка тока	Передает в источник уставку тока в ручном режиме с использованием PDO протокола. Величина тока в микроамперах задается в поле ввода справа от кнопки.
Задать ограничения уставки	Передает в источник диапазон допустимых значений уставки тока (объект 2020 <sub>h</sub> ). Минимальное и максимальное значения диапазона тока в микроамперах задаются в полях ввода справа от кнопки.
Прямое управление ШИМ	Переключает источник в режим прямого управлением ШИМ. Для этого используется объект 202F <sub>h</sub> . Для возврата в режим штатной работы нужно отключить и затем включить ток нагрузки.
Отключить ток нагрузки	Отключает ток нагрузки, устанавливая нулевое значение тока. Используется объект 2002 <sub>h</sub> .
Включить ток нагрузки	Включает ток нагрузки с использованием объекта 2002 <sub>h</sub> .
Скорость изменения тока	Позволяет задать скорость изменения исходящего тока источника (объект 2022 <sub>h</sub> ). Значение параметра задается в поле ввода справа от кнопки.
Длительность переходного процесса	Позволяет задать длительность переходного процесса для исходящего тока источника (объект 2023 <sub>h</sub> ). Значение параметра задается в поле ввода справа от кнопки.
Максимальное число ошибок управления	Позволяет задать максимальное число ошибок алгоритма управления (объект 2021 <sub>h</sub> ). Значение параметра задается в поле ввода справа от кнопки.
Сканировать ток	Запускает и останавливает процедуру сканирования тока. Параметры сканирования задаются в полях ввода справа от кнопки. Сканирование может осуществляться как в режиме стабилизации тока, так и в режиме прямого управления ШИМ.

<p>Запустить измерения</p>	<p>Запускает процедуру измерения переходной характеристики или стабильности тока источника. Параметры измерения задаются в полях ввода в следующей строке.                  Величины начального и конечного значений тока определяют уставки, используемые для формирования скачка управляющего воздействия. При измерении стабильности тока значения этих уставок должны быть одинаковы. Период измерения задается с разрешением в одну миллисекунду.                  Параметры статистики позволяют оценить стабильность работы источника тока. Новый статистический расчет сопровождает каждый цикл процедуры измерений.                  Измерение характеристик источника возможно как в режиме стабилизации тока, так и в режиме прямого управления ШИМ.                  Процедура измерения может быть прервана кнопкой «Остановить».</p>
<p>Открыть файл для записи</p>	<p>Задаёт имя файла для размещения результатов измерений. Запись осуществляется в текстовом формате, что позволяет в дальнейшем обрабатывать данные с использованием средств электронных таблиц.</p>

Окно статуса источника тока.

Строка	Назначение
1	NMT состояние источника тока. Ошибки устройства как узла CANopen сети.
2	Информация о поступивших ошибках (срочные сообщения Emergency, не верная длина PDO и др.).
3	Информация об исходящих ошибках (при передаче данных в сеть, выполнении SDO транзакций и др.).
4	Информация об источнике тока (тип, код производителя, код изделия и др.).

## 10.3 Модуль управления крейтом (БУК).

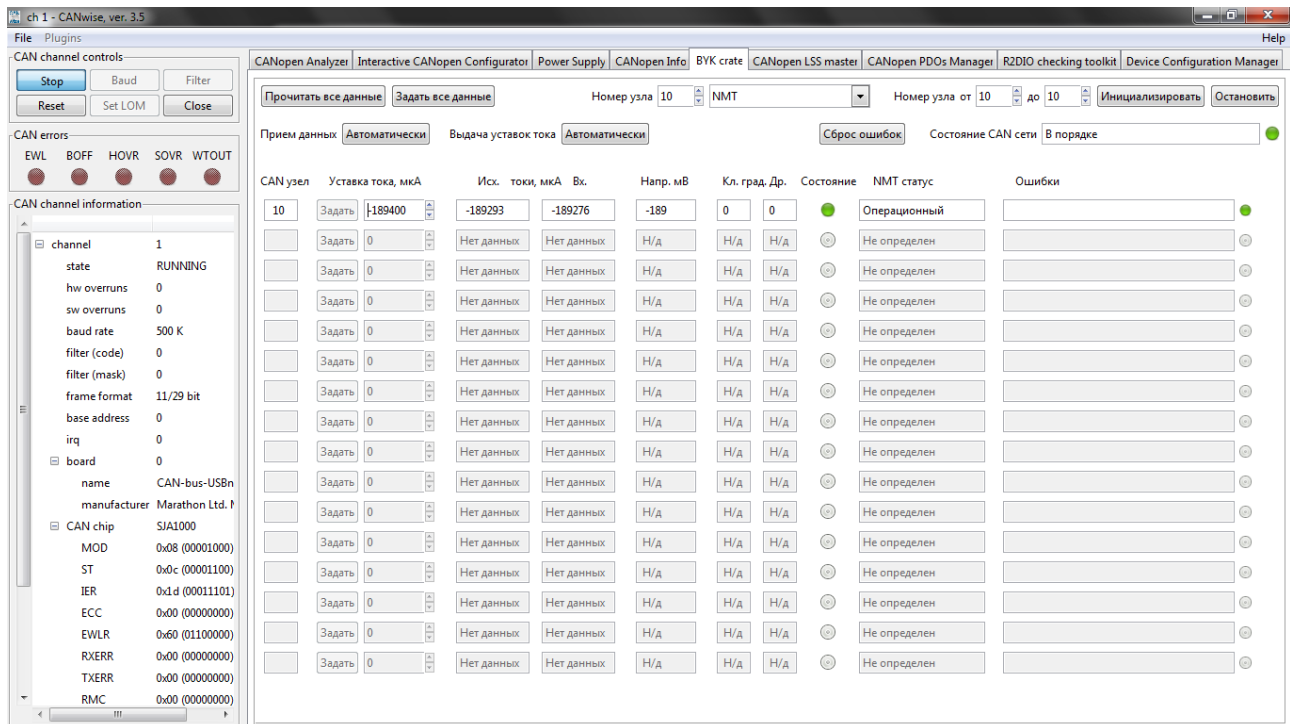
Имя файла подгружаемого модуля: CANopenBYK.dll

Название подгружаемого модуля: БУК crate (6A Power Supplies).

Версия 1.2.x

Поддерживает только источники  $\pm 6A$ .

Модуль содержит одно прикладное окно и набор кнопок управления:



Для начала работы с CANwise нужно выполнить следующие операции:

- При необходимости задать скорость CAN сети;
- Запустить CANwise кнопкой Start;

Затем в окне подгружаемого модуля следует нажать кнопку «Инициализировать». Программа осуществляет сканирование CANopen сети в заданном диапазоне узлов и проверяет наличие источника тока по соответствующему адресу. При успешном обнаружении устройства считывается и проверяется его конфигурация. Затем активируется протокол сердцебиения. Все последующие операции производятся только с активными источниками, которые были обнаружены при сканировании крейта.

Кнопки управления.

Кнопка	Назначение
Прочитать все данные	Считывает и отображает значения параметров для всех активных источников.
Задать все данные	Задаёт значение уставки тока для всех активных источников с использованием PDO протокола.
Номер узла NMT	Ниспадающее меню. Позволяет выбрать и отправить в CAN сеть NMT команду. Все команды адресуются только узлу, заданному в поле номера узла.
Инициализи-	Начинает сканирование CANopen сети и поиск источников тока.

ровать	
Номер узла от до	Задают минимальный и максимальный номер сканируемого CAN узла в пределах от 1 до 127.
Остановить	Останавливает сканирование CAN сети и поиск источников.
Прием данных	Разрешает (Автоматически) либо запрещает (Вручную) автоматическую передачу измеряемых значений тока, напряжения и температуры с использованием PDO протокола для всех активных источников. В ручном режиме значения измеряемых величин могут быть прочитаны с использованием SDO протокола кнопкой «Прочитать все данные».
Выдача уставок тока	Разрешает (Автоматически) либо запрещает (Вручную) автоматическую передачу значений уставки тока во все источники крейта. При использовании автоматического режима новое значение уставки передается в соответствующий источник при каждом ее изменении в поле ввода, но не чаще 10 раз в секунду.
Сброс ошибок	Очищает сообщения об ошибках (колонок Ошибки) для всех активных источников, а также поле состояния CAN сети.

Кнопки и поля источников тока.

Кнопка или поле	Назначение
CAN узел	Номер CAN узла источника.
Уставка тока Задать	Передает в источник уставку тока в ручном режиме с использованием PDO протокола. Величина тока в микроамперах задается в поле ввода справа от кнопки.
Исх.	Измеренное значение исходящего тока источника (к нагрузке) в микроамперах.
Вх.	Измеренное значение входящего тока источника (от нагрузки) в микроамперах.
Напр. мВ	Измеренное напряжение на нагрузке в милливольтгах.
Кл.	Измеренная температура транзисторов ШИМ ключей, градусы Цельсия.
Др.	Измеренная температура дросселей, градусы Цельсия.
Состояние	Состояние источника тока (мнемоника).
NMT статус	NMT состояние источника тока.
Ошибки	Различные ошибки, в том числе срочные сообщения Emergency, зарегистрированные при работе с источником.