

ООО «Электропривод»

Техническое описание

КОНТРОЛЛЕР ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

SMSD-4.2CAN

2020г.

Настоящий документ является оригинальным руководством по эксплуатации

CANopen[®], CiA[®] являются зарегистрированными товарными знаками соответствующих владельцев в определённых странах.

Обозначение опасностей и указаний по их предотвращению:



Предупреждение

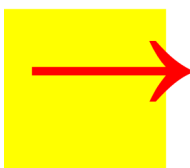
Опасности, которые могут привести к смертельному исходу или тяжёлым травмам.



Осторожно

Опасности, которые могут привести к лёгким травмам или тяжёлому материальному ущербу.

Другие символы:

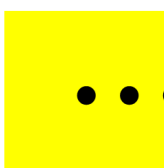


Примечание

Материальный ущерб или потеря функциональности.



Рекомендация, полезный совет, ссылка на другую документацию.



Необходимые или целесообразные для использования принадлежности.

Знаки выделения фрагментов текста:

- Действия, которые можно выполнить в любой последовательности.
- 1. Действия, которые нужно выполнять в заданной последовательности.
- Общие перечисления.

Содержание

1	Общая информация	7
2	CANopen	8
2.1	Общая информация по CANopen	8
2.2	Подключение кабелей и назначение контактов	9
2.2.1	Назначение выводов для подключения	9
2.2.2	Примечания по кабельному подключению	9
2.3	Конфигурация CANopen	11
2.3.1	Настройка номера узла посредством DIP-переключателя	11
2.4	Настройка скорости передачи данных	12
3	Способы доступа CANopen	13
3.1	Введение	13
3.2	Доступ через SDO	14
3.2.1	Последовательности SDO для чтения и записи	15
3.2.2	Сообщения об ошибках SDO	16
3.3	Сообщение PDO	17
3.3.1	Описание объектов	18
3.3.2	Объекты для параметризации PDO	21
3.3.3	Активация PDO	24
3.4	SYNC Message (Сообщение о синхронизации)	25
3.5	EMERGENCY Message (Аварийное сообщение)	25
3.5.1	Структура EMERGENCY Message	25
3.5.2	Описание объектов	26
3.5.3	Коды ошибок	27
3.6	Управление компьютерной сетью (сервис NMT)	28
3.7	Bootup (Загрузка при включении)	30
3.7.1	Обзор	30
3.7.2	Структура сообщения Bootup	30
3.8	Heartbeat	31
3.8.1	Обзор	31
3.8.2	Структура сообщения Heartbeat	31
3.8.3	Описание объектов	31
3.9	Протокол защиты узлов Node Guarding	32
3.9.1	Обзор	32
3.9.2	Структура сообщений Node Guarding	32
3.9.3	Описание объектов	33
3.9.4	Таблица идентификаторов	34
4	Настройка параметров	35
4.1	Загрузка и сохранение в памяти наборов параметров	35
4.2	Настройки совместимости	39
4.3	Коэффициенты пересчета (Factor Group)	40
4.3.1	Объект 6093h: Position_factor	41
4.3.2	Объект 6095h: Velocity_factor	45
4.3.3	Объект 6097h: Acceleration_factor	48
4.3.4	Объект 607Eh: Polarity	50
4.3.5	Объекты 2041h...2044h Обзор	51
4.3.6	Объект 2041h: Main_velocity_factor	51
4.3.7	Объект 2042h: Main_acceleration_factor	52
4.3.8	Объект 2043h: FS_SPD_factor	53
4.3.9	Объект 2044h: MAX_SPEED_factor	54

4.4	Скорость передачи данных по шине CAN	56
4.4.1	Объект 2045h: CAN Baudrate	56
4.5	Обработка ошибок	56
4.5.1	Обзор	57
4.5.2	Объект 2024h_01h: Fault Event Node Guard out of timeout	57
4.5.3	Объект 2024h_02h: Fault Event Temperature out of limit	57
4.5.4	Объект 2024h_03h: Fault Event Pulse Mode Error Write Config	58
4.5.5	Объект 2024h_04h: Fault Event Pulse Mode Thermal warning	58
4.5.6	Объект 2024h_05h: Fault Event Controller Mode Error Write Config	58
4.5.7	Объект 2024h_06h: Fault Event Controller Mode Thermal warning	59
4.5.8	Объект 2024h_07h: Fault Event Controller Mode Thermal shutdown	59
4.5.9	Объект 2024h_08h: Fault Event Controller Mode Stall detection	59
4.5.10	Объект 2024h_09h: Fault Event Controller Mode UVLO	60
4.5.11	Объект 2024h_0Ah: Fault Event Controller Mode ADC UVLO	60
4.5.12	Объект 2024h_0Bh: Fault Event Controller Mode CMD error	60
4.5.13	Объект 2024h_0Ch: Fault Event Controller Mode Overcurrent	60
4.5.14	Объект 2024h_0Dh: Fault Event Controller Mode 0 Divisor	61
4.5.15	Объект 2024h_0Eh: Fault Event Controller Mode CANopen Frame lost	61
4.5.16	Объект 2024h_0Fh: Fault Event Controller Mode Out 5V over current	61
4.5.17	Объект 2024h_10h: Fault Event Controller Mode Curve Generator error	62
4.5.18	Объект 2024h_11h: Fault Event Controller Mode Limit Switch error	62
4.5.19	Объект 2024h_12h: Fault Event Controller Mode Home Method 35	62
4.5.20	Сводная таблица методов обработки ошибок	63
4.6	Температурный датчик	64
4.7	Параметры конечной ступени	65
4.7.1	Объект 6510h_02h: ADC_OUT	65
4.7.2	Объект 6510h_03h: OCD_TH	66
4.7.3	Объект 6510h_04h: FS_SPD	66
4.7.4	Объект 6510h_05h: STEP_MODE	67
4.7.5	Объект 6510h_06h: ALARM_EN	67
4.7.6	Объект 6510h_07h: GATECFG1	68
4.7.7	Объект 6510h_08h: GATECFG2	70
4.7.8	Объект 6510h_09h: STATUS	71
4.7.9	Объект 6510h_0Ah: VM_KVAL_HOLD	73
4.7.10	Объект 6510h_0Bh: VM_KVAL_RUN	73
4.7.11	Объект 6510h_0Ch: VM_KVAL_ACC	73
4.7.12	Объект 6510h_0Dh: VM_KVAL_DEC	74
4.7.13	Объект 6510h_0Eh: VM_INT_SPEED	74
4.7.14	Объект 6510h_0Fh: VM_ST_SLP	75
4.7.15	Объект 6510h_10h: VM_FN_SLP_ACC	75
4.7.16	Объект 6510h_11h: VM_FN_SLP_DEC	76
4.7.17	Объект 6510h_12h: VM_K_THERM	76
4.7.18	Объект 6510h_13h: VM_STALL_TH	77
4.7.19	Объект 6510h_14h: VM_CONFIG	77
4.7.20	Объект 6510h_15h: CM_TVAL_HOLD	78
4.7.21	Объект 6510h_16h: CM_TVAL_RUN	79
4.7.22	Объект 6510h_17h: CM_TVAL_ACC	79
4.7.23	Объект 6510h_18h: CM_TVAL_DEC	79
4.7.24	Объект 6510h_19h: CM_T_FAST	80
4.7.25	Объект 6510h_1Ah: CM_TON_MIN	80

4.7.26	Объект 6510h_1Bh: CM_TOFF_MIN	81
4.7.27	Объект 6510_1C: CM_CONFIG	81
4.8	Описание объектов устройства	83
4.8.1	Объект 605Ah: Quick_stop_option_code	83
4.8.2	Объект 6063h: Position_actual_value_s (приращения)	84
4.8.3	Объект 6064h: Position_actual_value (определяемые пользователем единицы измерения)	84
4.8.4	Объект 6069h: Velocity_sensor_actual_value	85
4.8.5	Объект 60FDh: Digital_inputs	85
4.8.6	Объект 60FEh: Digital_outputs	86
5	Управление устройством (Device Control)	87
5.1	Диаграмма состояний (State Machine)	87
5.1.1	Обзор	87
5.1.2	Диаграмма состояний контроллера мотора (State Machine)	88
5.1.3	Управляющее слово (Controlword)	91
5.1.4	Считывание состояния контроллера двигателя	94
5.1.5	Контролирующее слово (Statusword)	94
6	Режимы работы	97
6.1	Настройка режима работы	97
6.1.1	Обзор	97
6.1.2	Описание объектов	97
6.2	Режим перемещения к началу отсчета (Homing Mode)	98
6.2.1	Обзор	98
6.2.2	Описание объектов	98
6.2.3	Процессы перемещения к началу отсчета	101
6.2.4	Управление перемещением к началу отсчета	103
6.3	Режим позиционирования (Profile Position Mode)	103
6.3.1	Обзор	103
6.3.2	Описание объектов	103
6.3.3	Описание функций	106
6.4	Режим регулирования частоты вращения (Profile Velocity Mode)	106
6.4.1	Описание объектов	106
7	Режим драйвера	109
7.1	Обзор	109
7.2	Описание объектов	109
8	Атрибуты доступа	114
9	Органы управления	115
9.1	Разъём ввода вывода	115
9.2	Светодиодная индикация	116
9.3	Подключение к источнику питания	116
9.4	Подключение двигателя	116
10	Технические характеристики	117
Приложение А	Объектный словарь	118
Приложение Б	CANopen Builder. Руководство пользователя	141
Приложение В	Пример выполнения расчётов для Voltage и Current mode	150

Указания по предоставленной документации

В настоящей документации описывается профиль устройства CiA 402 (DS 402) для контроллера шагового двигателя SMSD-4.2CAN согласно разделу «Информация о версии», работу контроллера в режиме драйвера, загрузку программного обеспечения в энергонезависимую память контроллера, работу с программой конфигурирования.

- Обязательно соблюдайте общие правила техники безопасности при работе с контроллером двигателя SMSD-4.2CAN.

Целевая группа

Настоящее описание предназначено исключительно для квалифицированных специалистов в области техники управления и автоматизации, обладающих знанием и опытом для подключения, ввода в эксплуатацию, программирования и диагностики систем позиционирования.

Сервис

По техническим вопросам обращайтесь к региональному представителю компании ООО «Электропривод».

Информация о версии

1

Настоящее описание относится к следующим версиям:

- контроллер двигателя, начиная с версии 1.1;
- встроенное ПО, начиная с версии 1.0;
- конфигуратор CANopen Builder Architect/Limited, начиная с версии 1.0.

Примечание

Для более поздних версий встроенного ПО проверьте, имеется ли для него более новая версия данного описания и программы конфигурирования → www.smd.ee

1 Общая информация

Управление и параметризация с помощью CiA 402 для SMSD-4.2CAN выполняется при помощи интерфейсов CANopen и USB.

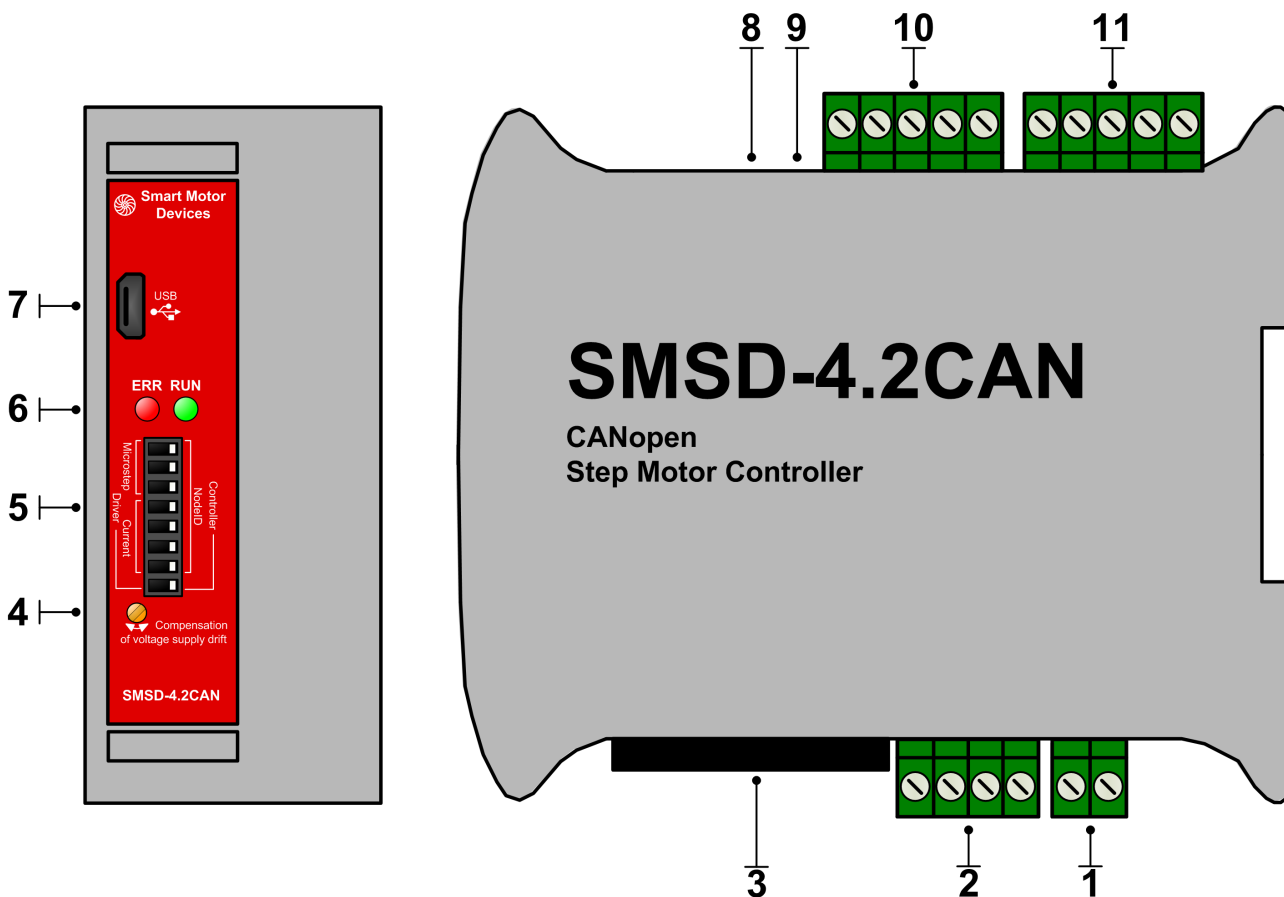


Рисунок 1.1 — Контроллер двигателя SMSD-4.2CAN.

- [1] - Разъём питания (подробнее в п.9.3)
- [2] - Разъём подключения двигателя (подробнее в п.9.4)
- [3] - Разъём портов ввода/вывода (подробнее в п.9.1)
- [4] - Потенциометр корректировки ухода напряжения питания (ВАЖНО, см. п.4.7.1)
- [5] - DIP-переключатель NodeID и режима работы (контроллер/драйвер)
- [6] - Индикация состояния контроллера
- [7] - USB-разъём конфигурирования и программирования с индикацией обмена данными и кнопка перехода в режим загрузки ПО
- [8] - Индикация RX/TX сети CAN
- [9] - DIP-переключатель терминального резистора CAN
- [10] - Разъём CAN (вход/выход, подробнее в п.2.2.1)
- [11] - Разъём CAN (выход/вход, подробнее в п.2.2.1)

2.1 Общая информация по CANopen

CANopen – это стандарт, разработанный ассоциацией «CAN in Automation». В эту организацию входит множество производителей оборудования. Данный стандарт в значительной степени заменил применявшиеся ранее протоколы CAN, которые относились к конкретным производителям. Таким образом, конечный пользователь получает интерфейс связи, не зависящий от производителя. Эта ассоциация, помимо прочего, предлагает руководства по эксплуатации, которые указаны ниже.

CiA Draft Standard 201...207:

В этих документах рассматриваются общие положения и процедура интеграции CANopen в сетевую модель взаимодействия открытых систем OSI. Значимые пункты данной публикации представлены в настоящем руководстве по эксплуатации CANopen, поэтому приобретение DS 201 ... 207 в большинстве случаев не требуется.

CiA Draft Standard 301:

В этом документе описывается основной состав словаря объектов устройства CANopen и доступ к нему. Кроме того, конкретизируются формулировки DS201 ... 207. Необходимые для SMSD-4.2CAN элементы объектного словаря и относящиеся к ним методы доступа описаны в настоящем техническом описании. Приобретение DS 301 рекомендуется, но не является обязательным.

CiA Draft Standard 402:

В этой публикации речь идет о конкретных вариантах реализации CANopen в контроллерах шаговых двигателей. Несмотря на то, что все реализуемые объекты в краткой форме задокументированы и описаны в данном техническом описании, пользователь должен иметь в наличии указанную публикацию.

Адрес для запросов:

CAN in Automation (CiA)
Kontumazgarten 3
DE-90429 Nuremberg
Тел.: +49-911-928819-0
Факс: +49-911-928819-79
E-Mail: headquarters@can-cia.org
www.can-cia.org

В основе реализации CANopen в контроллере мотора лежат следующие нормативные документы:

- | | | | |
|----|-----------------------------------|-------------|---------------------|
| 1) | CiA Draft Standard 301 | версия 4.02 | от 13 февраля 2002г |
| 2) | CiA Draft Standard Proposal 402 | версия 2.0 | от 26 июля 2002г |
| 3) | CiA Draft Recommendation DR-303-1 | версия 1.0 | от 10 октября 1999г |

2.2 Подключение кабелей и назначение контактов

2.2.1 Назначение выводов для подключения

Подключение шины CAN стандартно выполняется через 9-ти контактный разъем DSUB.

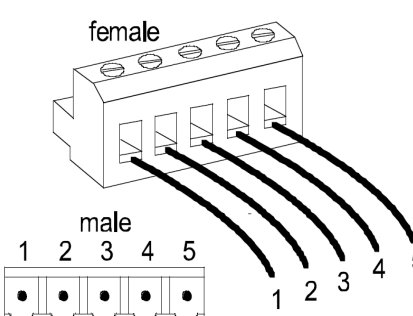
Разъём (на стороне контроллера)	Номер контакта	Обозначение	Описание
	1	CAN-GND	Земля (общий провод)
	2	CAN-L	Отрицательный сигнал CAN (Dominant Low)
	3	CAN_SHLD	Экранирование шины CAN (входной разъем соединён с выходным)
	4	CAN-H	Положительный сигнал CAN (Dominant High)
	5	CAN_V+	Не используется (соединение с выходным разъёмом отсутствует)

Таблица 2.1 — Назначение контактов интерфейса CAN.

1

Подключение кабелей шины CAN

При кабельном подключении контроллеров моторов через шину CAN обязательно следует учитывать приведенную далее информацию и указания, чтобы получить стабильно работающую, безотказную систему.

В случае нарушения правил подключения кабелей возможно появление неполадок шины CAN во время эксплуатации, приводящих к тому, что контроллер мотора отключается по соображениям безопасности с сигналом ошибки.

Терминальное сопротивление

При необходимости можно подключить терминальный резистор (120 Ом) с помощью DIP-переключателя [9] (см. Рис. 1.1).

2.2.2 Примечания по кабельному подключению

Шина CAN обеспечивает возможность простого и помехозащищенного соединения всех элементов установки друг с другом в единую сеть. Однако это достигается при условии, что соблюдаются все нижеприведенные примечания по кабельному подключению.

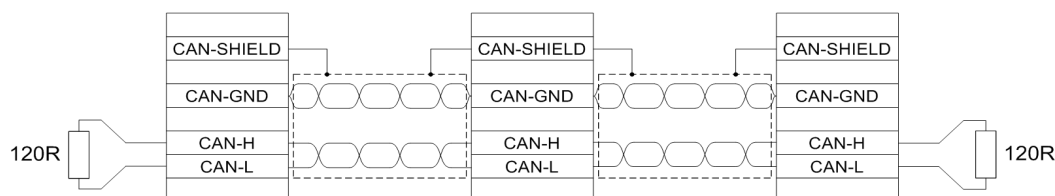


Рисунок 2.1 — Пример кабельного подключения.

- На каждом из двух концов кабеля CAN должен быть установлен терминальный резистор с сопротивлением $120\Omega \pm 5\%$. Часто он уже встроен в контроллер или ПЛК. Терминальный резистор в контроллере двигателя SMSD-4.2CAN активируется DIP-переключателем [9] (см. Рис. 1.1).
- Для кабельных соединений должен применяться **экранированный** кабель обязательно с двумя **витыми** парами.
Одна витая пара используется для подключения CAN-H и CAN-L. Кабельные жилы другой пары используются совместно для CAN-GND.
Экран кабеля во всех узлах подводится к разъемам для экранов CAN-SHIELD.

Таблица с техническими характеристиками применяемых кабелей находится в конце данной главы.

- Использование промежуточных разъемов при прокладке кабелей шины CAN не рекомендуется. Если это все же необходимо, следует учесть, что применяются разъемы с металлическими корпусами — для соединения экрана кабеля.
- В целях минимизации проникновения помех, как правило, **не следует** выполнять укладку кабелей двигателя **параллельно** сигнальным кабелям. Кабель двигателя должен быть правильно экранирован и заземлен.

Характеристика		Замечание
Витые пары	-	2
Сечение жилы	[мм ²]	$\geq 0,22$
Экранирование	-	да
Сопротивление	[Ом/м]	$< 0,2$
Волновое сопротивление	[Ом]	100...120

Таблица 2.2 — Технические характеристики кабеля шины CAN.

2.3 Конфигурация CANopen

Для создания пригодного к эксплуатации подключения CANopen требуется поэтапно выполнить ряд действий. Возможно некоторые из этих настроек необходимо выполнить перед активацией связи CANopen. В этом разделе дано обзорное описание действий, требуемых для параметризации и конфигурирования слэив-станции. Так как некоторые параметры вводятся в действие только после их сохранения и сброса, рекомендуется сначала провести ввод в эксплуатацию с помощью CANopen Builder без подключения к шине CANopen.

1

Указания по вводу в эксплуатацию контроллера SMSD-4.2CAN можно найти в **Приложении Б** настоящего технического описания.

При конфигурировании подключения CANopen пользователь должен следовать положениям, указанным в нем.

Рекомендуется сначала провести параметризацию слэив-станции. После этого конфигурируется мастер-станция. При правильной параметризации приложение сразу готово к использованию, без каких-либо ошибок связи. Рекомендуется процедура, описанная ниже.

1. Настройка номера узла посредством DIP-переключателя [5] (см Рис. 1.1).
2. Настройка битрейта (скорости передачи данных в битах) с использованием CANopen Builder, параметризация, в частности, настройка физических единиц измерения (Factor Group).
3. Конфигурирование мастер-станции CANopen.

2.3.1 Настройка номера узла посредством DIP-переключателя

Настройку номера узла (NodeID) можно произвести только при помощи переключателя [5] (см Рис. 1.1). Адрес задаётся в двоичном виде, значение варьируется от 1 до 127, при этом в операции задействованы переключатели с 1 по 7 номер (0 — 6 бит NodeID соответственно). Положению «ON» говорит о том что бит задан, «OFF» - сброшен. Переключатель с номером 8 является режимозадающим: «OFF» - активен режим контроллера с интерфейсом CANopen, «ON» - активен режим драйвера (DIP-переключатель выполняет другие функции см. гл. 7).

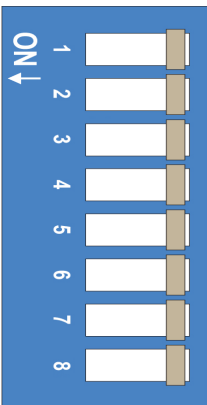
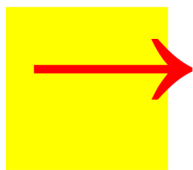
DIP-переключатели		Значение		Пример	
		«ON»	«OFF»		Значение
	1	1	0	«ON»(Вкл.)	1
	2	2	0	«OFF»(Выкл.)	0
	3	4	0	«OFF»(Выкл.)	0
	4	8	0	«ON»(Вкл.)	8
	5	16	0	«OFF»(Выкл.)	0
	6	32	0	«ON»(Вкл.)	32
	7	64	0	«ON»(Вкл.)	64
	8	Драйвер	Контроллер	«OFF»(Выкл.)	Контроллер
Сумма 1...7 = номер узла		1...127			105

Таблица 2.3 — Номер узла.

Не допускается изменение NodeID в режиме Operational.



2.4 Настройка скорости передачи данных

Настройка скорости передачи данных производится при помощи программного обеспечения CANopen Builder. В объектном словаре устройства данному параметру соответствует объект с индексом 2045h, возможные значения приведены ниже, каждому из них соответствует определённая скорость передачи данных. Более подробную информацию о параметризации можно найти в **Приложении Б** настоящего технического описания.

Значение объекта 2045h	Скорость передачи данных
5	50кбит/с
12	125кбит/с
25	250кбит/с
50	500кбит/с
100	1Мбит/с

Таблица 2.4 — Настройка скорости передачи данных.



Значение скорости передачи данных **по умолчанию** составляет **500кбит/с**. После изменения скорости необходимо выполнить сохранение параметров сети, в противном случае при перезагрузке контроллера будет загружена конфигурация последнего сохранения (если сохранения не производились — заводские настройки).

После настройки номера узла (NodeID) и скорости передачи данных (CAN baudrate) можно активировать связь по CANopen.

3 Способы доступа CANopen

3.1 Введение

CANopen обеспечивает простой и стандартизированный вариант получения доступа к параметрам контроллера двигателя (например, к максимальному току в обмотках двигателя, скорости вращения). Для этого каждому параметру (объекту CANopen) присвоен однозначный номер (индекс и субиндекс). Совокупность всех настраиваемых параметров называется «объектным словарём».

Для получения доступа к объектам CANopen через шину CAN существует два основных способа: способ подтверждаемого доступа, при котором контроллер двигателя квитирует каждый случай доступа к параметру (посредством так называемых «объектов служебных данных» SDO), и способ неподтвержденного доступа, при котором квитирования не происходит (через так называемые «объекты данных процесса» PDO).

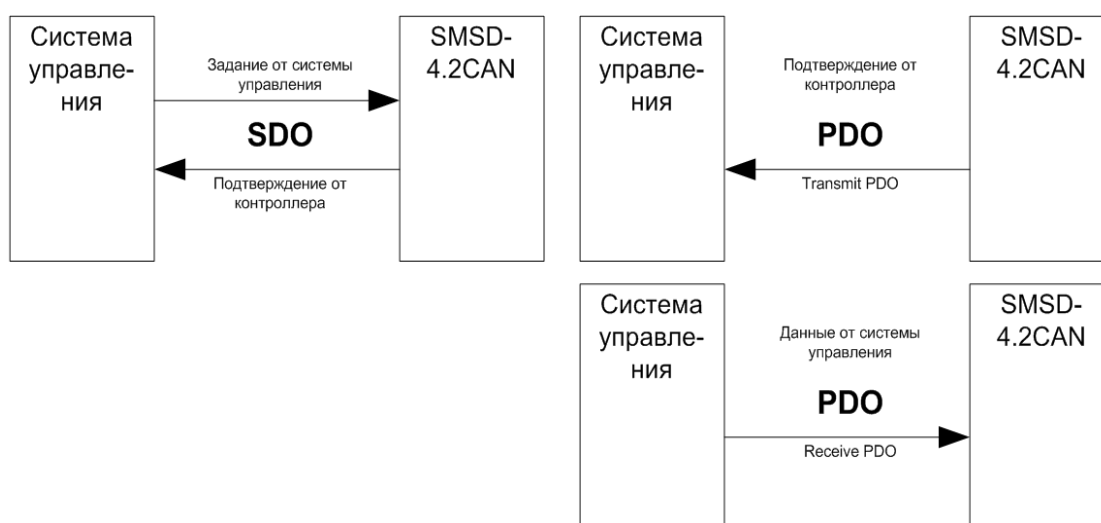


Рисунок 3.1 — Способы доступа.

Как правило, через процедуры доступа SDO осуществляется и параметризация, и управление контроллером мотора. Для особых случаев применения, кроме того, определены дополнительные типы сообщений (так называемые «объекты связи»), которые отправляет либо контроллер мотора, либо вышестоящая система управления:

Объекты связи		
SDO	Service Data Object	Используются для стандартной параметризации контроллера двигателя.
PDO	Process Data Object	Быстрый обмен данными
SYNC	Synchronisation Message	Синхронизация нескольких узлов CANopen
EMCY	Emergency Message	Передача сообщений об ошибках
NMT	Network Management	Сервис сети.
HEARTBEAT	Error Control Protocol	Контроль коммуникации между участниками через регулярные сообщения.

Таблица 3.1 — Объекты связи.

Каждое сообщение, отправляемое по шине CAN, содержит тип адреса, с помощью которого можно установить, какой слэивстанции шины предназначается сообщение. Этот номер называется «идентификатор». Чем ниже идентификатор, тем выше приоритетность сообщения. Для каждого из вышеуказанных объектов связи определен соответствующий идентификатор. На следующем рисунке показана принципиальная схема сообщения CANopen:

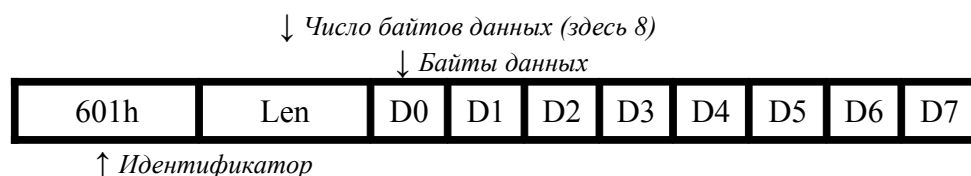


Рисунок 3.2 — Схема сообщения CANopen.

3.2 Доступ через SDO

Доступ к словарию объектов контроллера мотора можно получить через объекты служебных данных (SDO). Этот способ доступа является особенно простым и наглядным. В связи с этим рекомендуется сначала создавать приложение только с SDO и лишь после этого переключать некоторые случаи доступа на более быстрые, но и более сложные объекты данных процесса (PDO).

Процедуры доступа SDO всегда начинаются с вышестоящей системы управления (хоста). Она отправляет в контроллер мотора или команду записи для изменения параметра словаря объектов, или команду чтения для считывания параметра. На каждую команду хост получает ответ, содержащий или считанное значение, или квитирование — в случае команды записи. Чтобы контроллер мотора распознал, что команда предназначена ему, хост должен отправлять команду с определенным идентификатором. Он составляется на основе 600h + номер узла рассматриваемого контроллера мотора. Контроллер мотора отвечает, соответственно, с идентификатором 580h + номер узла.

Состав команд и ответов зависит от типа данных объекта, чтения или записи, поскольку нужно отправить или принять 1, 2 или 4 байта данных. Поддерживаются следующие типы данных:

Типы данных	Размер и знак	Область значений
INT8	8-битное со знаком	-128...127
UINT8	8-битное без знака	0...255
INT16	16-битное со знаком	-32768 ... 32767
UINT16	16-битное без знака	0 ... 65535
INT32	32-битное со знаком	$-(2^{31}) \dots (2^{32}-1)$
UINT32	32-битное без знака	$0 \dots (2^{32}-1)$
REAL32	32-битное с плавающей точкой	$-3.4 \times 10^{38} \dots +3.4 \times 10^{38}$

Таблица 3.2 — Типы данных.

3.2.1 Последовательности SDO для чтения и записи

Чтобы считывать или записывать объекты, следует использовать последовательности, приведенные далее. Команды записи значения в контроллер двигателя начинаются с метки (идентификатора) различного типа в зависимости от типа данных. Метка ответа, напротив, всегда одинакова. Команды чтения всегда начинаются с одной и той же метки, а контроллер мотора отвечает по-разному в зависимости от отправляемого обратно типа данных. Все числа сохраняются в шестнадцатеричной системе написания.

Идентификатор	8 битов	16 битов	32 бита
Идентификатор задания	2Fh	2Bh	23h
Идентификатор ответа	4Fh	4Bh	43h
Идентификатор ответа для ошибок	-	-	80h

Таблица 3.3 — SDO идентификаторы ответа/задания.

Пример		
UINT8/INT8	Чтение объекта 6061_00h Данные возврата: 01h	Запись объекта 1401_02h Данные EFh
Команда	40h 61h 60h 00h	2Fh 01h 14h 02h EFh
Ответ	4Fh 61h 60h 00h 01h	60h 01h 14h 02h
UINT16/INT16	Чтение объекта 6041_00h Данные возврата: 1234h	Запись объекта 6040_00h Данные 03E8h
Команда	40h 41h 60h 00h	2Bh 40h 60h 00h E8h 03h
Ответ	4Bh 41h 60h 00h 34h 12h	60h 40h 60h 00h
UINT32/INT32	Чтение объекта 6093_01h Данные возврата: 12345678h	Запись объекта 6093_01h Данные 12345678h
Команда	40h 93h 60h 01h	23h 93h 60h 01h 78h 56h 34h 12h
Ответ	43h 93h 60h 01h 78h 56h 34h 12h	60h 93h 60h 01h



Осторожно

В каждом случае следует дождаться квитирования от контроллера двигателя! Только после того, как контроллер двигателя квитировал запрос, разрешается отправлять последующие запросы.

3.2.2 Сообщения об ошибках SDO

В случае ошибки при считывании или записи (например, по причине слишком большого записываемого значения) контроллер мотора вместо квитирования отвечает сообщением об ошибке:

Команда	23h 41h 60h 00h
Ответ	80h 41h 60h 00h 02h 00h 01h 06h
	↑ Идентификатор ошибки ↑ ↑ ↑ ↑ Код ошибки (4 байта)

Рисунок 3.3 — Структура сообщения об ошибке.

Код ошибки	Расшифровка
05030000h	Ошибка протокола: бит переключения (Toggle Bit) не был изменен.
05040005h	Ошибка ОЗУ
06010000h	Тип доступа не поддерживается.
06010001h	Доступ чтения к объекту, который может быть только записан.
06010002h	Доступ записи к объекту, который может быть только считан.
06020000h	Запрошенного объекта не существует в словаре объектов.
06040041h	Объект не разрешается вводить в PDO (например, RO-объект в RPDO).
06040042h	Длина записываемых в PDO объектов превышает длину PDO.
06040043h	Общесистемная ошибка параметра.
06040047h	Превышение внутренней величины. / Общесистемная ошибка.
06070010h	Ошибка протокола: длина служебного параметра не совпадает.
06070012h	Ошибка протокола: длина служебного параметра слишком велика.
06070013h	Ошибка протокола: длина служебного параметра слишком мала.
06090030h	Данные выходят за верхний предел диапазона значений объекта.
06090031h	Объем данных слишком велик для объекта.
06090032h	Объем данных слишком мал для объекта.
08000000h	Общая ошибка.

Таблица 3.4 — Перечень ошибок, возникающих при SDO-доступе.

3.3 Сообщение PDO (PDO Message)

С помощью объектов данных процесса (PDO) данные могут передаваться в условиях процессно-ориентированного или циклического управления. При этом PDO осуществляет передачу одного или нескольких заданных параметров. В отличие от SDO при передаче PDO квитирования не происходит. Поэтому после активации PDO все приемники в любое время должны быть готовы к обработке PDO, которые могут возникнуть. В большинстве случаев это означает значительную сложность ПО в центральном компьютере. Этот недостаток компенсируется преимуществом, которое заключается в том, что центральному компьютеру не требуется проводить циклический опрос через передаваемые PDO параметры, что приводит к существенному снижению нагрузки шины CAN.

ПРИМЕР

Центральному компьютеру нужна информация о том, когда контроллер мотора завершит позиционирование из А в В.

Для этого при использовании SDO он должен постоянно, например, раз в миллисекунду, запрашивать у объекта слово состояния (**statusword**), что приводит к значительной перегрузке шины.

При использовании PDO контроллер мотора уже при запуске приложения параметризуется так, что при каждом изменении **statusword** объекта выполняет сброс PDO, в котором содержится **statusword** объекта.

Таким образом, вместо постоянного проведения опроса центральный компьютер автоматически получает соответствующее сообщение, как только наступит какое-либо событие.

Различают следующие типы PDO:

Тип	Путь	Примечания
PDO для отправки (Transmit)	Контроллер мотора→хост	Контроллер мотора отправляет PDO при наступлении определенного события.
PDO для получения (Receive)	Хост→контроллер мотора	Контроллер мотора анализирует PDO при наступлении определенного события.

Таблица 3.5 — Типы PDO.

Контроллер мотора имеет четыре PDO для отправки (Transmit) и четыре – для получения (Receive). В PDO почти все объекты словаря объектов могут быть введены (привязаны), т.е. PDO содержит в качестве данных, например, фактическое значение частоты вращения, фактическое значение позиции и т.п. О том, какие данные передаются, должно быть предварительно сообщено контроллеру мотора, поскольку PDO содержит только полезную информацию и не имеет сведений о типе параметра. В примере ниже в байты данных 0...3 PDO передается фактическое значение позиции, а в байты 4...7 – фактическое значение частоты вращения.

Объект	Примечание
	Поскольку эта функция определяется индивидуальными условиями производителя, в качестве значения по умолчанию заданы все биты масок.

Таблица 3.6 (окончание) — Описание объектов.

PDO Mapping Parameter		
Главный индекс (шестнадцатеричный)	[бит]	16
Субиндекс (шестнадцатеричный)	[бит]	8
Длина объекта (шестнадцатеричная)	[бит]	8

Таблица 3.7 — Формат данных присвоения.

Для упрощения присвоения рекомендуется следующая процедура:

1. Число присваиваемых объектов устанавливается на 0.
2. Параметры PDO Mapping Entry...PDO Mapping Entry_8 разрешается описывать (суммарная длина всех объектов в это время не важна).
3. Число присваиваемых объектов устанавливается на величину между 1...8. Длина всех этих объектов в сумме теперь не должна превышать 64 битов.

Значение	Расшифровка	Разрешено при
00h	SYNC Message (Сообщение о синхронизации). Не цикличное. PDO будет проанализирован сразу после SYNC сообщения.	RPDO
01h–F0h	SYNC Message (Сообщение о синхронизации). Цикличное. В числовом значении указано, сколько сообщений SYNC должно прийти, прежде чем PDO – будет отправлен (TPDO) или – проанализирован (RPDO).	TPDO RPDO
FCh	Запрос. Отправка (TPDO) за SYNC после RTR запроса.	TPDO
FDh	Запрос. Отправка (TPDO) немедленно после RTR запроса.	TPDO
FEh	Цикличность. TPDO циклически обновляется и отправляется контроллером двигателя. Интервал времени задается через объект Inhibit Time. RPDO, напротив, анализируются непосредственно при получении.	TPDO (RPDO)
FFh	Изменение. TPDO отправляется, если в данных PDO был изменен, по меньшей мере, 1 бит. Посредством Inhibit Time можно дополнительно установить минимальный промежуток между отправкой двух PDO с интервалами 100 мс.	TPDO

Таблица 3.8 — Типы передачи.

Использование всех остальных значений недопустимо.

Пример

Следующие объекты должны передаваться совместно в одном PDO:

Имя объекта	Index_Subindex (Индекс_Субиндекс)	Расшифровка
Statusword	6041h_00h	Управление контроллером
Modes_of_operation_display	6061h_00h	Режим работы
Digital_inputs	60FDh_00h	Дискретные входы

Следует использовать первый TPDO (TPDO1), который должен отправляться всегда, если изменяется один из дискретных входов, но не чаще, чем каждые 10 мс. В качестве идентификатора для данного PDO должно использоваться 187h.

- 1 Деактивация PDO Если PDO активен, его следует
сначала деактивировать.
Запись идентификатора с заданным битом 31 (PDO
деактивирован): COB ID = C0000187h
- 2 Удаление числа объектов Чтобы можно было
изменить присвоение объектов, следует установить
число объектов на нуль. Number of entries = 0
- 3 Параметризация объектов, которые должны
присваиваться Вышеприведенные объекты должны в
каждом случае быть объединены для получения 32-
битного значения:
Индекс = 6041h Субиндекс = 00h Длина = 10h Mapping Entry = 60410010h
Индекс = 6061h Субиндекс = 00h Длина = 10h Mapping Entry_2 = 60610010h
Индекс = 60FDh Субиндекс = 00h Длина = 20h Mapping Entry_3 = 60FD0020h
- 4 Параметризация числа объектов В PDO должно
содержаться 3 объекта Number of entries = 3h
- 5 Параметризация типа передачи PDO должен
отправляться при изменении (дискретных входов).
Чтобы к отправке приводило только изменение
цифровых входов, PDO маскируется так, чтобы
«проходило» только 16 битов объекта 60FDh.
PDO должен отправляться не чаще, чем каждые 10 мс
(100d).
Transmission Type = FFh
Transmit mask high = 00FFFF00h
Transmit mask low = 00000000h
Inhibit Time = 64h
- 6 Параметризация идентификатора
PDO должен отправляться с идентификатором 187h.
Запись нового идентификатора и активация PDO
путем удаления бита 31. COB ID = 187h

i

Помните о том, что параметризацию PDO, как правило, разрешается изменять только в том случае, если состояние сети (NMT) не является operational (в работе).

3.3.2 Объекты для параметризации PDO

В контроллере двигателя SMSD-4.2CAN могут быть активны 4 Transmit PDO из 8 и 4 Receive PDO из 8 параметризованных. Отдельные объекты для параметризации этих PDO являются одинаковыми для всех 4 TPDO и всех 4 RPDO соответственно. Поэтому в дальнейшем в явной форме приводится описание параметризации только первого TPDO. Его целесообразно применять и для других PDO, которые в завершение представлены в табличной форме:

Index (Индекс)	1800h
Name (Имя)	Transmit PDO Communication Parameter 0
Object Type (Тип объекта)	RECORD
Number of entries (Число элементов)	3

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	COB ID
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	181h...1FFh, разрешается установить бит 30 и 31
Default Value (Значение по умолчанию)	C0000180h

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Transmission Type
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	01h...F0h, FEh, FFh
Default Value (Значение по умолчанию)	FFh

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	Inhibit Time
Data Type (Тип данных)	UINT16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	100μс (т.е. 10 = 1мс)
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Index (Индекс)	1A00h
Name (Имя)	Transmit PDO Mapping Parameter 0
Object Type (Тип объекта)	RECORD
Number of entries (Число элементов)	8

Sub-Index (Субиндекс)	00h
Description (Описание)	Number of entries
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...8
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry_2
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry_3
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	04h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry_4
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	05h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry_5
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

-
-
-

Sub-Index (Субиндекс)	08h
Description (Описание)	PDO Mapping Entry_8
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Объекты параметризации RPDO имеют аналогичную структуру с объектами параметризации TPDO. Communication Parameter RPDO – 1400h ... 1407h. В RPDO не используется объект Inhibit Time. Mapping Parameter – 1600h ... 1607h.



Обратите внимание: группы объектов *Transmit PDO Communication Parameter N* и *Transmit PDO Mapping Parameter N* (где N — номер PDO) могут быть описаны только в том случае, если PDO деактивирован (установлен бит 31 в COB ID)

Группы объектов 2014h ... 2017h — TPDO Transmit mask.

TPDO Transmit mask и *Transmit PDO* не связаны между собой по номерам, но связаны по порядку. Например, активны TPDO3, TPDO4 и TPDO7, но TPDO4 не использует передачу по маске, тогда TPDO3 использует TPDO1 Transmit mask, а TPDO7 использует TPDO3 Transmit mask.

Index	Comment	Type	Access	Default value
2014h_00h	Number of entries	UINT8	RO	2
2014h_01h	TPDO1 Transmit mask low	UINT32	RW	0xFFFFFFFF
2014h_02h	TPDO1 Transmit mask high	UINT32	RW	0xFFFFFFFF

Группы объектов 2015h ... 2017h имеют аналогичную структуру с группой объектов 2014h.

3.3.3 Активация PDO

Чтобы контроллер двигателя отправлял или принимал PDO, должны выполняться условия, указанные в пунктах ниже.

- Объект Number of entries параметра PDO Mapping Parameter должен быть не равен нулю.
- В объекте COB ID должен быть удален бит 31.
- Состояние связи контроллера мотора должно быть operational (в работе) (см. раздел 3.6).

Чтобы можно было параметризовать PDO, должно выполняться условие, указанное ниже.

- Состояние связи контроллера мотора не должно быть operational (в работе).

3.4 SYNC Message (Сообщение о синхронизации)

Несколько устройств одной установки могут быть синхронизированы друг с другом. Для этого одно из устройств (в большинстве случаев — вышестоящее устройство управления) периодически отправляет сообщения синхронизации. Все подсоединенные контроллеры получают эти сообщения и используют их для обработки различных PDO (см. раздел 3.3).



Рисунок 3.5 — Структура SYNC-сообщения.

Идентификатор, по которому контроллер мотора принимает SYNC Message, установлен на 80h. Идентификатор можно считывать посредством объекта *COB ID SYNC*.

Index (Индекс)	1005h
Name (Имя)	COB ID SYNC
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UINT32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	00000080h
Default Value (Значение по умолчанию)	00000080h

Запись значения в объект 1006h сбрасывает счётчик сообщений синхронизации.

3.5 EMERGENCY Message (Аварийное сообщение)

Контроллер двигателя следит за работой своих важнейших конструктивных узлов. К ним относятся система электропитания, конечная ступень, концевые выключатели, датчик температуры. Причиной появления сообщений об ошибках также может быть неправильная параметризация (деление на нуль и т.п.).

3.5.1 Структура EMERGENCY Message

При появлении ошибки контроллер двигателя выдает сообщение EMERGENCY Message. Идентификатор этого сообщения образован из идентификатора 80h и номера узла соответствующего контроллера двигателя.

Сообщение EMERGENCY Message состоит из восьми байтов данных (в первых двух байтах стоит *error_code*), которые представлены в разделе 3.5.3. В третьем байте стоит дополнительный код ошибки (объект 1001h). Остальные пять байтов содержат нули.

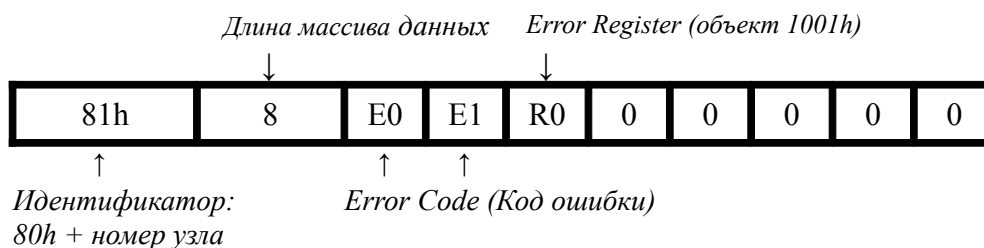


Рисунок 3.6 — Структура SYNC сообщения.

Error Register (R0)		
Бит	M/O ¹⁾	Расшифровка
0	M	Generic error. Общая ошибка, устанавливается при возникновении любой ошибки.
1	O	Current. Ошибка тока. Например, превышение тока в обмотке двигателя.
2	O	Voltage. Ошибка по напряжению. Например, превышение напряжения питания.
3	O	Temperature. Ошибка по температуре. Например, превышение максимальной температуры конечной ступени.
4	O	Communication error. Ошибка связи. Например, потерянный кадр.
5	O	-
6	O	-
7	O	Software error. Ошибка программного обеспечения. Например, ошибка при делении на ноль.

Значение: бит сброшен — нет ошибки; бит установлен — есть ошибка.
1) M = обязательно / O = опционально.

Таблица 3.9 — Назначение битов Error Register.

3.5.2 Описание объектов

Объект 1003h: Predefined Error Field

Соответствующий *Error Code* сообщений об ошибках дополнительно сохраняется в шестнадцати-ступенчатом регистраторе ошибок. Он структурирован, как регистр сдвига, чтобы последняя возникшая ошибка всегда сохранялась в объекте 1003h_01h (Standard Error Field). С помощью доступа чтения к объекту 1003h_00h (Number of Errors) можно определить, сколько сообщений об ошибках в настоящее время хранится в регистраторе ошибок. Так как объекты, имеющие субиндексы с первого по шестнадцатый, являются однотипными, ниже будут описан только объект с первым субиндексом.

Index (Индекс)	1003h
Name (Имя)	Predefined Error Field
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of Errors (Количество ошибок)	16

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Standard Error Field
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO

3.5.3 Коды ошибок

Error Code	Расшифровка
8220h	Коммуникационная ошибка. Некорректный размер PDO.
3101h	Напряжение питания за пределами допустимых значений (min/max).
2301h	Перегрузка по току конечной ступени.
3201h	Напряжение питания затворов конечной ступени ниже номинального.
3103h	Падение напряжения питания ниже нормированного.
4201h	Температура конечной ступени превысила 125°C.
4202h	Температура конечной ступени превысила 150°C, отключение ступени.
4203h	Температура конечной ступени превысила 150°C, отключение ступени и систем управления ею.
4204h	Порог заданной температуры превышен
FF01h	Заклинивание ротора (только для режима управления напряжением).
FF02h	Конечная ступень разблокирована. Вал свободно вращается.
2302h	Превышение номинального тока в цепи 5В.
3100h	Напряжение питания за пределами допустимых значений в момент инициализации.
3102h	Сбой системы управления конечной ступени в момент инициализации.
6101h	Ошибка встроенного ПО, ошибка при задании параметров.
6102h	Ошибка встроенного ПО, ошибка записи в ПЗУ
6201h	Ошибка ПО пользователя. Ошибка генератора кривых перемещений.
FF03h	Ошибка концевых датчиков. Срабатывание противоположного датчика или одновременное срабатывание датчиков.
6103h	Переполнение буфера.
6104h	Ошибка шины данных.
6202h	Ошибка пользовательских данных. Деление на ноль.
6203h	Запуск поиска начальной точки методом 35 при движущемся приводе.
8111h	Коммуникационная ошибка. Потеря CAN-кадра.
6105h	Ошибка встроенного ПО. Критическая ошибка.
6106h	Ошибка встроенного ПО. Критическая ошибка внутренней шины.

Таблица 3.10 — Коды ошибок.

8130h	Ошибка Life guard.
-------	--------------------

Таблица 3.10 (окончание) — Коды ошибок.

3.6 Управление компьютерной сетью (сервис NMT)

Все устройства CANopen могут приводиться в действие с помощью системы управления компьютерной сетью. Для нее зарезервирован идентификатор с наивысшим приоритетом (000h). Посредством NMT можно отправлять команды на один или на все контроллеры. Каждая команда состоит из двух байтов, первый из которых содержит код команды (CS), а второй – адрес узла (NI) запрашиваемого контроллера. С помощью нулевого адреса узла можно одновременно запросить все находящиеся в сети узлы. Таким образом, можно сделать так, что, например, во всех устройствах одновременно будет выполнен сброс. Контроллеры не квитируют команды NMT. Сделать вывод об успешном выполнении можно лишь опосредованно.

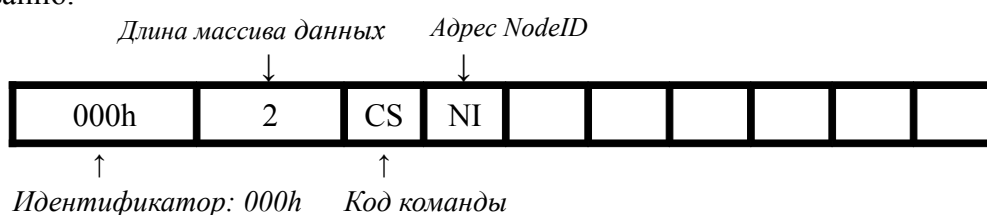


Рисунок 3.7 — Структура NMT сообщения.

Состояния для статуса NMT узла CANopen представлены на диаграмме состояний. С помощью байта CS в сообщении NMT можно вызвать изменения состояния. Они ориентированы в основном на целевое состояние.

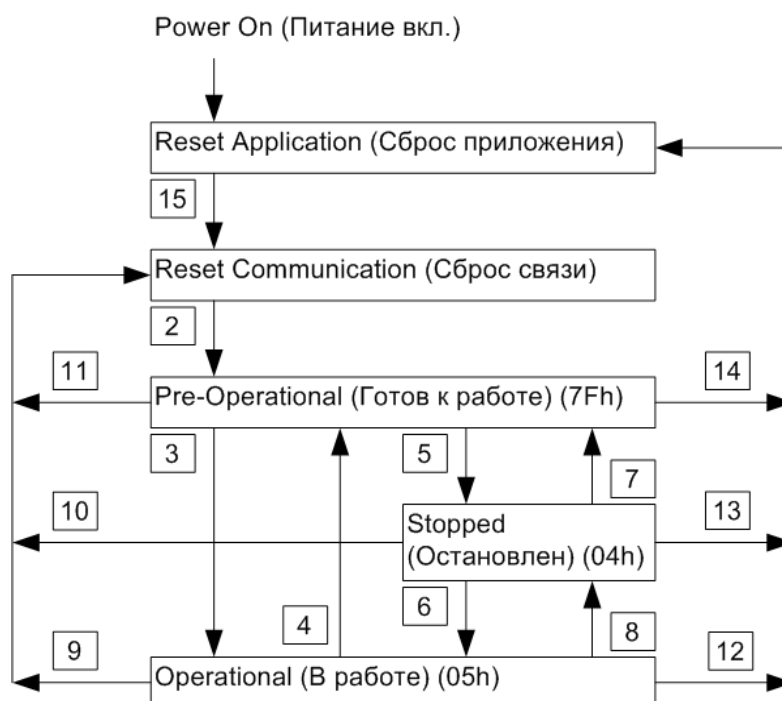


Рисунок 3.8 — Диаграмма состояний.

Переход	Расшифровка	CS	Целевое состояние	
2	Bootup (Загрузка при включении)	-	Pre-Operational (Готов к работе)	7Fh
3	Start Remote Node (Запуск удаленного узла)	01h	Operational (В работе)	05h
4	Enter Pre-Operational (Вход в Pre-Operational)	80h	Pre-Operational (Готов к работе)	7Fh
5	Stop Remote Node (Остановка удаленного узла)	02h	Stopped (Остановлен)	04h
6	Start Remote Node (Запуск удаленного узла)	01h	Operational (В работе)	05h
7	Enter Pre-Operational (Вход в Pre-Operational)	80h	Pre-Operational (Готов к работе)	7Fh
8	Stop Remote Node (Остановка удаленного узла)	02h	Stopped (Остановлен)	04h
9	Reset Communication (Сброс связи)	82h	Reset Communication (Сброс связи) ¹⁾	
10	Reset Communication (Сброс связи)	82h	Reset Communication (Сброс связи) ¹⁾	
11	Reset Communication (Сброс связи)	82h	Reset Communication (Сброс связи) ¹⁾	
12	Reset Application (Сброс приложения)	81h	Reset Communication (Сброс приложения) ¹⁾	
13	Reset Application (Сброс приложения)	81h	Reset Communication (Сброс приложения) ¹⁾	
14	Reset Application (Сброс приложения)	81h	Reset Communication (Сброс приложения) ¹⁾	

1) Конечным целевым состоянием является Pre-Operational (7Fh), так как автоматически контроллером выполняются переходы 15 и 2.

Таблица 3.11 — Автомат состояний NMT.

Все остальные переходы состояний выполняются контроллером автоматически, например, вследствие завершения инициализации. В параметре NI должен быть указан номер узла контроллера или нуль, если требуется адресация ко всем находящимся в сети узлам (Broadcast). В зависимости от состояния NMT определенные объекты связи могут не использоваться. Поэтому, например, обязательно следует установить состояние NMT на Operational, чтобы контроллер отправлял PDO.

Имя	Расшифровка	SDO	PDO	NMT
Pre-Operational	Возможна связь через SDO. PDO не активны (Нет отправки/анализа)	✓	-	✓
Operational	Возможна связь через SDO. Все PDO активны (Отправка/анализ)	✓	✓	✓
Stopped	Нет связи, за исключением Heartbeating	-	-	✓

Таблица 3.12 — Автомат состояний NMT.

1

Телеграммы NMT не разрешается отправлять «одним пакетом» (непосредственно друг за другом)! Между двумя следующими друг за другом сообщениями NMT на шине (также для различных узлов) должно пройти время на обработку контроллером NMT сообщения.

1

Команда NMT «Reset Application» (Сброс приложения) при необходимости задерживается до тех пор, пока не завершится выполняемый вызов процесса сохранения в памяти, поскольку в противном случае вызов сохранения останется неполным (дефектный набор параметров).
Задержка может длиться до нескольких секунд.

1

Состояние связи должно быть установлено на **Operational**, чтобы контроллер отправлял и получал PDO.

3.7 Bootup (Загрузка при включении)

3.7.1 Обзор

После включения подачи электропитания или после перезагрузки контроллер посредством сообщения о загрузке (Bootup) извещает о том, что фаза инициализации завершена. Таким образом, контроллер находится в состоянии NMT Pre-Operational (см. раздел 3.6).

3.7.2 Структура сообщения Vootur

Сообщение Bootup имеет практически такую же структуру, что и сообщение Heartbeat. Только вместо состояния NMT при отправке указывается ноль.

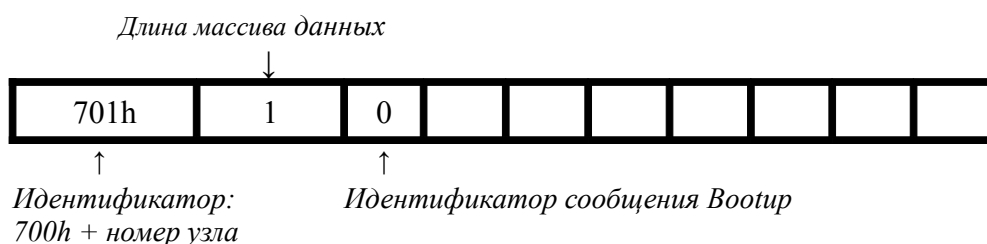


Рисунок 3.9 — Структура Voobur сообщения.

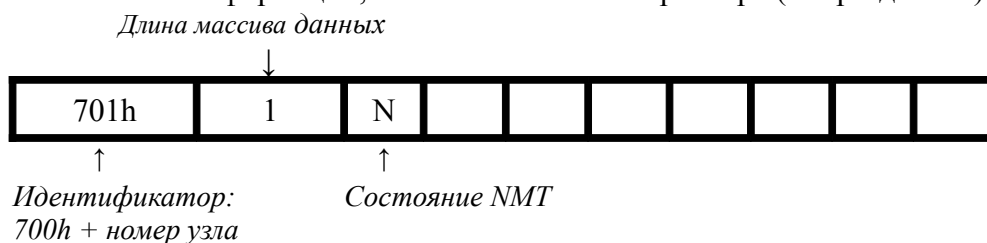
3.8 Heartbeat

3.8.1 Обзор

Для контроля связи между слэйв-станцией (контроллером) и мастер-станцией реализован так называемый «протокол контрольного тактирования» (Heartbeat). С его помощью привод периодически отправляет мастер-станции сообщения. Мастер может проверять периодичность появления этих сообщений и принимать соответствующие меры, если они не приходят. Поскольку как телеграммы Heartbeat, так и телеграммы Node Guarding (см. раздел 3.9) отправляются с идентификатором 700h + номер узла, оба протокола не могут быть активны одновременно. Если одновременно активировать оба протокола, будет активен только протокол Heartbeat.

3.8.2 Структура сообщения Heartbeat

Телеграмма Heartbeat посылается с идентификатором 700h + номер узла. Она содержит только 1 байт полезной информации, состояние NMT контроллера (см. раздел 3.6).



N	Расшифровка
04h	Stopped (Остановлен)
05h	Operational (В работе)
7Fh	Pre-Operational (Готов к работе)

Producer Heartbeat Time может сохраняться в наборе параметров. Если контроллер запускается с *Producer Heartbeat Time*, не равным нулю, сообщение Bootup действует в качестве первого сообщения Heartbeat.

3.9 Протокол защиты узлов Node Guarding

3.9.1 Обзор

Также для контроля связи между слэйвом (контроллером) и мастером может применяться так называемый «протокол защиты узлов» (Node Guarding). В отличие от протокола Heartbeat происходит взаимный контроль мастера и слэйва: Мастер периодически направляет приводу запрос о его состоянии NMT. При этом в каждом ответе контроллера определенный бит инвертирован (переключен). Если ответы отсутствуют, или контроллер всегда отвечает одинаковым битом переключения, мастер может реагировать соответственно установленной процедуре. Таким же образом привод контролирует регулярное поступление запросов Node Guarding мастера: Если сообщения отсутствуют в течение определенного промежутка времени, контроллер обрабатывает ошибку отсутствия кадра. Поскольку как телеграммы Heartbeat, так и телеграммы Node Guarding (см. раздел 3.8) отправляются с идентификатором 700h + номер узла, оба протокола не могут быть активны одновременно. Если одновременно активировать оба протокола, будет активен только протокол Heartbeat.

3.9.2 Структура сообщений Node Guarding

Запрос мастера должен отправляться как так называемый «удаленный кадр» (remote frame) с идентификатором 700h + номер узла. При использовании удаленного кадра в телеграмме дополнительно задается специальный бит — бит Remote. Как правило, кадры Remote не содержат данных.

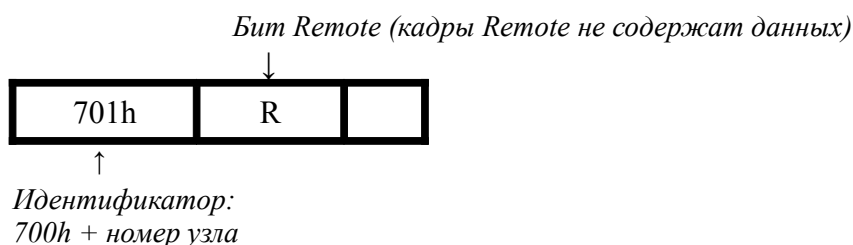


Рисунок 3.11 — Структура Node Guarding запроса хоста.

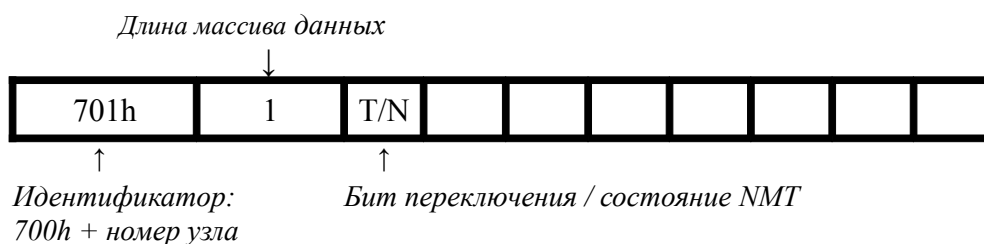


Рисунок 3.12 — Структура Node Guarding ответа контроллера.

Первый байт данных (T/N) имеет следующую структуру:

Бит	Значение	Имя	Расшифровка
7	80h	toggle_bit	Изменяется с каждой телеграммой
0...6	7Fh	nmt_state	04h Stopped (Остановлен) 05h Operational (В работе) 7Fh Pre-Operational (Готов к работе)

Таблица 3.14 — Структура T/N байта.

Время контроля для запросов мастера можно параметризовать. Контроль начинается с первого полученного запроса Remote мастера. С этого момента запросы Remote должны поступать до окончания заданного времени контроля, так как в противном случае обрабатывается ошибка. Сброс бита переключения происходит командой NMT Reset Communication.

3.9.3 Описание объектов

Объект 100Ch: Guard Time

Для активации контроля Node Guarding параметризуется максимальное время между двумя запросами Remote мастера к слэйву. Это время определяется в контроллере как *Guard Time* (100Ch) и *Life Time Factor* (100Dh). Поэтому рекомендуется описывать *Life Time Factor* как «1», а затем непосредственно задавать *Guard Time* в миллисекундах.

Index (Индекс)	101Ch
Name (Имя)	Guard Time
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UINT16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мс
Value Range (Диапазон значений)	0...65535
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Объект 100Dh: Life Time Factor

Объект *Life Time Factor* должен быть описан «1», чтобы напрямую задать *Guard Time*.

Index (Индекс)	101Ch
Name (Имя)	Life Time Factor
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW

PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...255
Default Value (Значение по умолчанию)	0

3.9.4 Таблица идентификаторов

В таблице ниже представлен обзор используемых идентификаторов.

Тип объекта	Идентификатор (шестнадцатеричный)	Примечание
SDO (от хоста к контроллеру)	600h + номер узла	
SDO (от контроллера к хосту)	580h + номер узла	
TPDO1	180h	Стандартные значения. Могут быть изменены при необходимости.
TPDO2	280h	
TPDO3	380h	
TPDO4	480h	
RPDO1	200h	
RPDO2	300h	
RPDO3	400h	
RPDO4	500h	
SYNC	080h	
EMCY	080h + номер узла	
HEARTBEAT	700h + номер узла	
NODEGUARDING	700h + номер узла	
BOOTUP	700h + номер узла	
NMT	000h	

4 Настройка параметров

Прежде чем контроллер двигателя сможет выполнить требуемое задание (регулирование частоты вращения, позиционирование), множество параметров контроллера двигателя должно быть согласовано с используемым двигателем и конкретным вариантом применения. При этом должна быть выполнена процедура, описанная в приведенной главе. В дополнение к настройке параметров поясняются процессы управления устройством и использования соответствующих режимов работы.

4.1 Загрузка и сохранение в памяти наборов параметров

Обзор

Контроллер двигателя имеет три набора параметров, описанные ниже.

– Текущий набор параметров

Этот набор параметров находится в энергозависимом запоминающем устройстве (RAM) контроллера двигателя. Он может произвольно считываться и описываться с помощью программы параметризации или шины CAN. При включении контроллера двигателя набор параметров приложения копируется в текущий набор параметров.

– Набор параметров по умолчанию

Это стандартно предоставляемый производителем неизменный набор параметров контроллера двигателя. С помощью процедуры записи в объект CANopen 1011h_01h (Restore all Default Parameters) можно копировать набор параметров по умолчанию в текущий набор параметров.

– Набор параметров приложения

Текущий набор параметров может сохраняться в энергонезависимой Flash-памяти. Вызов процесса сохранения в памяти осуществляется путем доступа записи к объекту 1010h_01h (Save all Parameters). При включении контроллера двигателя набор параметров приложения автоматически копируется в текущий набор параметров.

На следующей схеме наглядно показана взаимосвязь между отдельными наборами параметров.

На следующей схеме наглядно показана взаимосвязь между отдельными наборами параметров.

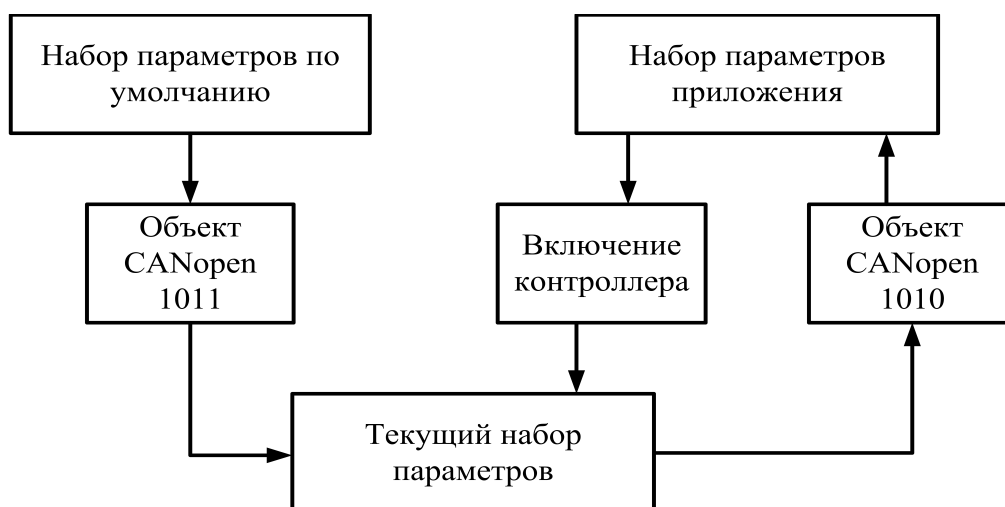


Рисунок 4.1 — Взаимосвязь наборов параметров.

Допускаются две концепции управления набором параметров:

1. Набор параметров создается программой параметризации и полностью переносится в отдельные контроллеры. При таком подходе с помощью шины CAN должны настраиваться только доступные через CANopen объекты. Недостатком при этом является то, что для каждого ввода в эксплуатацию новой машины или в случае ремонта (замены контроллера) будет необходима программа параметризации.
2. Этот вариант опирается на тот факт, что большинство ориентированных на пользователя наборов параметров лишь некоторыми параметрами отличаются от установленного по умолчанию набора параметров. Следовательно, можно сделать так, чтобы текущий набор параметров после каждого включения установки заново создавался посредством шины CAN. Для этого вышестоящей системой управления сначала загружается набор параметров по умолчанию (вызов объекта CANopen 1011h_01h (Restore all Default Parameters)). После этого передаются только объекты, имеющие отличия от них. Вся процедура занимает в среднем по 1 секунде на контроллер. Преимущество заключается в том, что этот способ действует также для непараметризованных контроллеров, т.е. ввод в эксплуатацию новых установок или замена отдельных контроллеров не создает проблем и не требует программы параметризации.



Предупреждение

Перед самым первым включением конечной ступени убедитесь в том, что контроллер действительно имеет необходимые вам параметры. Неправильно параметризованный контроллер может совершать нерегулируемое вращение и привести к травмам и материальному ущербу.

После возврата к параметрам, заданным **по умолчанию**, для корректной работы необходимо **перезапустить** контроллер путём выключения питания с последующим включением или установкой бита "reset" в ControlWord.

Index (Индекс)	1011h
Name (Имя)	Restore Default Parameters
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	3

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Restore all Default Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	64616F6Ch("load")
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Restore Communication Default Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	64616F6Ch(“load”)
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	Restore Motor Default Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	64616F6Ch(“load”)
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Подпись	MSB			LSB
ASCII	d	a	o	l
hex	64h	61h	6Fh	6Ch

Таблица 4.1 — Пример текста ASCII “load”.

Объект 1011h_01h (Restore all Default Parameters) позволяет переводить текущий набор параметров в определенное состояние. Для этого набор параметров по умолчанию копируется в текущий набор параметров. Вызов процесса копирования выполняется с помощью доступа записи к данному объекту, при этом в качестве набора данных передается цепочка (литерная строка) “load” в шестнадцатеричной форме. Если отправлен неправильный идентификатор, генерируется ошибка. Параметры связи CAN (номер узла, скорость передачи данных в бодах) при этом остаются неизменными.

Объект 1010h: Store Parameter Field

Index (Индекс)	1010h
Name (Имя)	Store Parameter Field
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	3

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Save all Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	65766173h(“save”)
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Save Communication Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	65766173h(“save”)
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	Save Motor Parameters
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	WO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	65766173h(“save”)
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Подпись	MSB			LSB
ASCII	e	v	a	s
hex	65h	76h	61h	73h

Таблица 4.2 — Пример текста ASCII “save”.

1

Выполнение команд на сохранение параметров и загрузку параметров по умолчанию возможно только в состоянии Pre-Operational.

4.2 Настройки совместимости

Обзор

Чтобы можно было, с одной стороны сохранить совместимость с более ранними версиями реализации CANopen (например, также у других линеек устройств) и, с другой стороны, вносить изменения и поправки на базе CiA 402 и CiA 301, введен объект `Compatibility_control`. В наборе параметров по умолчанию этот объект обеспечивает, например, совместимость с предыдущими версиями. Для новых приложений мы рекомендуем устанавливать определенные биты, чтобы достичь максимально возможной степени соответствия указанным стандартам.

Описание объектов

Объекты, которые рассматриваются в этой главе

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибуты
6510h_01h	VAR	Compatibility_control	UNSIGNED16	RW

Объект 6510h_01h: Compatibility_control

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Compatibility_control
Data Type (Тип данных)	UINT16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	19h

Бит	Значение	Имя	Описание
0	0001h	save_type	Бит установлен — сохранение в энергонезависимую память выполняется в едином цикле и ответ поступает после сохранения. Бит сброшен — ответ выдаётся сразу, при этом сохранение продолжается в фоновом режиме и занимает до шести секунд, следует учитывать этот факт и не отключать питание сразу после получения ответа.
1	0002h	low_speed_optimization	Заданный бит включает оптимизацию скорости вращения на малых оборотах, только для режима управления напряжением.
2	0004h	output_inversion	Цифровые выходы гальванически развязаны и представляют собой открытый коллектор, в некоторых случаях требуется инвертировать сигнал на них. Осуществляется описываемым битом.

3	0008h	emergence_type	Бит задан — идентификатор сообщения об ошибке формируется как 80h + NodeID, если в течении работы не был изменён. Бит сброшен — произвольный идентификатор, проинициализированный из энергонезависимой памяти.		
4,5	0030h	input_delay	Биты анализируются совместно и задают задержку обработки сигнала на дискретных входах, согласно нижеприведенной таблице:		
			Бит 5	Бит 4	Значение задержки, мс
			0	0	0
			0	1	5
			1	0	10
			1	1	20
Использование данной опции актуально при эффекте «дребезга контактов» концевых и опорных датчиков.					

4.3 Коэффициенты пересчета (Factor Group)

Обзор

Контроллеры моторов используются в большом количестве прикладных задач: как прямой привод, с последующим редуктором, для линейных приводов и т.п. Чтобы обеспечить удобство параметризации для всех этих вариантов применения, контроллер двигателя можно с помощью Factor Group параметризовать так, чтобы пользователь мог вводить или считывать все величины (например, частоту вращения) на выходе непосредственно в нужных единицах измерения (например, для линейного привода значения позиции в миллиметрах, а скорость — в миллиметрах в секунду). Затем контроллер двигателя пересчитывает вводимые данные с помощью коэффициента Factor Group в свои внутренние единицы измерения. Для каждого физического показателя (позиции, скорости и ускорения) имеется коэффициент пересчета для согласования единиц пользователя с собственным приложением. Единицы измерения, заданные посредством Factor Group, в общем обозначаются как position_units, speed_units или acceleration_units. На следующей схеме поясняется принцип действия Factor Group:

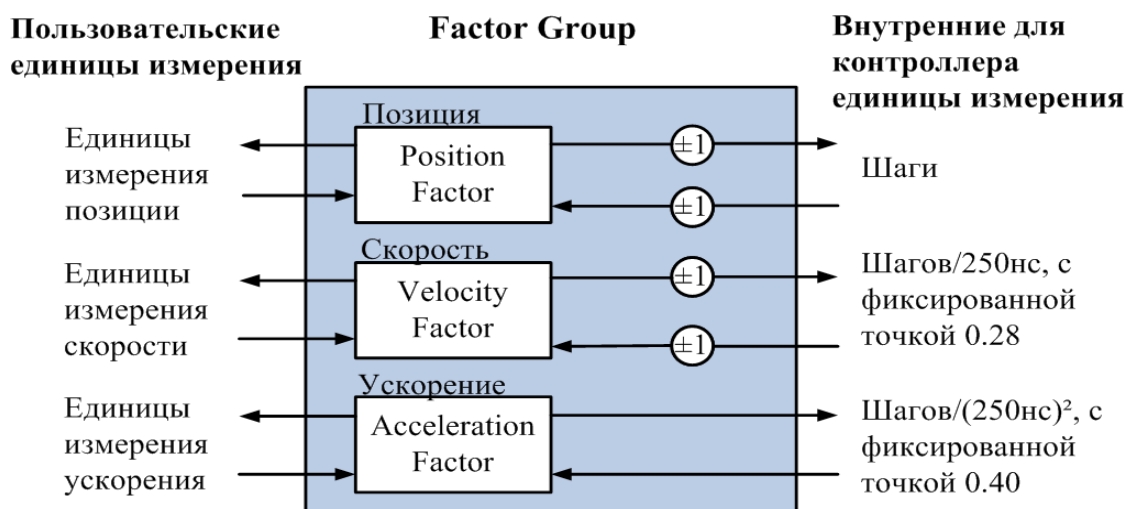


Рисунок 4.2 — Factor Group.

Все параметры сохраняются в контроллере двигателя, как правило, в его внутренних единицах измерения и пересчитываются только при записи или чтении посредством Factor Group.

Поэтому Factor Group следует настроить перед самой первой параметризацией и не изменять во время параметризации.

В стандартном варианте коэффициент “Factor Group” установлен для следующих единиц измерения:

Величина	Обозначение	Единица измерения	Объяснение
Длина	Единицы измерения скорости	Шаги (Микрошаги)	При использовании микрошаговых режимов перемещение исчисляется в них же, при этом скорость и ускорение — в полных шагах.
Скорость	Единицы измерения скорости	Шаги/с	Полных шагов за секунду
Ускорение	Единицы измерения ускорения	Шаги/с ²	Увеличение скорости за единицу времени.

Описание объектов

Объекты, которые рассматриваются в этой главе

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
607Eh	VAR	Polarity	UNSIGNED8	RW
6093h	ARRAY	Position_factor	UNSIGNED32	RW
6095h	ARRAY	Velocity_factor	UNSIGNED32	RW
6097h	ARRAY	Acceleration_factor	UNSIGNED32	RW
2041h	ARRAY	Main_velocity_factor	UNSIGNED32	RW
2042h	ARRAY	Main_acceleration_factor	UNSIGNED32	RW
2043h	ARRAY	FS_SPD_factor	UNSIGNED32	RW
2044h	ARRAY	MAX_SPEED_factor	UNSIGNED32	RW

4.3.1 Объект 6093h: Position_factor

Объект Position_factor служит для пересчета всех единиц измерения длины в данном применении из positon_units в приращения внутренней единицы измерения (например, при полношаговом режиме значение приращения равняется величине одного шага, для микрошагового, при дроблении 1/64 — 1/64 полного шага и т.д.). Он состоит из числителя и знаменателя.

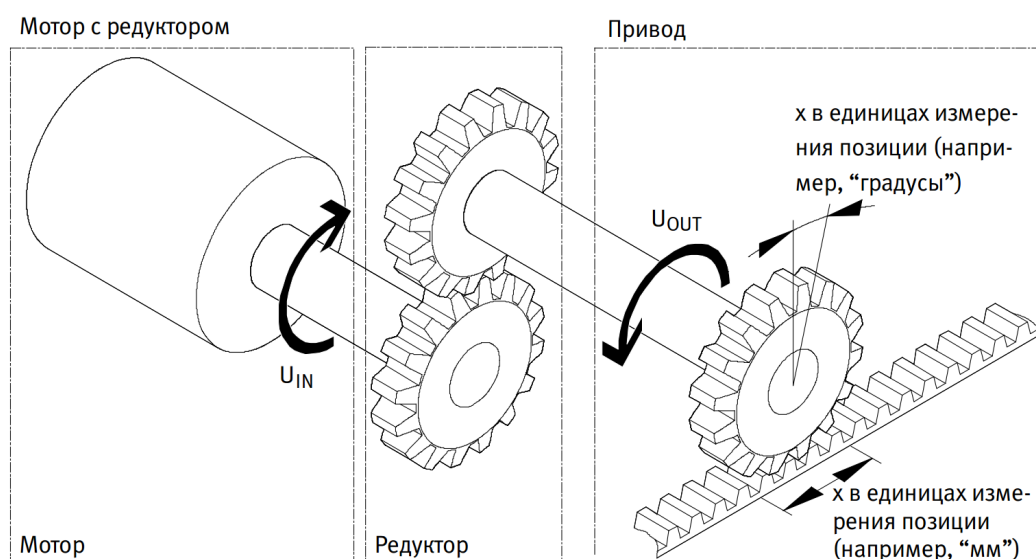


Рисунок 4.3 — Вычисление единиц измерения позиции.

Index (Индекс)	6093h
Name (Имя)	Position_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Position_factor_Numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Position_factor_Divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

В расчётной формуле *Position_factor* используются следующие величины:

Параметры	Описание
<i>gear_ratio</i>	Передаточное отношение между оборотами на входе (UIN) и оборотами на выходе (UOUT)
<i>feed_constant</i>	Отношение между оборотами на выходе (UOUT) и перемещением в <i>position_units</i> (например, 25600 микрошагов = 360 градусов)

Расчёт *Position_factor* производится по следующей формуле:

$$Position_factor = \frac{numerator}{divisor} = \frac{gear_ratio}{feed_constant}$$

Величина *Position_factor* должна быть записана в контроллер мотора разделенной на числитель и знаменатель. Поэтому может оказаться необходимым привести дробь посредством подходящего расширения к целому числу.



Показатель *Position_factor* не должен превышать 2^{24}

Пример

Сначала необходимо выбрать желаемую единицу измерения (Столбец 1) и желаемое число знаков после десятичной запятой (NK), а также определить передаточное число и, при необходимости, постоянную подачи для данного применения. Затем эта постоянная подачи отображается в желаемых единицах измерения положения (Столбец 2). В итоге можно подставить все значения в формулу и рассчитать коэффициенты. В примере будет использовано дробление полного шага 1/128 с двигателем, у которого на 1 оборот приходится 200 полных шагов, таким образом 1 оборот — это 25600 **микрошагов (uStep)**. Значения объектов 2041h...2044h установлены по умолчанию, таким образом перемещение, скорость привода, ускорение, без учёта объектов 6093h, 6095h, 6097h, измеряется в микрошагах, шагах в секунду, шагах в секунду за секунду.

Процесс вычисления позиционного коэффициента				
Единицы измерения позиции	Постоянная подачи	Передаточное число	Формула	Сокращённый результат
Градусы, 1NK → 1/10 градуса (°/10)	$1 U_{OUT} = \frac{3600}{10}^{\circ}$	1/1	$\frac{\frac{1}{1} * 25600 uStep}{\frac{3600}{10}^{\circ}} = \frac{25600 uStep}{3600 \frac{\circ}{10}}$	$\frac{numerator : 64}{divisor : 9}$

Примеры вычисления позиционного коэффициента				
Единицы измерения позиции ¹⁾	Коэффициент подачи ²⁾	Передаточное число	Формула	Сокращённый результат
Микрошаги, 0NK →uStep	$1 U_{OUT} = 25600 \text{ uStep}$	1/1	$\frac{\frac{1}{1} * 25600 \text{ uStep}}{25600 \text{ uStep}} = \frac{1 \text{ uStep}}{1 \text{ uStep}}$	$\frac{\text{numerator} : 1}{\text{divisor} : 1}$
Градусы, 1NK →1/10 градуса (°/10)	$1 U_{OUT} = 3600 \frac{^\circ}{10}$	1/1	$\frac{\frac{1}{1} * 25600 \text{ uStep}}{3600 \frac{^\circ}{10}} = \frac{25600 \text{ uStep}}{3600 \frac{^\circ}{10}}$	$\frac{\text{numerator} : 64}{\text{divisor} : 9}$
Обороты, 2NK →1/100 оборота (об/100)	$1 U_{OUT} = 100 \frac{U}{100}$	1/1	$\frac{\frac{1}{1} * 25600 \text{ uStep}}{100 \frac{1}{100}} = \frac{25600 \text{ uStep}}{100 \frac{1}{100}}$	$\frac{\text{numerator} : 256}{\text{divisor} : 1}$
		2/3	$\frac{\frac{2}{3} * 25600 \text{ uStep}}{100 \frac{1}{100}} = \frac{51200 \text{ uStep}}{300 \frac{1}{100}}$	$\frac{\text{numerator} : 512}{\text{divisor} : 3}$
мм, 1NK →1/10 мм (мм/10)	$1 U_{OUT} = 325,5 \frac{\text{мм}}{10}$	4/5	$\frac{\frac{4}{5} * 25600 \text{ uStep}}{325,5 \frac{\text{мм}}{10}} = \frac{204800 \text{ uStep}}{3255 \frac{\text{мм}}{10}}$	$\frac{\text{numerator} : 40960}{\text{divisor} : 651}$

1) Требуемая единица измерения на выходе.

2) Единиц измерения позиции на один оборот на выходе (U_{OUT}).

Постоянная подачи привода * 10^{-NK} (знаки после запятой).

4.3.2 Объект 6095h: Velocity_factor

Объект Velocity_factor служит для пересчета всех значений скорости в данном применении из speed_units во внутреннюю единицу измерения. Он состоит из числителя и знаменателя.

Index (Индекс)	6095h
Name (Имя)	Velocity_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Velocity_factor_Numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Velocity_factor_Divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

В расчетной формуле Velocity_factor используются следующие величины:

Параметры	Описание
gear_ratio	Передаточное отношение между оборотами на входе (UIN) и оборотами на выходе (UOUT)
feed_constant	Отношение между оборотами на выходе (UOUT) и перемещением в position_units (например, 200 шагов = 360 градусов)
time_factor_v	соотношение между внутренней единицей измерения времени и определяемой пользователем единицей измерения времени. (например, 1 мин = 60 с)

Расчёт Velocity_factor производится по следующей формуле:

$$Velocity_factor = \frac{numerator}{divisor} = \frac{gear_ratio \times time_factor \times v}{feed_constant}$$

1

Показатель Velocity_factor не должен превышать 2^{24}

Перемещение в единицах измерения скорости, ускорения, и торможения position_units задаётся в полных шагах.

Как величина Position_factor, так и Velocity_factor должны быть записаны в контроллер двигателя разделенными на числитель и знаменатель. Поэтому может оказаться необходимым привести дробь посредством подходящего расширения к целому числу.

Пример

Сначала необходимо выбрать желаемую единицу измерения (Столбец 1) и желаемое число знаков после десятичной запятой (NK), а также определить передаточное число и, при необходимости, постоянную подачи для данного применения. Затем эта постоянная подачи отображается в желаемых единицах измерения положения (Столбец 2). После этого нужная единица измерения времени пересчитывается в единицу измерения времени контроллера двигателя (столбец 3). В итоге можно подставить все значения в формулу и рассчитать коэффициенты. Как и в прошлом примере одному обороту вала двигателя соответствует 25600 микрошагов (uStep) и **200 (Step)** полных шагов. Не забываем учитывать тот факт, что скорость и ускорение контроллера измеряются в **полных шагах** при установленных по умолчанию объектах 2041h, 2042h, 2043h, 2044h.

Процесс вычисления коэффициента скорости					
Ед. измерения скорости	Постоянная подачи	Постоянная времени	Пере-даточ-ное число	Формула	Сокращённый результат
см/мин, 1NK → 1/10 см/мин (см/10мин)	32,55 $\frac{мм}{U}$ → 1 U _{OUT} = 32,55 $\frac{см}{10}$	1 мин = = 60с	4/5	$\frac{\frac{4}{5} \times \frac{1с}{60с}}{32,55 \frac{см}{10} / 200 Step}$ $= \frac{800}{9765}$	$\frac{numerator : 160}{divisor : 1953}$

Примеры расчёта коэффициента скорости					
Ед. измерения скорости ¹⁾	Постоянная подачи ²⁾	Постоянная времени	Передаточное число	Формула	Сокращённый результат
об/мин, 0NK →об/мин	$1 U_{OUT} =$ $1 U_{OUT}$	$1 \text{ мин} =$ 60 с	1/1	$\frac{\frac{1}{1} \times \frac{1 \text{ с}}{60 \text{ с}}}{1 \text{ об.} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{200}{60}$	$\frac{\text{numerator} : 10}{\text{divisor} : 3}$
об/мин, 2NK →1/100 об/мин (об/100мин)	$1 U_{OUT} =$ $100 \frac{U}{100}$	$1 \text{ мин} =$ 60 с	2/3	$\frac{\frac{2}{3} \times \frac{1 \text{ с}}{60 \text{ с}}}{100 \frac{\text{об.}}{100} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{400}{18000}$	$\frac{\text{numerator} : 1}{\text{divisor} : 45}$
°/с, 1NK →1/10 °/с (°/10с)	$1 U_{OUT} =$ $3600 \frac{^\circ}{10}$	$1 \frac{1}{\text{с}}$	1/1	$\frac{\frac{1}{1} \times \frac{1 \text{ с}}{1 \text{ с}}}{3600 \frac{^\circ}{10} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{200}{3600}$	$\frac{\text{numerator} : 1}{\text{divisor} : 18}$
см/мин, 1NK →1/10 см/мин (см/10мин)	$32,55 \frac{\text{мм}}{U}$ → $1 U_{OUT} =$ $32,55 \frac{\text{см}}{10}$	$1 \text{ мин} =$ 60 с	4/5	$\frac{\frac{4}{5} \times \frac{1 \text{ с}}{60 \text{ с}}}{32,55 \frac{\text{см}}{10} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{800}{9765}$	$\frac{\text{numerator} : 160}{\text{divisor} : 1953}$

1) Требуемая единица измерения на выходе.

2) Единиц измерения позиции на один оборот на выходе (U_{OUT}).

Постоянная подачи привода * 10^{-NK} (знаки после запятой).

4.3.3 Объект 6097h: Acceleration_factor

Объект Acceleration_factor служит для пересчета всех значений ускорения в данном применении из acceleration_units во внутреннюю единицу измерения. Он состоит из числителя и знаменателя.

Index (Индекс)	6097h
Name (Имя)	Acceleration_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Acceleration_factor_Numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Acceleration_factor_Divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1

В расчетной формуле Acceleration_factor используются следующие величины:

Параметры	Описание
gear_ratio	Передаточное отношение между оборотами на входе (UIN) и оборотами на выходе (UOUT)
feed_constant	Отношение между оборотами на выходе (UOUT) и перемещением в position_units (например 1 оборот = 360 градусов)
time_factor_a	соотношение между внутренней единицей измерения времени в квадрате и определяемой пользователем единицей измерения времени в квадрате. (например, 1 мин ² = 3600 с ²)

Расчёт $Acceleration_factor$ производится по следующей формуле:

$$Acceleration_factor = \frac{numerator}{divisor} = \frac{gear_ratio \times time_factor_a}{feed_constant}$$

Величина $Acceleration_factor$ также записывается в контроллер двигателя разделенной на числитель и знаменатель, так как, возможно, потребуется выполнить расширение.

Пример

Сначала необходимо выбрать желаемую единицу измерения (Столбец 1) и желаемое число знаков после десятичной запятой (NK), а также определить передаточное число и, при необходимости, постоянную подачи для данного применения. Затем эта постоянная подачи отображается в желаемых единицах измерения положения (Столбец 2). После этого нужная единица измерения времени пересчитывается в единицу измерения времени контроллера двигателя (столбец 3). В итоге можно подставить все значения в формулу и рассчитать коэффициенты. Как и в прошлом примере одному обороту вала двигателя соответствует 25600 микрошагов (uStep) и **200 (Step)** полных шагов. Не забываем учитывать тот факт, что скорость и ускорение контроллера измеряются в **полных шагах** при установленных по умолчанию объектах 2041h, 2042h, 2043h, 2044h.

Процесс вычисления коэффициента ускорения					
Ед. измерения ускорения	Постоянная подачи	Постоянная времени	Передаточное число	Формула	Сокращённый результат
см/мин ² , 1NK → 1/10 см/мин ² (см/10мин ²)	32,55 $\frac{мм}{U}$ → 1 U _{OUT} = 32,55 $\frac{см}{10}$	1 мин ² = = 3600 с ²	4/5	$\frac{\frac{4}{5} \times \frac{1 с^2}{3600 с^2}}{\frac{32,55 \frac{см}{10}}{200 Step}} = \frac{800}{585900}$	$\frac{numerator : 8}{divisor : 5859}$

Пример вычисления коэффициента ускорения					
Ед. измерения ускорения ¹⁾	Постоянная подачи ²⁾	Постоянная времени	Пер. число	Формула	Сокращённый результат
°/с ² , 1NK →1/10 °/с ² (°/10с ²)	1 U _{OUT} = 3600 $\frac{U}{10}$	1 с ²	1/1	$\frac{\frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \frac{с^2}{с^2}}{3600 \frac{U}{10} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{200}{3600}$	$\frac{numerator : 1}{divisor : 18}$
об/мин ² , 2NK →1/100 об/мин ² (об/100мин ²)	1 U _{OUT} = 100 $\frac{U}{100}$	1 мин ² = 3600 с ²	2/3	$\frac{\frac{2}{3} \times \frac{1}{3600} \frac{с^2}{с^2}}{100 \frac{1}{100} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{400}{1080000}$	$\frac{numerator : 1}{divisor : 2700}$
см/мин ² , 1NK →1/10 см/мин ² (см/10мин ²)	32,55 $\frac{мм}{U}$ → 1 U _{OUT} = 32,55 $\frac{см}{10}$	1 мин ² = 3600 с ²	4/5	$\frac{\frac{4}{5} \times \frac{1}{3600} \frac{с^2}{с^2}}{32,55 \frac{см}{10} / 200 \text{ Step}} =$ $= \frac{800}{585900}$	$\frac{numerator : 8}{divisor : 5859}$

1) Требуемая единица измерения на выходе.

2) Единиц измерения позиции на один оборот на выходе (U_{OUT}).

Постоянная подачи привода * 10^{-NK} (знаки после запятой).

4.3.4 Объект 607Eh: Polarity

Знак, стоящий перед значением позиции и скорости контроллера мотора, может быть настроен с помощью соответствующего polarity_flag. Он может служить для того, чтобы при одинаковых заданных значениях инвертировать направление вращения двигателя.

В большинстве вариантов применения целесообразно установить velocity_polarity_flag и position_polarity_flag на одно и то же значение.

Установка объектов polarity_flag влияет только на параметры при чтении и записи. Уже имеющиеся в контроллере мотора параметры не изменяются.

Index (Индекс)	607Eh
Name (Имя)	Polarity
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UINT8

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	40h, 80h, C0h
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Бит	Значение	Имя	Расшифровка
6	40h	velocity_polarity_flag	0: умножение на 1 (по умолчанию) 1: умножение на -1 (инверсно)
7	80h	position_polarity_flag	0: умножение на 1 (по умолчанию) 1: умножение на -1 (инверсно)

Таблица 4.3 — Расшифровка битов polarity_flag.

4.3.5 Объекты 2041h...2044h Обзор

Так как внутренние единицы измерения контроллера двигателя имеют разную точность для различных применений, введены объекты 2041h, 2042h, 2043h, 2044h. Основное их назначение: совместное использование с объектами 6093h, 6095h, 6097h и сведение к единым единицам измерения (объекты 2041h, 2043h, 2044h относятся к представлению единицы измерения скорости, но имея разную точность, они обязательно должны быть сведены к единой мере измерения). Так по умолчанию объектам 2041h...2044h присвоены значения, сводящие внутренние единицы измерения скорости контроллера двигателя (шагов за 250нс) к шагам в секунду (Step/s), ускорения (шагов за 250нс в квадрате) к шагам в секунду в квадрате (Step/s²). При необходимости значения данных объектов могут быть изменены.

4.3.6 Объект 2041h: Main_velocity_factor

Назначение и структура аналогична объекту 6095h. Действие распространяется на объекты: 606Bh, 606Ch, 60FFh.

Index (Индекс)	2041h
Name (Имя)	Acceleration_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Main_velocity_factor_numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1048576

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Main_velocity_factor_divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	15625

Для данного применения скорость во внутренних единицах измеряется в Step/Tick и имеет формат записи с фиксированной точкой 0.28, где Tick составляет 250 нс. Формула для перевода данной внутренней единицы измерения скорости в Step/s имеет следующий вид:

$$[Step/s] = \frac{SPEED \times 2^{-28}}{Tick},$$

где SPEED – внутренняя единица измерения скорости.

В шагах в секунду скорость привода варьируется от 0 до 15625 с шагом 0,015 Step/s. Таким образом следует учитывать градацию изменения скорости скорости привода.

4.3.7 Объект 2042h: **Main_acceleration_factor**

Назначение и структура аналогична объекту 6097h. Действие распространяется на объекты: 6083h, 6084h.

Index (Индекс)	2042h
Name (Имя)	Main_acceleration_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Main_acceleration_factor_numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	16777216

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Main_acceleration_factor_divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	244140625

Для данного применения скорость во внутренних единицах измеряется в Step/Tick² и имеет формат записи с фиксированной точкой 0.40, где Tick составляет 250 нс. Формула для перевода данной внутренней единицы измерения скорости в Step/s² имеет следующий вид:

$$[Step/s^2] = \frac{ACC \times 2^{-40}}{Tick},$$

$$[Step/s^2] = \frac{DEC \times 2^{-40}}{Tick},$$

где ACC и DEC внутренние единицы измерения ускорения и торможения.

Значения в Step/s² варьируются от 14,55 до 59590 с шагом 14,55 Step/s². Таким образом следует учитывать градацию изменения ускорения/торможения привода.

4.3.8 Объект 2043h: FS_SPD_factor

Назначение и структура аналогична объекту 6095h. Действие распространяется на объект 6510h_04h.

Index (Индекс)	2043h
Name (Имя)	FS_SPD_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	FS_SPD_factor_numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1024

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	FS_SPD_factor_divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	15625

Для данного применения скорость во внутренних единицах измеряется в Step/Tick и имеет формат записи с фиксированной точкой 0.18, где Tick составляет 250 нс. Формула для перевода данной внутренней единицы измерения скорости в Step/s имеет следующий вид:

$$[Step/s] = \frac{(FS_SPD + 0,5) \times 2^{-18}}{Tick},$$

где FS_SPD – внутренняя единица измерения скорости перехода на полный шаг. В шагах в секунду скорость привода варьируется от 7,63 до 15625 с шагом 15,25 Step/s. Таким образом следует учитывать градацию изменения скорости скорости привода.

4.3.9 Объект 2044h: MAX_SPEED_factor

Назначение и структура аналогична объекту 6095h. Действие распространяется на объекты: 6081h, 6099h_01h, 6099h_02h.

Index (Индекс)	2044h
Name (Имя)	MAX_SPEED_factor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	MAX_SPEED_factor_numerator
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1024

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	MAX_SPEED_factor_divisor
Data Type (Тип данных)	UINT32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	15625

Для данного применения скорость во внутренних единицах измеряется в Step/Tick и имеет формат записи с фиксированной точкой 0.18, где Tick составляет 250 нс. Формула для перевода данной внутренней единицы измерения скорости в Step/s имеет следующий вид:

$$[Step/s] = \frac{MAX_SPD \times 2^{-18}}{Tick},$$

где MAX_SPD – внутренняя единица измерения максимальной скорости вращения. В шагах в секунду скорость привода варьируется от 15,25 до 15610 с шагом 15,25 Step/s. Таким образом следует учитывать градацию изменения скорости привода.

4.4 Скорость передачи данных по шине CAN**4.4.1 Объект 2045h: CAN Baudrate**

Значение данного параметра задаёт скорость передачи данных. Условием вступления в силу введённых данных является перезагрузка сетевой части устройства, также необходимо сохранение в энергонезависимой памяти устройства для применения параметра после отключения питания. Возможные параметры приведены в таблице 4.4. Применение других параметров недопустимо, в противном случае скорость устанавливается по умолчанию — 500кбит/с.

Index (Индекс)	2045h
Name (Имя)	CAN Baudrate
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	5, 12, 25, 50, 100
Default Value (Значение по умолчанию)	50

Значение объекта 2045h, DEC	Скорость передачи данных по CAN-шине, кбит/с
5	50
12	125
25	250
50	500
100	1000

Таблица 4.4 — Скорости передачи данных.

4.5 Обработка ошибок**4.5.1 Обзор**

В процессе эксплуатации контроллера двигателя могут возникать ошибки и нештатные ситуации, при этом обработку конкретной ошибки можно определить действием, либо бездействием (если возможно). Список ошибок определён объектами 2024h_01h ...

2024h_10h. Значение объекта — действие, выполняемое при обработке ошибки (см. таблицу 4.5).

Значение	Название	Описание
0h	No Action	Бездействие.
1h	Soft Stop	Торможение, согласно Profile_deceleration, с последующим переходом в режим удержания (вал не вращается).
2h	Soft HiZ	Торможение, согласно Profile_deceleration, с последующим отключением обмоток (вал свободно вращается).
3h	Hard Stop	Немедленный переход в режим удержания (вал не вращается).
4h	Hard HiZ	Немедленное отключение обмоток (вал свободно вращается).
5h	Power OFF	Отключение питания конечной ступени (не рекомендуется к использованию без особых указаний). Применение данного действия переведёт контроллер в Pre-Operational состояние. Так же следует отметить что после подачи напряжения на конечную ступень, потребуется её инициализация, занимающая порядка одной секунды.

Таблица 4.5 — Действия при обработке ошибок.

4.5.2 Объект 2024h_01h: Fault Event Node Guard out of timeout

Обработка ошибки Fault Event Node Guard out of timeout наступает в случае отсутствия сообщения Node Guard в отведённый временной промежуток.

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Fault Event Node Guard out of timeout
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.3 Объект 2024h_02h: Fault Event Temperature out of limit

Обработка ошибки Fault Event Temperature out of limit наступает в случае превышения пороговой температуры конечной ступеней контроллера двигателя (2029h_03h Temperature sensor threshold).

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Fault Event Temperature out of limit
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4

Default Value (Значение по умолчанию)	0
---------------------------------------	---

4.5.4 Объект 2024h_03h: Fault Event Pulse Mode Error Write Config

Обработка ошибки Fault Event Pulse Mode Error Write Config наступает в случае неправильного конфигурирования (записи некорректных значений) конечной ступени в режиме драйвера, а так же при возникновении ошибок при «медленном» сохранении в энергонезависимую память (см. п. 4.2).

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	Fault Event Pulse Mode Error Write Config
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	3, 4
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.5 Объект 2024h_04h: Fault Event Pulse Mode Termal warning

Обработка ошибки Fault Event Pulse Mode Termal warning наступает в случае превышения температуры конечной ступени контроллера двигателя +125°C.

Sub-Index (Субиндекс)	04h
Description (Описание)	Fault Event Pulse Mode Termal warning
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	3, 4
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.6 Объект 2024h_05h: Fault Event Controller Mode Error Write Config

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Error Write Config наступает в случае неправильного конфигурирования (записи некорректных значений) конечной ступени в режиме контроллера, а так же при возникновении ошибок при «медленном» сохранении в энергонезависимую память (см. п. 4.2).

Sub-Index (Субиндекс)	05h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Error Write Config
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-

Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.7 Объект 2024h_06h: Fault Event Controller Mode Thermal warning

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Thermal warning наступает в случае превышения температуры конечной ступени контроллера двигателя +125°C.

Sub-Index (Субиндекс)	06h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Thermal warning
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.8 Объект 2024h_07h: Fault Event Controller Mode Thermal shutdown

Обработка критической ошибки Fault Event Controller Mode Thermal shutdown наступает в случае превышения температуры конечной ступени контроллера двигателя +150°C.

Sub-Index (Субиндекс)	07h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Thermal shutdown
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	4,5
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.9 Объект 2024h_08h: Fault Event Controller Mode Stall detection

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Stall detection наступает в случае превышения порога останова двигателя (объект 6510h VM_STALL_TH).

Sub-Index (Субиндекс)	08h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Stall detection
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.10 Объект 2024h_09h: Fault Event Controller Mode UVLO

Обработка критической ошибки Fault Event Controller Mode UVLO наступает в случае падения напряжения питания затворов выходных ключей конечной ступени ниже порогового значения UVLOVAL (см. 6510h_14h: VM_CONFIG и 6510h_1Ch: CM_CONFIG).

Sub-Index (Субиндекс)	09h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode UVLO
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	4,5
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.11 Объект 2024h_0Ah: Fault Event Controller Mode ADC UVLO

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode ADC UVLO наступает в случае падения напряжения питания контроллера двигателя ниже заданного.

Sub-Index (Субиндекс)	0Ah
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode ADC UVLO
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.12 Объект 2024h_0Bh: Fault Event Controller Mode CMD error

Объект зарезервирован для дальнейших применений. Значение всегда равно нулю.

4.5.13 Объект 2024h_0Ch: Fault Event Controller Mode Overcurrent

Обработка критической ошибки Fault Event Controller Mode Overcurrent наступает в случае превышения током, протекающим через обмотки двигателя, порогового значения (см. 6510h_03h: OCD_TH).

Sub-Index (Субиндекс)	0Ch
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Overcurrent
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	4,5
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.14 Объект 2024h_0Dh: Fault Event Controller Mode 0 Divisor

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode 0 Divisor наступает в случае деления на нуль, например, при неправильно подобранных коэффициентах Factor Group. При этом коэффициенту пересчёта, при вычислении которого произошла ошибка, будет присвоено значение единицы.

Sub-Index (Субиндекс)	0Dh
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode 0 Divisor
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.15 Объект 2024h_0Eh: Fault Event Controller Mode CANopen Frame lost

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode CANopen Frame lost наступает в случае потери CANopen-кадра при попытке его передачи. Появление ошибки возможно при обрыве линии.

Sub-Index (Субиндекс)	0Eh
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode CANopen Frame lost
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.16 Объект 2024h_0Fh: Fault Event Controller Mode Out 5V over current

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Out 5V over current наступает в случае превышения потребляемого тока в 1А по шине +5В разъёма портов ввода/вывода[3].

Sub-Index (Субиндекс)	0Dh
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode 0 Divisor
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.17 Объект 2024h_10h: Fault Event Controller Mode Curve Generator error

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Curve Generator error наступает в случае возникновения ошибки в генераторе кривых перемещений.

Sub-Index (Субиндекс)	10h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Curve Generator error
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

1

Показатель приращения на участке торможения не должен превышать $2^{24} uStep$, в противном случае будет вызвана обработка события ошибки генератора кривых перемещений.

4.5.18 Объект 2024h_11h: Fault Event Controller Mode Limit Switch error

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Limit Switch error наступает в случае срабатывания датчика, срабатывание которого недопустимо при использовании определённого метода поиска начальной точки, или при одновременном срабатывании нескольких датчиков.

Sub-Index (Субиндекс)	11h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Limit Switch error
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	3, 4
Default Value (Значение по умолчанию)	4

4.5.19 Объект 2024h_12h: Fault Event Controller Mode Home Method 35

Обработка ошибки Fault Event Controller Mode Home Method 35 наступает в случае запуска метода 35 поиска начальной точки при движущемся приводе.

Sub-Index (Субиндекс)	12h
Description (Описание)	Fault Event Controller Mode Home Method 35
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO

Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...4
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.5.20 Сводная таблица методов обработки ошибок

Объект	No Action (0h)	Soft Stop (1h)	Soft HiZ (2h)	Hard Stop (3h)	Hard HiZ (4h)	Power OFF (5h)
2024h_01h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_02h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_03h	-	-	-	✓	✓	-
2024h_04h	-	-	-	✓	✓	-
2024h_05h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_06h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_07h	-	-	-	-	✓	✓
2024h_08h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_09h	-	-	-	-	✓	✓
2024h_0Ah	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_0Bh	✓	-	-	-	-	-
2024h_0Ch	-	-	-	-	✓	✓
2024h_0Dh	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_0Eh	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_0Fh	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_10h	✓	✓	✓	✓	✓	-
2024h_11h	-	-	-	✓	✓	-
2024h_12h	✓	✓	✓	✓	✓	-

Таблица 4.6 — Сводная таблица возможных методов обработки ошибок.

4.6 Температурный датчик

Контроллер двигателя снабжён температурным датчиком конечной ступени. С его помощью можно следить за температурой в текущий момент времени, задавать температурный порог обработки ошибки Fault Event Temperature out of limit. Превышение порога дублируется в Statusword установкой бита Warning. Так же можно задать порог обновления данных датчика.

Index (Индекс)	2029h
Name (Имя)	Temperature sensor
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	3

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Temperature sensor value
Data Type (Тип данных)	REAL32
Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	°C
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Temperature sensor period
Data Type (Тип данных)	UINT8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	100мс
Value Range (Диапазон значений)	1...255
Default Value (Значение по умолчанию)	10

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	Temperature sensor threshold
Data Type (Тип данных)	REAL32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	°C
Value Range (Диапазон значений)	-10...+150
Default Value (Значение по умолчанию)	80

4.7 Параметры конечной ступени

В данном разделе будут рассмотрены параметры конечной ступени, такие как выходные токи, пороги срабатывания защиты, режимы дробления, режимы работы, параметры управления затворами выходных транзисторов и т.п.

В таблице 4.7 представлены объекты, которые будут рассмотрены в данной главе.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
6510h	RECORD	Drive_data		

Таблица 4.7 — Описание объектов.

4.7.1 Объект 6510h_02h: ADC_OUT

Объект ADC_OUT содержит результат аналого-цифрового преобразования входного напряжения. Значение данного объекта используется для компенсации ухода питающего напряжения. Таким образом, при подключении устройства к цепи питания, необходимо потенциометром [4] (см. п. 1, стр. 7) установить в объекте ADC_OUT значение 16d. Значение и соответствующие им параметры указаны в таблице 4.8, где V_s – напряжение питания.

V_s	Значение	ADC_OUT[4...0]					Компенсирующий коэффициент
Больше, чем $V_{S,ном} + 50\%$	> 24	1	1	X	X	X	0,65625
$V_{S,ном} + 50\%$	24	1	1	0	0	0	0,65625
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$V_{S,ном}$	16	1	0	0	0	0	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$V_{S,ном} - 50\%$	8	0	1	0	0	0	1,96875
Меньше, чем $V_{S,ном} - 50\%$	< 8	0	0	X	X	X	1,96875

Таблица 4.8 — 5-битные значения объекта ADC_OUT.

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	ADC_OUT
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...32
Default Value (Значение по умолчанию)	-

4.7.2 Объект 6510h_03h: OCD_TH

В объекте OCD_TH указано значение тока срабатывания защиты выходных ключей. Возможные значения приведены в таблице 4.9. При записи в объект иных значений они будут округлены до ближайшего табличного значения.

Значение объекта	Порог срабатывания защиты в режиме:	
	управления током	управления напряжением
1953	1953	1953
2930	2930	2930
3906	3906	3906
4883	4883	4883
5859	5859	5859
6836	6836	6836
7813	7813	
8789	8789	
9766	9766	

Таблица 4.9 — Пороги срабатывания защиты по току.

Sub-Index (Субиндекс)	03h
Description (Описание)	OCD_TH
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	mA
Value Range (Диапазон значений)	1953...9766
Default Value (Значение по умолчанию)	6836

4.7.3 Объект 6510h_04h: FS_SPD

В данном объекте указано значение скорости в пользовательских единицах измерения, при которой происходит переход от микрошагового режима дробления к полношаговому (также см. раздел Factor Group).

Sub-Index (Субиндекс)	04h
Description (Описание)	FS_SPD
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	3000

4.7.4 Объект 6510h_05h: STEP_MODE

Структура объекта STEP_MODE приведена в таблице 4.10.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
				CM_VM	STEP_SEL		

Таблица 4.10 — структура STEP_MODE.

Установленный CM_VM бит переводит устройство в режим управления током, сброшенный — в режим управления напряжением.

Биты STEP_SEL анализируются совместно и задают дробление полного шага. Значения коэффициентов дробления с учётом бита CM_VM представлены в таблице 4.11.

STEP_SEL [2...0]			Режим управления напряжением (CM_VM = 0)	Режим управления током (CM_VM = 1)
0	0	0	1/1	1/1
0	0	1	1/2	1/2
0	1	0	1/4	1/4
0	1	1	1/8	1/8
1	0	0	1/16	1/16
1	0	1	1/32	1/16
1	1	0	1/64	1/16
1	1	1	1/128	1/16

Таблица 4.11 — Значения битов STEP_MODE.

Sub-Index (Субиндекс)	05h
Description (Описание)	STEP_MODE
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0Ch

4.7.5 Объект 6510h_06h: ALARM_EN

Биты данного объекта генерируют внутренний сигнал аварии в случае возникновения нештатных ситуаций, указанных в таблице 4.12, с последующей обработкой посредством объекта 2024h. Аварийные ситуации, относящиеся к разряду критических, вызывающих остановку двигателя, сброс игнорируют (дополнение см. п. 4.5).

ALARM_EN bit	Аварийное состояние
0 (LSB)	Превышение тока (OCD_TH) на выходных транзисторах (ключах).
1	Температурное отключение (Thermal shutdown), превышение 150°C.
2	Температурное предупреждение (Thermal warning), превышение 125°C.
3	UVLO – падение напряжения питания затворов выходных транзисторов (ключей) ниже порогового.
4	ADC UVLO — падение питающего напряжения ниже установленного порога.
5	STALL DETECTION - детектор останова.
6	Зарезервировано.
7 (MSB)	Зарезервировано.

Таблица 4.12 — Значения битов ALARM_EN.

Sub-Index (Субиндекс)	06h
Description (Описание)	ALARM_EN
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0Bh

4.7.6 Объект 6510h_07h: GATECFG1

Только для опытных пользователей. Параметры управления затворами выходных транзисторов (ключей). Структура объекта GANECFG1 приведена в таблице 4.13.

Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
					TBOOST		
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
IGATE				TCC			

Таблица 4.13 — структура STEP_MODE.

IGATE параметр задает ток затворов выходных транзисторов. В таблице 4.14 указано 7 возможных комбинаций, которые варьируются от 4мА до 96 мА.

IGATE [2...0]			Ток затвора, мА
0	0	0	4
0	0	1	4
0	1	0	8
0	1	1	16
1	0	0	24
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	96

Таблица 4.14 — Значения битов IGATE.

ТСС параметр задает время контроля заряда затвора, согласно таблице 4.15.

ТСС [4...0]					Постоянная времени, нс
0	0	0	0	0	125
0	0	0	0	1	250
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	0	0	3625
1	1	1	0	1	3750
1	1	1	1	0	3750
1	1	1	1	1	3750

Таблица 4.15 — Значения битов ТСС.

Параметр TBOOST определяет продолжительность дополнительного времени выключения, согласно таблице 4.16.

TBOOST [2...0]			Постоянная времени, нс
0	0	0	0
0	0	1	62,5
0	1	0	125
0	1	1	250
1	0	0	375
1	0	1	500
1	1	0	750
1	1	1	1000

Таблица 4.16 — Значения битов TBOOST.

Все остальные биты данного объекта игнорируются. Зависимость скорости нарастания напряжения от вышеуказанных параметров приведены в таблице 4.17.

Скорость нарастания выходного напряжения при $V_s = 48V$, В/мкс	I_{GATE} , нс	t_{CC} , нс	t_{DT} , нс	t_{blank} , нс	t_{boost} , нс
980	96	375	125	500	0
790	64	500	125	375	0
520	32	875	125	250	0
400	24	1000	125	250	0
220	16	1600	125	250	0
114	8	3125	125	250	0

Таблица 4.17 — Зависимость скорости нарастания выходного напряжения.

Sub-Index (Субиндекс)	07h
Description (Описание)	GATECFG1
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	00E2h

4.7.7 Объект 6510h_08h: GATECFG2

Только для опытных пользователей. Параметры управления затворами выходных транзисторов (ключей). Структура объекта GATECFG2 приведена в таблице 4.18.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TBLANK				TDT			

Таблица 4.18 — Структура STEP_MODE.

TDT параметр определяет мертвое время между выключением затвора оппозиционного ключа и включением затвора текущего ключа, согласно таблице 4.19.

TDT [4...0]					Deadtime, нс
0	0	0	0	0	125
0	0	0	0	1	250
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	0	3875
1	1	1	1	1	4000

Таблица 4.19 — Значение битов TDT.

TBLANK параметр определяет время включения компараторов датчиков тока (детектора останова и превышения тока) после коммутации, согласно таблице 4.20.

TBLANK [2...0]			Blanking time, нс
0	0	0	125
0	0	1	250
⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	0	875
1	1	1	1000

Таблица 4.20 — Значение битов TBLANK.

Sub-Index (Субиндекс)	08h
Description (Описание)	GATECFG2
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	20h

4.7.8 Объект 6510h_09h: STATUS

Структура объекта STATUS приведена в таблице 4.21.

Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
STALL_A	STALL_B	OCD	TH_STATUS		UVLO_ADC	UVLO	STCK_MOD
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
	MOT_STATUS		DIR			BUSY	HiZ

Таблица 4.21 — Структура STEP_MODE.

Установленный флаг HiZ сообщает о том, что выходные ключи мостов находятся в закрытом состоянии (ротор двигателя свободно вращается). Сброшенный бит свидетельствует о том, что на обмотках двигателя присутствует напряжение (двигатель находится в режиме удержания, либо вращается).

Сброшенный флаг UVLO свидетельствует о падении напряжении, ниже допустимого, в цепи питания затворов выходных ключей.

Сброшенный флаг UVLO_ADC свидетельствует о падении напряжении питания ниже установленного.

Сброшенный флаг OCD информирует о превышении установленного тока конечной ступени.

Сброшенные флаги STALL_A и STALL_B информируют о том, что сработал детектор останова в мосту А или мосту В соответственно. Данные флаги информативны только при работе в режиме управления напряжением.

Группа флагов TH_STATUS указывает на температурное состояние конечной ступени и анализируется совместно, согласно таблице 4.22.

TH_STATUS [1...0]		Статус
0	0	Штатное состояние.
0	1	Температура превысила +125°C.
1	0	Отключение выходных транзисторов. Температура превысила +150°C.
1	1	Отключение конечной ступени. Температура превысила +150°C.

Таблица 4.22 — Значения битов TH_STATUS.

Сброшенный флаг BUSY свидетельствует о невозможности выполнения команды управляющего контроллера.

Установленный флаг STCK_MOD указывает на то, что устройство работает в режиме драйвера.

Флаг DIR указывает направление вращения ротора двигателя, заданное для конечной ступени управляющим контроллером, согласно таблице 4.23.

DIR	Направление, заданное управляющим контроллером
1	Прямое
0	Инверсное

Таблица 4.23 — Значения бита DIR.

Группа флагов MOT_STATUS указывает текущие параметры вращения, согласно таблице 4.24.

MOT_STATUS [1...0]		Статус двигателя
0	0	Остановлен
0	1	Вращение с ускорением
1	0	Вращение с торможением
1	1	Вращение с постоянной скоростью

Таблица 4.24 — Значение битов MOT_STATUS.

Sub-Index (Субиндекс)	09h
Description (Описание)	STATUS
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

4.7.9 Объект 6510h_0Ah: VM_KVAL_HOLD

Данный объект задействован только в режиме управления напряжением. Значение соответствует скажности ШИМ-модулятора в режиме удержания, согласно таблице 4.25.

Sub-Index (Субиндекс)	0Ah
Description (Описание)	VM_KVAL_HOLD
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	05h

4.7.10 Объект 6510h_0Bh: VM_KVAL_RUN

Данный объект задействован только в режиме управления напряжением. Значение соответствует скажности ШИМ-модулятора в режиме вращения с постоянной скоростью, согласно таблице 4.25.

Sub-Index (Субиндекс)	0Bh
Description (Описание)	VM_KVAL_RUN
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	07h

4.7.11 Объект 6510h_0Ch: VM_KVAL_ACC

Данный объект задействован только в режиме управления напряжением. Значение соответствует скажности ШИМ-модулятора в режиме вращения с ускорением, согласно таблице 4.25.

Sub-Index (Субиндекс)	0Ch
Description (Описание)	VM_KVAL_ACC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	07h

4.7.12 Объект 6510h_0Dh: VM_KVAL_DEC

Данный объект задействован только в режиме управления напряжением. Значение соответствует скважности ШИМ-модулятора в режиме вращения с торможением, согласно таблице 4.25.

Sub-Index (Субиндекс)	0Dh
Description (Описание)	VM_KVAL_ACC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	07h

VM_KVAL_X [7...0]								Выходное напряжение
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	$V_s \times (1/256)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	1	1	1	0	$V_s \times (254/256)$
1	1	1	1	1	1	1	1	$V_s \times (255/256)$

Таблица 4.25 — Значения битов VM_KVAL_X.

4.7.13 Объект 6510h_0Eh: VM_INT_SPEED

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Значение данного объекта определяет пороговую скорость ротора двигателя, при достижении которой будет использована BEMF-компенсация. Измеряется только во внутренних единицах измерения скорости (Step/Tick) и имеет формат числа с фиксированной точкой 0.18. Для перевода в единицу измерения шага в секунду (Step/s) можно воспользоваться формулой:

$$[Step/s] = \frac{VM_INT_SPEED \cdot 2^{-18}}{Tick},$$

где VM_INT_SPEED – 14-битное значение объекта, а Tick равен 250 нс.

Для расчёта значения данного объекта рекомендуется использовать программу конфигурирования «CANopen Builder», встроенную утилиту «BEMF compensation».

Sub-Index (Субиндекс)	0Eh
Description (Описание)	VM_INT_SPEED
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-

Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0x0F05h

4.7.14 Объект 6510h_0Fh: VM_ST_SLP

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Значение объекта – 8-битный коэффициент крутизны кривой BEMF-компенсации, когда скорость вращения ниже VM_INT_SPEED. Значение варьируется от 0 до 0.004, с шагом 0.000015 (более подробно в приложении В). Для расчёта значения данного объекта рекомендуется использовать программу конфигурирования «CANopen Builder», встроенную утилиту «BEMF compensation».

Sub-Index (Субиндекс)	0Fh
Description (Описание)	VM_ST_SLP
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0Fh

4.7.15 Объект 6510h_10h: VM_FN_SLP_ACC

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Значение объекта – 8-битный коэффициент крутизны кривой BEMF-компенсации, когда скорость вращения выше VM_INT_SPEED. Значение варьируется от 0 до 0.004, с шагом 0.000015 (более подробно в приложении В). Для расчёта значения данного объекта рекомендуется использовать программу конфигурирования «CANopen Builder», встроенную утилиту «BEMF compensation».

Sub-Index (Субиндекс)	10h
Description (Описание)	VM_FN_SLP_ACC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	17h

4.7.16 Объект 6510h_11h: VM_FN_SLP_DEC

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Значение объекта – 8-битный коэффициент крутизны кривой BEMF-компенсации, когда скорость вращения выше VM_INT_SPEED. Значение варьируется от 0 до 0.004, с шагом 0.000015 (более подробно в приложении В). Для расчёта значения данного объекта рекомендуется использовать программу конфигурирования «CANopen Builder», встроенную утилиту «BEMF compensation».

Sub-Index (Субиндекс)	11h
Description (Описание)	VM_FN_SLP_DEC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	17h

4.7.17 Объект 6510h_12h: VM_K_THERM

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Данный объект введен для компенсации температурного дрейфа сопротивления обмоток двигателя. 4-битные значения объекта представлены в таблице 4.26. Значения варьируются от 1 до 1.46875 с шагом 0.03125.

VM_K_THERM [3...0]				Компенсирующий коэффициент
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1,03125
...	...	...	...	...
1	1	1	0	1,4375
1	1	1	1	1,46875

Таблица 4.26 — Значения битов VM_K_THERM.

Sub-Index (Субиндекс)	12h
Description (Описание)	VM_K_THERM
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.7.18 Объект 6510h_13h: VM_STALL_TH

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Значения объекта имеют градацию (~977мА), в связи с этим рекомендуется записать в объект желаемое значение, а затем считать фактическое.

Sub-Index (Субиндекс)	13h
Description (Описание)	VM_STALL_TH
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мА
Value Range (Диапазон значений)	977...31250
Default Value (Значение по умолчанию)	16602

4.7.19 Объект 6510h_14h: VM_CONFIG

Объект задействован только при работе в режиме управления напряжением. Структура объекта VM_CONFIG приведена в таблице 4.27.

Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
F_PWM_INT			F_PWM_DEC			VCCVAL	UVLOVAL
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
		EN_VSCOMP					

Таблица 4.27 — Структура VM_CONFIG.

Установленный бит EN_VSCOMP включает компенсацию ухода питающего напряжения от рассчитанного, сброшенный — отключает.

Битом VCCVAL выбирается значения напряжения управления затворами выходных транзисторов конечной ступени согласно таблице 4.28.

VCCVAL	V _{cc} , В
0	7,5
1	15

Таблица 4.28 – Значения бита VCCVAL.

Бит UVLOVAL задаёт пороги срабатывания защиты, согласно таблице 4.29.

UVLOVAL	V _{ccthOn} , В	V _{ccthOn} , В	DV _{BOOTThOn} , В	DV _{BOOTThOff} , В
0	6,9	6,3	6	5,5
1	10,4	10	9,2	8,8

Таблица 4.29 – Значения бита UVLOVAL.

Параметрами F_PWM_INT и F_PWM_DEC задаётся частота выходного ШИМ сигнала контроллера. Частоты и параметры представлены в таблице 4.30.

	F_PWM_DEC							
F_PWM_INT	000	001	010	011	100	101	110	111
000	19,5	23,4	27,3	31,3	39,1	46,9	54,7	62,5
001	9,8	11,7	13,7	15,6	19,5	23,4	27,3	31,3
010	6,5	7,8	9,1	10,4	13,0	15,6	18,2	20,8
011	4,9	5,9	6,8	7,8	9,8	11,7	13,7	15,6
100	3,9	4,7	5,5	6,3	7,8	9,4	10,9	12,5
101	3,3	3,9	4,6	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4
110	2,8	3,3	3,9	4,5	5,6	6,7	7,8	8,9

Таблица 4.30 — Частота выходного ШИМ сигнала, кГц.

Sub-Index (Субиндекс)	14h
Description (Описание)	VM_CONFIG
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	5B00h

4.7.20 Объект 6510h_15h: CM_TVAL_HOLD

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значение объекта соответствует току в миллиамперах, протекающему через обмотку двигателя, в режиме удержания и имеет градацию значений (~217мА), в связи с этим рекомендуется записать в объект желаемое значение, а затем считать фактическое.

Sub-Index (Субиндекс)	15h
Description (Описание)	CM_TVAL_HOLD
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мА
Value Range (Диапазон значений)	1083...5200
Default Value (Значение по умолчанию)	1083

4.7.21 Объект 6510h_16h: CM_TVAL_RUN

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значение объекта соответствует току в миллиамперах, протекающему через обмотку двигателя, в режиме вращения ротора с постоянной скоростью и имеет градацию значений (~217мА), в связи с этим рекомендуется записать в объект желаемое значение, а затем считать фактическое.

Sub-Index (Субиндекс)	16h
Description (Описание)	CM_TVAL_RUN
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мА
Value Range (Диапазон значений)	1083...5200
Default Value (Значение по умолчанию)	1083

4.7.22 Объект 6510h_17h: CM_TVAL_ACC

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значение объекта соответствует току в миллиамперах, протекающему через обмотку двигателя, в режиме вращения ротора с ускорением и имеет градацию значений (~217мА), в связи с этим рекомендуется записать в объект желаемое значение, а затем считать фактическое.

Sub-Index (Субиндекс)	17h
Description (Описание)	CM_TVAL_ACC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мА
Value Range (Диапазон значений)	1083...6067
Default Value (Значение по умолчанию)	1083

4.7.23 Объект 6510h_18h: CM_TVAL_DEC

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значение объекта соответствует току в миллиамперах, протекающему через обмотку двигателя, в режиме вращения ротора с торможением и имеет градацию значений (~217мА), в связи с этим рекомендуется записать в объект желаемое значение, а затем считать фактическое.

Sub-Index (Субиндекс)	18h
Description (Описание)	CM_TVAL_DEC
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW

PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мА
Value Range (Диапазон значений)	1083...6067
Default Value (Значение по умолчанию)	1083

4.7.24 Объект 6510h_19h: CM_T_FAST

Данный объект задействован только в режиме управления током. Структура объекта представлена в таблице 4.31, и состоит из двух величин: TOFF_FAST и FAST_STEP, возможные значения которых приведены в таблице 4.32. Более подробная информация приведена в приложении В.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TOFF_FAST				FAST_STEP			

Таблица 4.31 — Структура CM_T_FAST.

TOFF_FAST [3...0] FAST_STEP [3...0]				Fast decay time, мкс
0	0	0	0	2
0	0	0	1	4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	0	30
1	1	1	1	32

Таблица 4.32 — Значения битов TOFF_FAST и FAST_STEP.

Sub-Index (Субиндекс)	19h
Description (Описание)	CM_T_FAST
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	53h

4.7.25 Объект 6510h_1Ah: CM_TON_MIN

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значению данного объекта соответствует минимальное значение времени включения ключа. Возможные 7-битные значения объекта приведены в таблице 4.33.

Sub-Index (Субиндекс)	1Ah
Description (Описание)	CM_TON_MIN

Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	05h

4.7.26 Объект 6510h_1Bh: CM_TOFF_MIN

Данный объект задействован только в режиме управления током. Значению данного объекта соответствует минимальное значение времени выключения ключа. Возможные 7-битные значения объекта приведены в таблице 4.33.

Sub-Index (Субиндекс)	1Bh
Description (Описание)	CM_TOFF_MIN
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	29h

CM_TON_MIN [6...0] CM_TOFF_MIN [6...0]							Время, мкс
0	0	0	0	0	0	0	0,5
0	0	0	0	0	0	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	1	1	0	63,5
1	1	1	1	1	1	1	64

Таблица 4.33 — Значения TON_MIN и TOFF_MIN.

4.7.27 Объект 6510_1C:CM_CONFIG

Объект задействован только при работе в режиме управления током. Структура объекта CM_CONFIG приведена в таблице 4.34.

Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8
PRED_EN	TSW					VCCVAL	UVLOVAL
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Таблица 4.34 — Структура CM_CONFIG.

Битом VCCVAL выбирается значения напряжения управления затворами выходных транзисторов конечной ступени согласно таблице 4.35.

VCCVAL	V _{cc} , В
0	7,5
1	15

Таблица 4.35 – Значения бита VCCVAL.

Бит UVLOVAL задаёт пороги срабатывания защиты, согласно таблице 4.36.

UVLOVAL	V _{ccthOn} , В	V _{ccthOn} , В	DV _{BOOTThOn} , В	DV _{BOOTThOff} , В
0	6,9	6,3	6	5,5
1	10,4	10	9,2	8,8

Таблица 4.36 – Значения бита UVLOVAL.

Установленный бит PRED_EN включает прогностический метод управления током, сброшенный — отключает. Более подробно в приложении В.

Группа битов TSW задаёт период работы алгоритма контроля тока. Значение выбирается согласно таблице 4.37.

TSW [4...0]					Период переключений
0	0	0	0	0	4мкс (250кГц)
0	0	0	0	1	4мкс (250кГц)
0	0	0	1	0	8мкс (125кГц)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	1	1	1	1	124мкс (8кГц)

Таблица 4.37 – Значения битов TSW.

Sub-Index (Субиндекс)	1Ch
Description (Описание)	CM_CONFIG
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	3700h

**Предупреждение**

Не рекомендуется изменять параметры, установленные по умолчанию либо рассчитанные с помощью программного обеспечения конфигурирования контроллера двигателя, без имеющихся на это причин, таких как, например электромагнитная совместимость установки и др.

Данное предупреждение относится к объектам:

6510h_07h GATECFG1;

6510h_08h GATECFG2;

Настоятельно рекомендуется ознакомиться с приложением **В** перед изменением объектов:

6510h_0Ah ... 6510h_11h, 6510h_14h ... 6510h_1Ch.

4.8 Описание объектов устройства

В данном разделе будут рассмотрены объекты согласно таблице 4.38.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
605Ah	VAR	Quick_stop_option_code	INTEGER16	RW
6063h	VAR	Position_actual_value	INTEGER32	RO
6064h	VAR	Position_actual_value	INTEGER32	RO
6069h	VAR	Velocity_sensor_actual_value	INTEGER32	RO
60FDh	VAR	Digital_inputs	UNSIGNED32	RO
60FEh	ARRAY	Digital_outputs		

Таблица 4.38 — Описание объектов.

4.8.1 Объект 605Ah: Quick_stop_option_code

С помощью параметра Quick_stop_option_code задается, как функционирует контроллер двигателя при быстрой остановке (Quick Stop). Объект отображает реализуемый принцип работы контроллера двигателя, таблица 4.39.

Значение	Описание
0	Отключение обмоток двигателя (HiZ состояние).

Таблица 4.39 — Принципы торможения.

Для данного контроллера двигателя оно неизменно.

Index (Индекс)	605Ah
Name (Имя)	Quick_stop_option_code
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER16

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

4.8.2 Объект 6063h: **Position_actual_value_s** (приращения)

С помощью этого объекта можно считывать фактическое положение. Этот объект указывается в приращениях: *uStep* или *Step*, в зависимости от настроек дробления полного шага.

Index (Индекс)	6063h
Name (Имя)	Position_actual_value_s
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	uStep (Step)
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

4.8.3 Объект 6064h: **Position_actual_value** (определяемые пользователем единицы измерения)

С помощью этого объекта можно считывать фактическое положение. Этот объект указывается в определяемых пользователем единицах измерения.

Index (Индекс)	6064h
Name (Имя)	Position_actual_value
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	position units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

4.8.4 Объект 6069h: Velocity_sensor_actual_value

С помощью объекта Velocity_sensor_actual_value значение скорости может считываться во внутренних единицах измерения.

Index (Индекс)	6069h
Name (Имя)	Velocity_sensor_actual_value
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	Step/Tick (0.28)
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

4.8.5 Объект 60FDh: Digital_inputs

С помощью объекта 60FDh можно выполнять считывание на дискретных входах.

Index (Индекс)	60FDh
Name (Имя)	Digital_inputs
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	Согласно таблице 4.40
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Бит	Значение	Описание
0	00000001h	Отрицательный концевой выключатель
1	00000002h	Отрицательный датчик начала отсчёта
2	00000004h	Положительный датчик начала отсчёта
3	00000008h	Положительный концевой выключатель

Таблица 4.40 — Дискретные входы.



При необходимости входы датчиков начала отсчёта можно соединить между собой.

4.8.6 Объект 60FEh: Digital_outputs

С помощью объекта 60FEh можно управлять дискретными выходами. Для этого в объекте Digital_outputs_Bitmask следует указать, управление какими дискретными выходами должно осуществляться. С помощью объекта Digital_outputs_Physical_outputs можно произвольно задавать выбранные выходы.

Index (Индекс)	60FEh
Name (Имя)	Digital_outputs
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Digital_outputs_Physical_outputs
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	Согласно таблице 4.41
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Digital_outputs_Bitmask
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Бит	Значение	Описание
16	00010000h	Выход 1 (OUT_1)
17	00020000h	Выход 2 (OUT_2)

Таблица 4.40 — Дискретные выходы.

5 Управление устройством (Device Control)

5.1 Диаграмма состояний (State Machine)

5.1.1 Обзор

В нижеприведенной главе описано, как осуществляется управление контроллером двигателя посредством CANopen, например, как включается конечная ступень, или как квитируется ошибка.

В структуре CANopen вся система управления контроллера двигателя реализована посредством двух объектов: с помощью Controlword хост (вышестоящее устройство) может управлять контроллером двигателя, в то время как данные о состоянии контроллера двигателя могут считываться в объекте Statusword. Для пояснения схемы управления контроллером вводятся понятия, указанные ниже в таблице 5.1.

Термин	Описание
Состояние: (State)	Контроллер двигателя находится одном из нескольких состояний, которые могут быть вызваны, например, включением конечной ступени или появлением ошибки. Состояния, определяемые в CANopen, представлены в разных частях данной главы. Пример: SWITCH_ON_DISABLED
Переход между состояниями (State Transition)	Помимо типов состояний, в CANopen определено, как происходит переход из одного состояния в другое (например, для квитирования ошибки). Переходы между состояниями запускаются хостом путем задания битов в Controlword или внутри контроллером мотора, если он, например, распознал ошибку.
Команда (Command)	Для включения переходов между состояниями должны быть заданы определенные комбинации битов в Controlword. Одна из таких комбинаций называется «команда». Пример: Enable Operation
Диаграмма состояний (State Machine)	Состояния и переходы между ними вместе образуют диаграмму состояний, на которой наглядно показаны все состояния и возможные переходы.

Таблица 5.1 - Термины системы управления контроллера.

5.1.2 Диаграмма состояний контроллера мотора (State Machine)

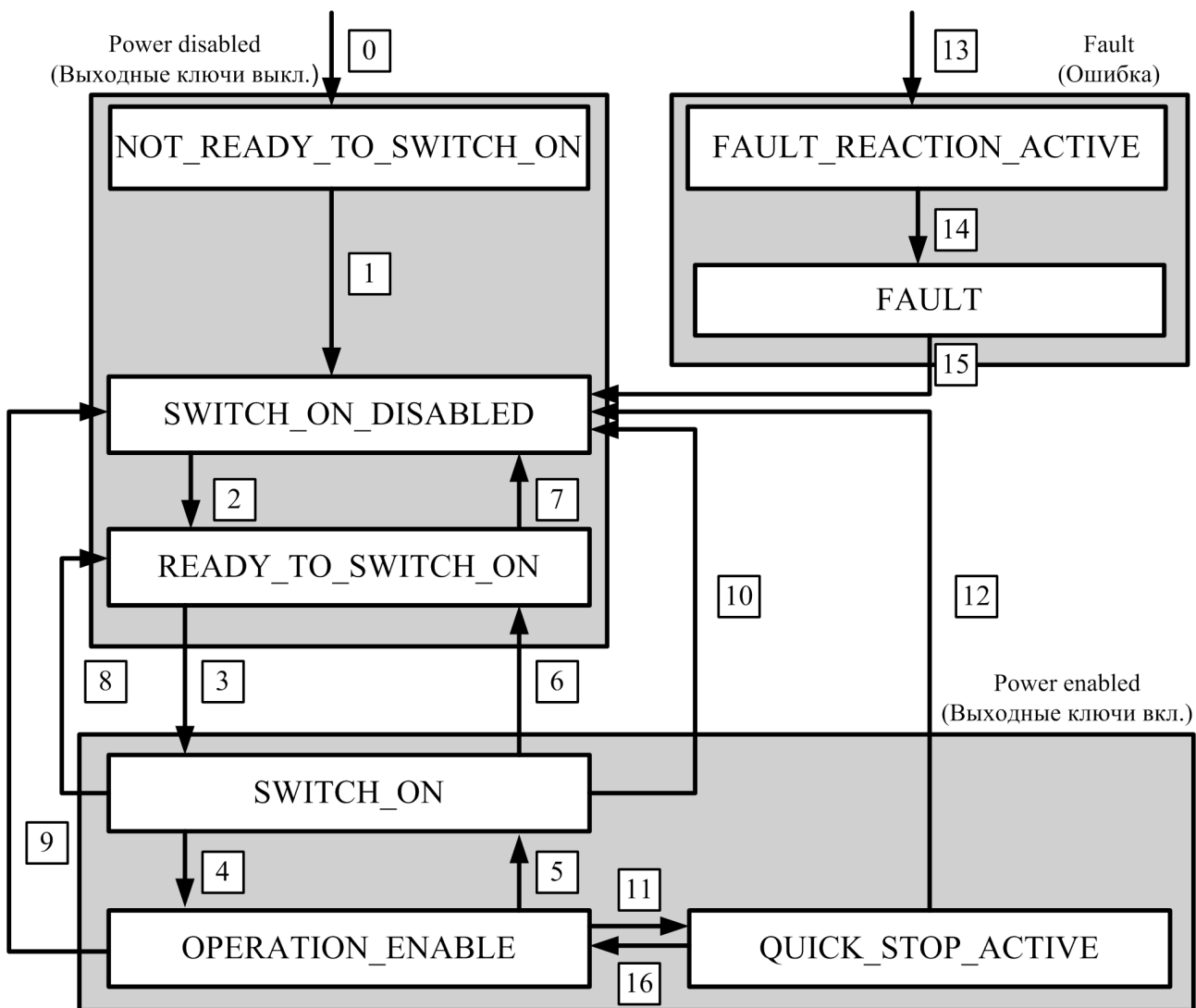


Рисунок 5.1 — Диаграмма состояний контроллера двигателя.

Диаграмму состояний можно ориентировочно разделить на три области: «Power Disabled» означает, что питание с выходных транзисторов (ключей) снято, а «Power Enabled» — что выходные ключи под напряжением (не означает, что на клеммах двигателя присутствует управляющее напряжение). В области «Fault» собраны все состояния, необходимые для обработки ошибок.

После включения контроллер двигателя инициализируется и в результате достигает состояния `READY_TO_SWITCH_ON`, при этом питание подано на выходные ключи, но на клеммах подключения двигателя отсутствует управляющее напряжение.

Диаграмма состояний: Состояния

В таблице 5.2 приведены все состояния и их значения.

Имя	Описание
NOT_READY_TO_SWITCH_ON	Контроллер двигателя производит внутреннюю инициализацию и самодиагностику. Конечная ступень обесточена. Связь CAN не доступна.
SWITCH_ON_DISABLED	Контроллер проинициализирован. Конечная ступень обесточена. Связь CAN доступна.
READY_TO_SWITCH_ON	На конечную ступень подано напряжение и выполнена её инициализация.
SWITCHED_ON	Выходные ключи включены.
OPERATION_ENABLE	На клеммах двигателя присутствует управляющее напряжение. Регулирование происходит согласно режиму работы.
QUICKSTOP_ACTIVE	Выполняется быстрый останов (Quick Stop Function).
FAULT_REACTION_ACTIVE	Возникла ошибка. При критических ошибках сразу происходит переход в состояние Fault. В других случаях выполняется действие, заданное в Fault Event. На клеммах двигателя присутствует напряжение и регулирование происходит согласно Fault Event.
FAULT	Возникла ошибка. Двигатель обесточен.

Таблица 5.2 — Состояния устройства.

Диаграмма состояний: Переходы между состояниями

В таблице 5.3 приведены все состояния и их значения.

№	Выполняется если	Комбинация битов (Controlword)					Действие
		Бит	3	2	1	0	
0	Включается, или происходит сброс	внутренний переход					Провести самодиагностику
1	Самодиагностика прошла успешно	внутренний переход					Активация связи CAN
2	Включение конечной ступени + команда Shutdown	Shutdown	x	1	1	0	-
3	Команда Switch On	Switch On	x	1	1	1	Включение питания выходных ключей
4	Команда Enable Operation	Enable Operation	1	1	1	1	Регулирование согласно настроенному режиму работы

№	Выполняется если	Комбинация битов (Controlword)					Действие
		Бит	3	2	1	0	
5	Команда Disable Operation	Disable Operation	0	1	1	1	Выходные ключи закрыты. Двигатель свободно вращается.
6	Команда Shutdown	Shutdown	x	1	1	0	Выходные ключи закрыты. Двигатель свободно вращается.
7	Команда Quick Stop	Quick Stop	x	0	1	x	-
8	Команда Shutdown	Shutdown	x	1	1	0	Выходные ключи закрыты. Двигатель свободно вращается.
9	Команда Disable Voltage	Disable Voltage	x	x	0	x	Снятие питания с конечной ступени. Двигатель свободно вращается.
10	Команда Disable Voltage	Disable Voltage	x	x	0	x	Снятие питания с конечной ступени. Двигатель свободно вращается.
11	Команда Quick Stop	Quick Stop	x	0	1	x	Запускается торможение согласно Quick_stop_option_code.
12	Торможение завершено, или команда Disable Voltage	Disable Voltage	x	x	0	x	Снятие питания с конечной ступени. Двигатель свободно вращается.
13	Возникла ошибка	внутренний переход					При некритических ошибках реакция согласно Fault Event. При критических ошибках выполняется переход 14
14	Обработка ошибок завершена	внутренний переход					Выходные ключи закрыты. Двигатель свободно вращается.
15	Ошибка устранена + команда Fault Reset	Fault Reset	Бит 7 = 0 → 1				Квитирование ошибки (при нарастающем фронте).
16	Команда Quick Stop	Quick Stop Reset	1	0 ↓ 1	1	1	Регулирование согласно настроенному режиму работы

Таблица 5.3 — Состояния устройства.

**Осторожно**

Конечная ступень — совокупность выходных транзисторов (ключей) с элементами управления ими.

Выходные транзисторы — силовые полупроводники, работающие в ключевом режиме, формирующие сигнал управления двигателем.

Закрытое состояние выходных транзисторов указывает на отсутствие управляющего напряжения на клеммах подключения двигателя (двигатель свободно вращается).

Наличие питания выходных транзисторов не является достаточным условием для появления напряжения на клеммах двигателя (двигатель может свободно вращаться).

5.1.3 Управляющее слово (Controlword)**Объект 6040h: Controlword**

С помощью Controlword можно изменить текущее состояние контроллера двигателя или напрямую запустить определенное действие (например, старт перемещения к началу отсчета). Функционирование битов 4, 6 и 8 зависит от текущего режима работы (Modes_of_operation) контроллера двигателя.

Index (Индекс)	6040h
Name (Имя)	Controlword
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	06h

Бит	Значение	Функция
0	0001h	Управление переходами состояний. (Эти биты анализируются совместно.)
1	0002h	
2	0004h	
3	0008h	
4	0010h	new_set_point/start_homing_operation
5	0020h	change_set_immediatly
6	0040h	absolute/relative
7	0080h	reset_fault

Бит	Значение	Функция
8	0100h	halt
9	0200h	reserved – set to 0
10	0400h	reserved – set to 0
11	0800h	reserved – set to 0
12	1000h	reserved – set to 0
13	2000h	reserved – set to 0
14	4000h	reset
15	8000h	reserved – set to 0

Таблица 5.4 — Распределение битов Controlword.

Как уже было упомянуто, с помощью битов 0...3 выполняются переходы между состояниями. Требуемые для этого команды обзорно указаны в таблице 5.5. Команда Fault Reset через положительную смену фронта (с 0 на 1) генерируется битом 7.

Команда	Бит 7	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0
	0080h	0008h	0004h	0002h	0001h
Shutdown / Остановка, отключение	x	x	1	1	0
Switch On / Включение	x	x	1	1	1
Disable Voltage / Нет напряжения	x	x	x	0	x
Quick Stop / Быстрый останов	x	x	0	1	x
Disable Operation / Работа не активна	x	0	1	1	1
Enable Operation / Работа активна	x	1	1	1	1
Fault Reset / Сброс ошибки	0 → 1	x	x	x	x

Таблица 5.5 — Обзор всех команд.



Так как для некоторых изменений состояния необходимо определенное время, все изменения состояния, выполненные с помощью Controlword, должны быть считаны с помощью Statusword. Только после того, как необходимое состояние будет считано в Statusword, разрешается записать следующую команду с помощью контрольного слова (Controlword).

Далее поясняются остальные биты Controlword. При этом в зависимости от режима работы (modes_of_operation), т.е. того, регулируется ли контроллер двигателя, например, по частоте или моменту, значение некоторых битов может различаться.

Controlword		
Бит	Функция	Описание
4	Зависит от modes_of_operation / режима работы	
	new_set_point	В <i>Profile Position Mode</i> : Нарастающий фронт сигнализирует контроллеру двигателя, что должно быть принято новое задание на перемещение.
	start_homing_operation	В <i>Homing Mode</i> : Нарастающий фронт вызывает запуск параметризованного перемещения к началу отсчета. Спадающий фронт преждевременно прерывает выполняемое перемещение к началу отсчета.
5	change_set_immediatly	Только в <i>Profile Position Mode</i> : В настоящее время данная опция не поддерживается контроллером, поэтому бит всегда сброшен. Таким образом при новом задании на перемещение сначала обрабатывается выполняемое перемещение (при наличии), и только потом начинается новое перемещение.
6	relative	Только в <i>Profile Position Mode</i> : При заданном бите контроллер двигателя относит целевую позицию (Target_position) текущего задания на перемещение к заданной позиции регулятора положения.
7	reset_fault	При переходе с нуля на единицу контроллер двигателя пытается квитировать имеющуюся ошибку. Это удастся только в том случае, если устранена причина ошибки.
8	halt	В <i>Profile Position Mode</i> : Если бит задан, выполняемое позиционирование прерывается. При этом торможение выполняется посредством Profile_deceleration. По окончании процедуры в Statusword задается бит target_reached. Удаление бита не оказывает какого-либо влияния.
		В <i>Profile Velocity Mode</i> : Если бит задан, частота вращения опускается до нуля. При этом торможение выполняется посредством Profile_deceleration. Удаление бита приводит к тому, что контроллер мотора снова ускоряется.
		В <i>Homing Mode</i> : Если бит задан, выполняемое перемещение к началу отсчета прерывается. Удаление бита не оказывает какого-либо влияния.
14	reset	Заданный бит перезагрузит контроллер.

Таблица 5.6 — Controlword, биты управления.

5.1.4 Считывание состояния контроллера двигателя

Аналогично тому, как посредством комбинации нескольких битов Controlword могут быть запущены различные переходы между состояниями, с помощью комбинации разных битов Statusword можно считывать, в каком состоянии находится контроллер двигателя. В таблице 5.7 перечислены возможные состояния диаграммы состояний, а также соответствующие комбинации битов, с помощью которых они отображаются в Statusword.

Состояние	Бит 6	Бит 5	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0	Маска	Значение
	0040h	0020h	0008h	0004h	0002h	0001h		
Not_Ready_To_Switch_On	0	x	0	0	0	0	004Fh	0000h
Switch_On_Disabled	1	x	0	0	0	0	004Fh	0040h
Ready_to_Switch_On	0	1	0	0	0	1	006Fh	0021h
Switched_On	0	1	0	0	1	1	006Fh	0023h
OPERATION_ENABLE	0	1	0	1	1	1	006Fh	0027h
QUICK_STOP_ACTIVE	0	0	0	1	1	1	006Fh	0007h
Fault_Reaction_Active	0	x	1	1	1	1	004Fh	000Fh
Fault	0	x	1	1	1	1	004Fh	0008h
FAULT (согласно CiA 402)	0	x	1	0	0	0	004Fh	0008h

Таблица 5.7 — Состояния устройства.

5.1.5 Контролирующее слово (Statusword)

Объект 6041h: Statusword

Index (Индекс)	6041h
Name (Имя)	Statusword
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Бит	Значение	Функция
0	0001h	Состояние контроллера двигателя (таблица 5.7). (Эти биты должны анализироваться совместно.)
1	0002h	
2	0004h	
3	0008h	
4	0010h	voltage_enabled
5	0020h	Состояние контроллера двигателя (таблица 5.7).
6	0040h	
7	0080h	warning – предупреждение
8	0100h	drive_is_moving – привод движется
9	0200h	remote – удаленный
10	0400h	target_reached – цель достигнута
11	0800h	internal_limit_active – активен внутренний лимит
12	1000h	set_point_acknowledge / speed_0 / homing_attained – подтверждение уставки / скорость 0 / homing выполнен
13	2000h	following_error / homing_error – ошибка перемещения / ошибка homing
14	4000h	manufacturer_statusbit – бит статуса производителя
15	8000h	manufacturer_statusbit – бит статуса производителя

Таблица 5.8 — Распределение битов в Statusword.

Отдельные биты имеют следующее значение:

Statusword		
Бит	Функция	Описание
4	voltage_enabled	Этот бит задан, если включена конечная ступень и питание присутствует на выходных транзисторах.

Таблица 5.9 — Statusword бит 4.

**Предупреждение**

В случае неисправности двигатель может оказаться под напряжением.

Statusword		
Бит	Функция	Описание
5	quick_stop	Если бит удален, привод выполняет Quick Stop (быструю остановку).
7	warning	Этот бит указывает на то, что предупреждение активировано.
8	drive_is_moving	Двигатель вращается.
9	remote	Этот бит указывает на то, что контроллер готов принимать и выполнять команды через сеть CAN.
10	Зависит от modes_of_operation / режима работы	
	target_reached	В <i>Profile Position Mode</i> : Бит задается, если текущая целевая позиция достигнута. Кроме того, он задается в том случае, если привод при заданном бите Halt переходит в состояние покоя. Он сбрасывается, как только указываются данные новой цели. В <i>Profile Velocity Mode</i> : Бит задается, если целевая скорость привода достигнута.
11	internal_limit_active	Этот бит указывает на то, что ограничение активно.
12	Зависит от modes_of_operation / режима работы	
	set_point_acknowledge	В <i>Profile Position Mode</i> : Этот бит задается, если контроллер двигателя распознал заданный бит new_set_point в Controlword. Он снова сбрасывается после того, как бит new_set_point в Controlword установлен на ноль.
	speed_0	В <i>Profile Velocity Mode</i> : Бит задается, если привод остановлен.
	homing_attained	В <i>Homing Mode</i> : Этот бит задается, если перемещение к началу отсчета было выполнено без ошибок.
13	Зависит от modes_of_operation / режима работы	
	following_error	В <i>Profile Position Mode</i> : Бит задается, если при позиционировании возникла ошибка.
	homing_error	В <i>Homing Mode</i> : Этот бит задается, если перемещение к началу отсчета прерывается (бит Halt), оба концевых выключателя одновременно срабатывают.
14	manufacturer_statusbit	Не используется.
15	manufacturer_statusbit	Не используется.

Таблица 5.10 — Statusword бит 5...15.

6 Режимы работы

6.1 Настройка режима работы

6.1.1 Обзор

Существует множество рабочих режимов, в которые можно переключать контроллер двигателя. Только некоторые из них подробно описаны в спецификациях CANopen:

- Режим работы с регулированием частоты вращения
- Перемещение к началу отсчета
- Режим позиционирования
- profile velocity mode
- homing mode
- profile position mode

6.1.2 Описание объектов

Объекты, которые рассматриваются в этой главе приведены в таблице 6.1.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
6060h	VAR	Modes_of_operation	INTEGER8	RW
6061h	VAR	Modes_of_operation_display	INTEGER8	RO

Таблица 6.1 — Описание объектов.

Объект 6060h: Modes_of_operation

С помощью объекта Modes_of_operation настраивается режим работы контроллера двигателя.

Index (Индекс)	6060h
Name (Имя)	Modes_of_operation
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER8

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	1, 3, 6
Default Value (Значение по умолчанию)	1

Значение	Описание
1	Profile Position Mode (регулятор положения с режимом позиционирования).
3	Profile Velocity Mode (регулятор частоты вращения с профилем изменения заданного значения).
6	Homing Mode (перемещение к началу отсчета).

Таблица 6.2 — Расшифровка методов.

1

Текущий режим работы можно считывать **только** в объекте Modes_of_operation_display.

Поскольку смена режима работы может потребовать некоторого времени, следует подождать до тех пор, пока новый выбранный режим не появится в объекте Modes_of_operation_display.

Объект 6061h: Modes_of_operation_display

В объекте Modes_of_operation_display можно считывать текущий режим работы контроллера двигателя.

Index (Индекс)	6061h
Name (Имя)	Modes_of_operation_display
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER8

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	1, 3, 6
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Значение	Описание
1	Profile Position Mode (регулятор положения с режимом позиционирования).
3	Profile Velocity Mode (регулятор частоты вращения с профилем изменения заданного значения).
6	Homing Mode (перемещение к началу отсчета).

Таблица 6.3 — Расшифровка методов.

6.2 Режим перемещения к началу отсчета (Homing Mode)**6.2.1 Обзор**

В этой главе описывается поиск позиции начала отсчета контроллером мотора (другие названия: опорная точка, точка начала отсчета или нулевая точка). Существуют различные методы определения этой позиции, при которых можно использовать либо концевые выключатели на конце диапазона позиционирования, либо датчик начала отсчета (датчик нулевой точки) в пределах возможного пути перемещения.

Пользователь может определять скорость, ускорение и тип перемещения к началу отсчета. Посредством объекта Home_offset нулевая позиция привода может смещаться в произвольно выбранное место.

Существует две скорости для перемещения к началу отсчета. Более высокая скорость (скорость поиска) (Homing_speeds_Speed_during_search_for_switch) применяется для того, чтобы найти концевой выключатель или датчик начала отсчета. Чтобы можно было точно определить позицию соответствующего синхронизирующего фронта, выполняется переключение на скорость медленного перемещения (Homing_speeds_Speed_during_search_for_zero).

6.2.2 Описание объектов

Объекты, которые рассматриваются в этой главе приведены в таблице 6.4.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
607Ch	VAR	Home_offset	INTEGER32	RW
6098h	VAR	Homing_method	INTEGER8	RW
6099h	ARRAY	Homing_speeds	UNSIGNED32	RW

Таблица 6.4 — Описание объектов.

Значимые объекты из других глав представлены в таблице 6.5.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Глава
6040h	VAR	Controlword	UNSIGNED16	5.1.3
6041h	VAR	Statusword	UNSIGNED16	5.1.5
6083h	VAR	Profile_acceleration	UNSIGNED32	6.3.2
6084h	VAR	Profile_deceleration	UNSIGNED32	6.3.2

Таблица 6.5 — Значимые объекты из других глав.

Объект 607Ch: Home_offset

Объект Home_offset устанавливает смещение нулевой позиции относительно определенной позиции начала отсчета.

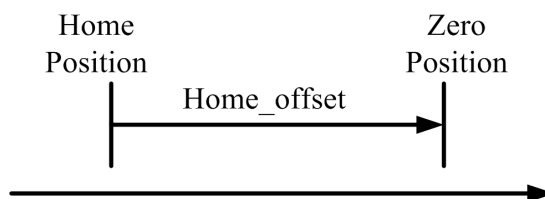


Рисунок 6.1 — Home Offset (Сдвиг точки начала отсчёта).

Index (Индекс)	607Ch
Name (Имя)	Home_offset
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	position unit
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Объект 6098h: Homing_method

Для перемещения к началу отсчета предусмотрено несколько различных методов. С помощью объекта Homing_method можно выбрать вариант, который требуется для конкретного случая применения. Возможны три типа сигналов перемещения к началу отсчета: отрицательный и положительный концевой выключатель, датчик начала отсчета (положительный и отрицательный; данные датчики можно объединить).

Index (Индекс)	6098h
Name (Имя)	Homing_method
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER8

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	17, 18, 23, 27, 35
Default Value (Значение по умолчанию)	35

Значение	Направление	Цель	Опорная точка для нуля
17	отрицательный	Концевой выключатель	Концевой выключатель
18	положительный	Концевой выключатель	Концевой выключатель
23	положительный	Датчик начала отсчета	Датчик начала отсчета
27	отрицательный	Датчик начала отсчета	Датчик начала отсчета
35		Нет перемещения	Текущая фактическая позиция

Таблица 6.6 — Методы поиска нулевой точки.

Homing_method можно изменять, только когда перемещение к началу отсчета не активно. Процедуры отдельных методов подробно поясняются в главе 6.2.3.

Объект 6099h: Homing_speeds

Этот объект определяет скорости, используемые во время перемещения к началу отсчета.

Index (Индекс)	6099h
Name (Имя)	Homing_speeds
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	2

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Homing_speeds_Speed_during_search_for_switch
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1000

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Homing_speeds_Speed_during_search_for_zero
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	50

6.2.3 Процессы перемещения к началу отсчета

Различные методы перемещения к началу отсчета показаны на рисунках далее.

Метод 17: Перемещение к началу отсчета по отрицательному конечному выключателю

При использовании данного метода привод сначала перемещается относительно быстро в отрицательном направлении до тех пор, пока не достигнет отрицательного конечного выключателя. Это показано на схеме (рисунок 6.2) нарастающим фронтом. Затем привод медленно возвращается обратно и ищет точную позицию конечного выключателя. Нулевая позиция определяется, исходя из спадающего фронта сигнала отрицательного конечного выключателя.

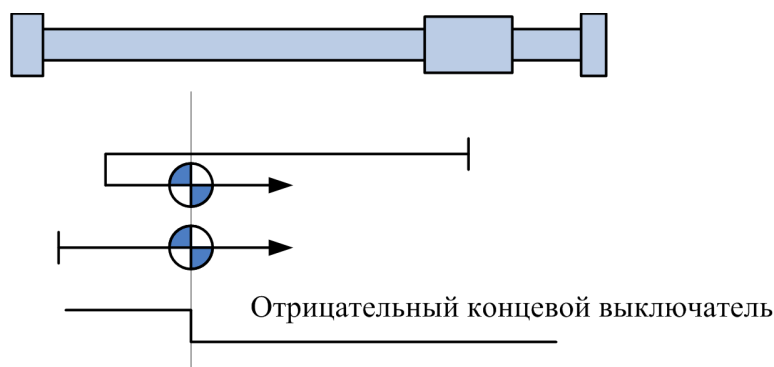


Рисунок 6.2 — Перемещение к началу отсчета по отрицательному конечному выключателю.

Метод 18: Перемещение к началу отсчета по положительному конечному выключателю

При использовании данного метода привод сначала перемещается относительно быстро в положительном направлении до тех пор, пока не достигнет положительного конечного выключателя. Это показано на схеме (рисунок 6.3) нарастающим фронтом. Затем привод медленно возвращается обратно и ищет точную позицию конечного выключателя. Нулевая позиция определяется, исходя из спадающего фронта сигнала положительного конечного выключателя.

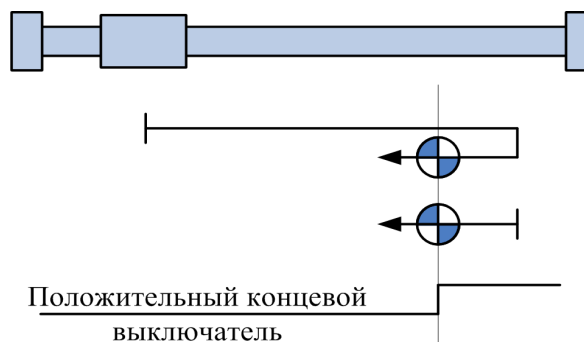


Рисунок 6.3 — Перемещение к началу отсчета по положительному конечному выключателю.

Методы 23 и 27: Перемещение к началу отсчета по датчику начала отсчета

В обоих методах применяется датчик начала отсчета, который активен только на части отрезка пути. Этот метод определения начала отсчета особенно подходит для работы с круговыми осями, где датчик начала отсчета активируется по одному разу на один оборот. При методе 23 привод сначала перемещается в положительном направлении, а при методе 27 – в отрицательном направлении. Нулевая позиция определяется, исходя из фронта сигнала конечного выключателя. Это наглядно показано на рисунках 6.4 и 6.5.

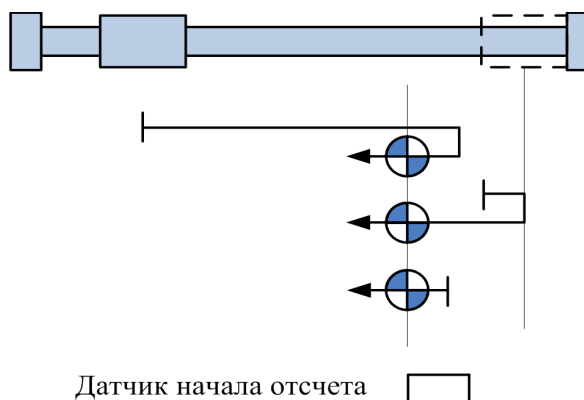


Рисунок 6.4 — Перемещение к началу отсчета по датчику начала отсчета при положительном начальном перемещении.

i

При перемещениях к началу отсчета по датчику начала отсчета конечные выключатели служат, прежде всего, для реверса направления поиска. Если в связи с этим достигается противолежащий конечный выключатель, выдается ошибка.

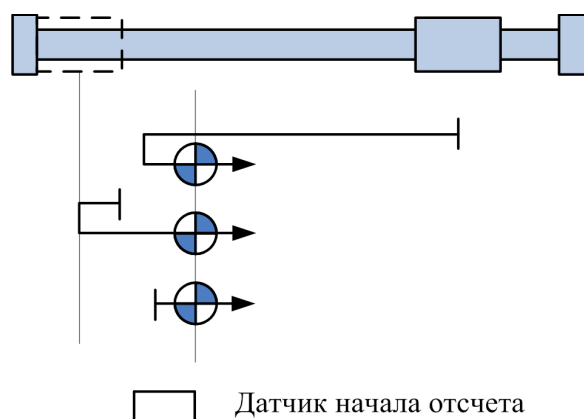


Рисунок 6.5 — Перемещение к началу отсчета по датчику начала отсчета при отрицательном начальном перемещении.

Метод 35: Перемещение к началу отсчета по текущей позиции

При использовании метода 35 нулевая позиция определяется по текущей позиции (рисунок 6.6).

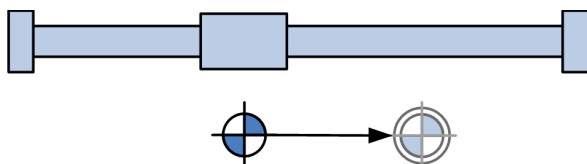


Рисунок 6.6 — Перемещение к началу отсчета по текущей позиции.

6.2.4 Управление перемещением к началу отсчета

Управление и контроль перемещения к началу отсчета осуществляются посредством Sontrolword/Statusword. Запуск происходит путем задания бита 4 в Controlword. Успешное завершение перемещения отображается заданным битом 12 в объекте Statusword. Заданный бит 13 в объекте Statusword указывает на то, что во время перемещения к началу отсчета возникла ошибка.

6.3 Режим позиционирования (Profile Position Mode)

6.3.1 Обзор

Целевая позиция (Target_position) передается генератору кривых перемещения. Все входные величины генератора кривых перемещения пересчитываются с помощью значений *Factor Group* (раздел 4.3) во внутренние единицы измерения.

6.3.2 Описание объектов

Объекты, которые рассматриваются в этой главе приведены в таблице 6.7.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
607Ah	VAR	Target_position	INTEGER32	RW
6081h	VAR	Profile_velocity	UNSIGNED32	RW
6083h	VAR	Profile_acceleration	UNSIGNED32	RW
6084h	VAR	Profile_deceleration	UNSIGNED32	RW
6086h	VAR	Motion_profile_type	INTEGER16	RW

Таблица 6.7 — Описание объектов.

Значимые объекты из других глав представлены в таблице 6.8.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Глава
6040h	VAR	Controlword	UNSIGNED16	5.1.3
6041h	VAR	Statusword	UNSIGNED16	5.1.5
605Ah	VAR	Quick_stop_option_code	INTEGER16	4.8.1
607Eh	VAR	Polarity	UNSIGNED8	4.3.4
6093h	ARRAY	Position_factor	UNSIGNED32	4.3.1
6095h	ARRAY	Velocity_factor	UNSIGNED32	4.3.2
6097h	ARRAY	Acceleration_factor	UNSIGNED32	4.3.3

Таблица 6.8 — Значимые объекты из других глав.

Объект 607Ah: Target_position

Объект Target_position (целевая позиция) определяет, в какую позицию должен переместить нагрузку контроллер мотора. При этом должна учитываться текущая настройка скорости, ускорения, задержки торможения и т.п. Целевая позиция (Target_position) интерпретируется либо как абсолютный, либо как относительный показатель (Controlword, бит 6).

Index (Индекс)	607Ah
Name (Имя)	Target_position
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	position unit
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	0

Объект 6081h: Profile_velocity

Объект Profile_velocity указывает скорость, которая, как правило, достигается во время позиционирования в конце фазы профиля ускорения. Объект Profile_velocity выражается в единицах измерения скорости (speed units).

Index (Индекс)	6081h
Name (Имя)	Profile_velocity
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1000

Объект 6083h: Profile_acceleration

Объект Profile_acceleration содержит ускорение, с которым скорость увеличивается до величины заданной скорости. Оно указывается в определяемых пользователем единицах измерения ускорения (acceleration units).

Index (Индекс)	6083h
Name (Имя)	Profile_acceleration
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	acceleration unit
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1000

Объект 6084h: Profile_deceleration

Объект Profile_deceleration содержит (отрицательное) ускорение, с которым выполняется торможение. Оно указывается в определяемых пользователем единицах измерения ускорения (acceleration units).

Index (Индекс)	6084h
Name (Имя)	Profile_deceleration
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	acceleration unit
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1000

Объект 6086h: Motion_profile_type

Объект motion_profile_type используется для выбора типа профиля позиционирования.

Index (Индекс)	6086h
Name (Имя)	Motion_profile_type
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER16

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0
Default Value (Значение по умолчанию)	0 (только линейный профиль скорости)

6.3.3 Описание функций

Сначала контроллеру двигателя передаются данные позиционирования (целевая позиция, скорость перемещения, конечная скорость и ускорение). Если набор данных позиционирования записан полностью, хост может начать позиционирование, установив для этого бит new_set_point в controlword. После того, как контроллер двигателя распознал новые данные и принял их в свой буфер, он сообщает об этом хосту посредством задания бита set_point_acknowledge в Statusword. Если контроллер двигателя может принять новое задание на перемещение, он сигнализирует об этом путём сброса бита set_point_acknowledge. До этого момента хосту не разрешено запускать новую процедуру позиционирования.

6.4 Режим регулирования частоты вращения (Profile Velocity Mode)**6.4.1 Описание объектов**

Объекты, которые рассматриваются в этой главе приведены в таблице 6.9.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
6069h	VAR	Velocity_sensor_actual_value	INTEGER32	RO
606Ah	VAR	Sensor_selection_code	INTEGER16	RW
606Bh	VAR	Velocity_demand_value	INTEGER32	RO
606Ch	VAR	Velocity_actual_value	INTEGER32	RO
60FFh	VAR	Target_velocity	INTEGER32	RW

Таблица 6.9 — Описание объектов.

Значимые объекты из других глав представлены в таблице 6.10.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Глава
6040h	VAR	Controlword	UNSIGNED16	5.1.3
6041h	VAR	Statusword	UNSIGNED16	5.1.5

Индекс	Объект	Имя	Тип	Глава
607Eh	VAR	Polarity	UNSIGNED8	4.3.4
6083h	VAR	Profile_acceleration	UNSIGNED32	6.3.2
6084h	VAR	Profile_deceleration	UNSIGNED32	6.3.2
6086h	VAR	Motion_profile_type	INTEGER16	6.3.2

Таблица 6.10 — Значимые объекты из других глав.

Объект 6069h: Velocity_sensor_actual_value

С помощью объекта Velocity_sensor_actual_value значение датчика скорости (при его наличии) может считываться во внутренних единицах измерения. Для данного контроллера двигателя невозможно подключение отдельного датчика частоты вращения. Поэтому для определения фактического значения частоты вращения должен использоваться главным образом объект 606Ch.

Index (Индекс)	6069h
Name (Имя)	Velocity_sensor_actual_value
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	Step/Tick (0.28)
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Объект 606Ah: Sensor_selection_code

С помощью этого объекта можно выбрать датчик скорости. В настоящее время отдельный датчик скорости не предусмотрен. Значение установлено неизменно в -1.

Index (Индекс)	606Ah
Name (Имя)	Sensor_selection_code
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER16

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-1
Default Value (Значение по умолчанию)	-1

Объект 606Bh: Velocity_demand_value

Посредством этого объекта можно считывать текущее заданное значение частоты вращения регулятора частоты вращения. На него действует заданное значение генератора профиля скорости или генератора кривых перемещения.

Index (Индекс)	606Bh
Name (Имя)	Velocity_demand_value
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Объект 60FFh: Target_velocity

Объект Target_velocity – это предварительно указанное заданное значение для генератора профиля скорости.

Index (Индекс)	60FFh
Name (Имя)	Target_velocity
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	INTEGER32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	YES
Units (Ед. измерения)	speed units
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	-

7 Ражим драйвера

7.1 Обзор

Конфигурирование и настройка в режиме драйвера осуществляется через программное обеспечение конфигуратора (непосредственно в режиме драйвера) с последующим сохранением настроек в ПЗУ контроллера двигателя, регулирование которых не возможно через внешние органы управления.

В режиме драйвера управление осуществляется при помощи порта ввода вывода (I/O port), контактов STEP, DIR, ENABLE, RESET, FAULT. При этом назначение некоторых из них может быть переопределено.

7.2 Описание объектов

В таблице 7.1 представлены объекты конфигурирования контроллера в режиме драйвера.

Индекс	Объект	Имя	Тип	Атрибут
2032h	VAR	Pulse Mode Current	UNSIGNED8	RO
2033h	VAR	Pulse Mode Microstep	UNSIGNED8	RO
2034h	VAR	Pulse Mode Config	UNSIGNED8	RW
2035h	VAR	Pulse Mode Hold Timeout	UNSIGNED16	RW
2036h	VAR	Pulse Mode Hold Current Factor	REAL32	RW
2038h	VAR	Pulse Mode Overcurrent detection threshold	UNSIGNED16	RW
2039h	ARRAY	Pulse Mode Advanced Config		
2040h	VAR	Pulse Mode Position	INTEGER32	RW

Таблица 7.1 — Описание объектов.

Объект 2032h: Pulse Mode Current

Значение данного объекта — номер табличного значения тока в обмотке двигателя (таблица 7.2).

Значение объекта	Кл. 4	Кл. 5	Кл. 6	Кл. 7	Значение тока, А	Значение объекта	Кл. 4	Кл. 5	Кл. 6	Кл. 7	Значение тока, А
0	OFF	OFF	OFF	OFF	1,2	9	ON	OFF	OFF	ON	3,0
1	ON	OFF	OFF	OFF	1,4	10	OFF	ON	OFF	ON	3,2
2	OFF	ON	OFF	OFF	1,6	11	ON	ON	OFF	ON	3,4
3	ON	ON	OFF	OFF	1,8	12	OFF	OFF	ON	ON	3,6
4	OFF	OFF	ON	OFF	2,0	13	ON	OFF	ON	ON	3,8
5	ON	OFF	ON	OFF	2,2	14	OFF	ON	ON	ON	4,0
6	OFF	ON	ON	OFF	2,4	15	ON	ON	ON	ON	4,2
7	ON	ON	ON	OFF	2,6						
8	OFF	OFF	OFF	ON	2,8						

Таблица 7.2 — Соответствие положений клавиш токам в обмотках двигателя.

Index (Индекс)	2032h
Name (Имя)	Pulse Mode Current
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...15
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Объект 2033h: Pulse Mode Microstep

Значение данного объекта — номер табличного значения дробления шага двигателя (таблица 7.3).

Значение объекта	Кл. 1	Кл. 2	Кл. 3	Дробление
0	OFF	OFF	OFF	1/1
1	ON	OFF	OFF	1/2
2	OFF	ON	OFF	1/4
3	ON	ON	OFF	1/8
4	OFF	OFF	ON	1/16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
7	ON	ON	ON	1/16

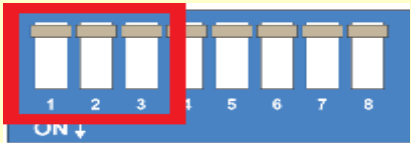


Таблица 7.3 — Соответствие положений клавиш дроблению шага двигателя.

Index (Индекс)	2033h
Name (Имя)	Pulse Mode Microstep
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8

Access (Доступ)	RO
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...7
Default Value (Значение по умолчанию)	-

Объект 2034h: Pulse Mode Config

Структура данного объекта приведена в таблице 7.4.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
				FC	QE	DP	EN

Таблица 7.4 — Структура Pulse Mode Config.

Установленный бит EN инвертирует сигнал ENABLE, который разрешает подачу управляющего напряжения на обмотки двигателя. Таким образом при заданном бите EN на логическом входе ENABLE сигналом разрешения является логический ноль.

Бит DP влияет только на знак отображаемого значения текущей позиции в режиме драйвера (объект 2040h Pulse Mode Position).

Заданный бит QE переводит драйвер в режим работы с квадратурным сигналом (код грея). При этом сигналы A и B подключены ко входам STEP и DIR. Сброшенный бит переводит драйвер в режим работы «шаг/направление».

Заданный бит FC активирует функцию понижения тока в режиме удержания. Переход в режим удержания считается осуществлённым по истечении времени *Pulse Mode Hold Timeout* от последнего импульса на входе STEP. Ток в режима удержания вычисляется как произведение заданного значения и *Pulse Mode Hold Timeout*. При сброшенном бите понижение тока не происходит.

Index (Индекс)	2034h
Name (Имя)	Pulse Mode Config
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED8

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	11h

Объект 2035h: Pulse Mode Hold Timeout

Значение объекта задаёт время перехода в режим удержания. Отсчёт времени начинается с момента совершения шага и сбрасывается при совершении следующего, если шаг не происходит в течении времени *Pulse Mode Hold Timeout*, драйвер переходит в режим удержания с понижением тока согласно *Pulse Mode Hold Current Factor*.

Index (Индекс)	2035h
Name (Имя)	Pulse Mode Hold Timeout
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	UNSIGNED16

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	мс
Value Range (Диапазон значений)	-
Default Value (Значение по умолчанию)	1000

Объект 2036h: Pulse Mode Hold Current Factor

Значение объекта — коэффициент задающий долю от значения установленного тока для режима удержания.

Index (Индекс)	2036h
Name (Имя)	Pulse Mode Hold Current Factor
Object Type (Тип объекта)	VAR
Data Type (Тип данных)	REAL32

Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	-
Value Range (Диапазон значений)	0...1
Default Value (Значение по умолчанию)	0,5

Объект 2038h: Pulse Mode Overcurrent detection threshold

Объект задействован только при работе в режиме драйвера и идентичен объекту 6510h_03h (OCD_TH) по структуре и функционалу (см. гл. 4.7.2).

Объект 2039h: Pulse Mode Advanced Config

В группе объектов Pulse Mode Advanced Config представлены дополнительные настройки контроллера двигателя в режиме драйвера.

Index (Индекс)	2039h
Name (Имя)	Pulse Mode Advanced Config
Object Type (Тип объекта)	ARRAY
Number of entries (Число элементов)	6

Так как описание структурно и функционально идентичных объектов уже приводилось в настоящем документе, то в таблице 7.5 представлены соответствия объектов.

Объект в режиме драйвера		Объект в режиме контроллера		Глава
Index_Sub	Name	Index_Sub	Name	
2039h_01h	GATECFG1	6510h_07h	GATECFG1	4.7.6
2039h_02h	GATECFG2	6510h_08h	GATECFG2	4.7.7
2039h_03h	CONFIG	6510h_1Ch	CM_CONFIG	4.7.27
2039h_04h	T_FAST	6510h_19h	CM_T_FAST	4.7.24
2039h_05h	TON_MIN	6510h_1Ah	CM_TON_MIN	4.7.25
2039h_06h	TOFF_MIN	6510h_1Bh	CM_TOFF_MIN	4.7.26

Таблица 7.5 — Соответствие объектов.

Объект 2040h: Pulse Mode Position

Объект отображает текущую позицию для режима драйвера с сигналами управления STEP/DIR (Sub-Index 01h) и квадратурным сигналом (Sub-Index 02h). Измеряется в шагах и микрошагах (Step/uStep) в зависимости от настроек дробления.

Sub-Index (Субиндекс)	01h
Description (Описание)	Pulse Mode Position STEP/DIR mode
Data Type (Тип данных)	INTEGER32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	uStep (Step)

Sub-Index (Субиндекс)	02h
Description (Описание)	Pulse Mode Position Quadrature mode
Data Type (Тип данных)	INTEGER32
Access (Доступ)	RW
PDO Mapping (Присвоение PDO)	NO
Units (Ед. измерения)	uStep (Step)

**Предупреждение**

Не рекомендуется изменять параметры, установленные по умолчанию либо рассчитанные с помощью программного обеспечения конфигурирования контроллера двигателя, без имеющихся на это причин, таких как, например электромагнитная совместимость установки и др.

Данное предупреждение относится к объектами:

2039h_01h GATECFG1;

2039h_02h GATECFG2;

Настоятельно рекомендуется ознакомиться с приложением В перед изменением объектов:

2039h_03h ... 2039h_06h.

8 Атрибуты доступа

Введены дополнительные ограничения (таблица 8.1) на изменение значений объектов в определённые моменты времени (таблица 8.2).

Атрибут	Описание
WS	Запись возможна, когда двигатель остановлен (обмотки могут находиться под напряжением). Вал зафиксирован либо свободно вращается.
WH	Запись возможна, когда двигатель остановлен и с обмоток снято напряжение (HiZ состояние). Вал свободно вращается.

Таблица 8.1 — Дополнительные атрибуты доступа.

Index	Sub	Имя	Атрибут
6083h		Profile_acceleration	WS
6084h		Profile_deceleration	WS
6510h	05h	STEP_MODE	WH
6510h	06h	ALARM_EN	WS
6510h	07h	GATECFG1	WH
6510h	08h	GATECFG2	WH
6510h	0Eh	VM_INT_SPEED	WH
6510h	0Fh	VM_ST_SLP	WH
6510h	10h	VM_FN_SLP_ACC	WH
6510h	11h	VM_FN_SLP_DEC	WH
6510h	14h	VM_CONFIG	WH
6510h	19h	CM_T_FAST	WH
6510h	1Ah	CM_TON_MIN	WH
6510h	1Bh	CM_TOFF_MIN	WH
6510h	1Ch	CM_CONFIG	WH

Таблица 8.2 — Объекты, к которым применены дополнительные атрибуты.

9 Органы управления

9.1 Разъём ввода вывода

Назначение контактов разъёма ввода/вывода представлена на рисунке 9.1.

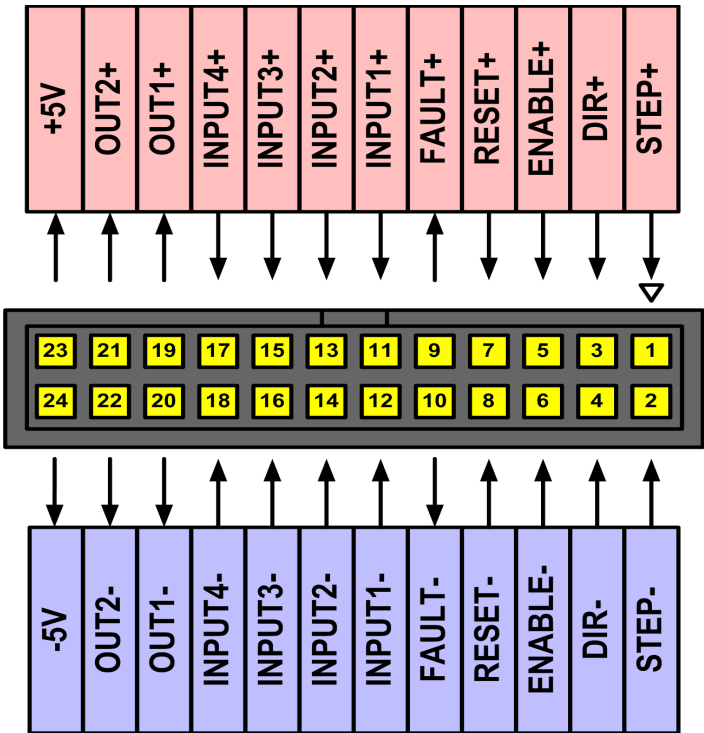


Рисунок 9.1 — Назначение контактов разъёма ввода/вывода

Методика подключения концевых датчиков и датчиков начала отсчёта приведена в таблице 9.1.

Вывод	Датчик
INPUT1	Отрицательный концевой датчик
INPUT2	Отрицательный датчик начала отсчёта
INPUT3	Положительный датчик начала отсчёта
INPUT4	Положительный концевой датчик

Таблица 9.1 — Подключение концевых датчиков.

Внутренняя схемотехника

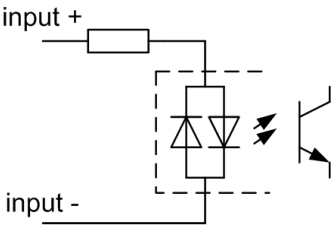


Рисунок 9.2 — Цифровые входы.

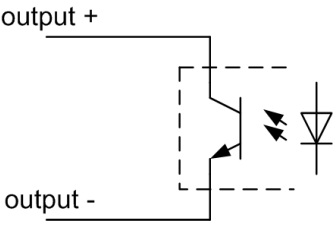


Рисунок 9.3 — Цифровые выходы.

9.2 Светодиодная индикация

На передней панели контроллера двигателя установлены два светодиода: зелёный и красный. Зелёный светодиод информирует о штатной, безошибочной работе контроллера, красный — о том что произошла ошибка или активно предупреждение.

Зелёный светодиод [8], установленный рядом с разъёмом CAN [10], информирует о том, что происходит приём данных по сети CAN, оранжевый [8] — о том, что передача.

9.3 Подключение к источнику питания

Подключение контроллера двигателя к источнику напряжения осуществляется согласно схеме подключения, изображённой на рисунке 9.4.

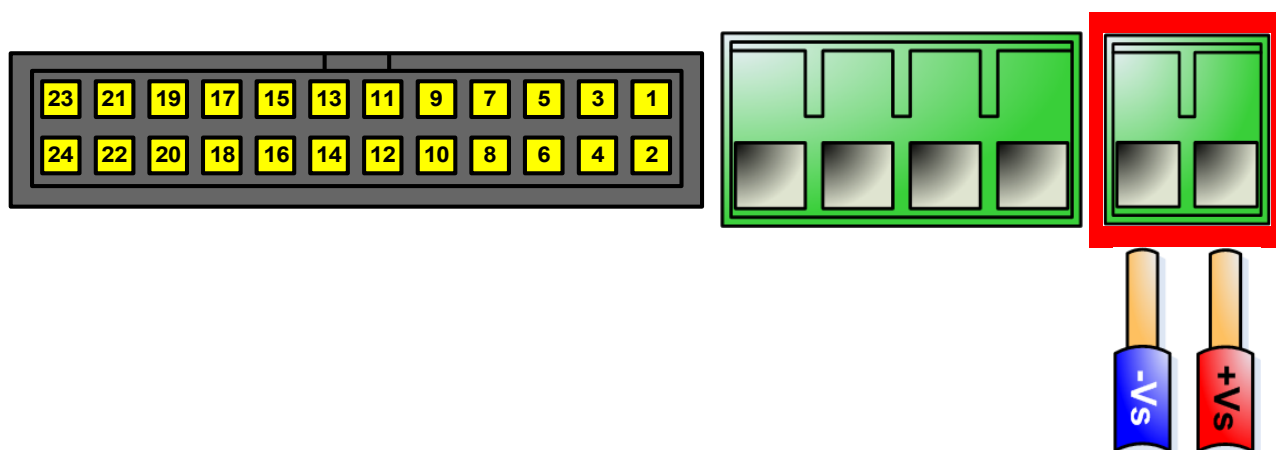


Рисунок 9.4 — Подключение к источнику питания.

9.4 Подключение двигателя

Подключение двигателя к контроллеру осуществляется согласно схеме подключения, изображённой на рисунке 9.5.

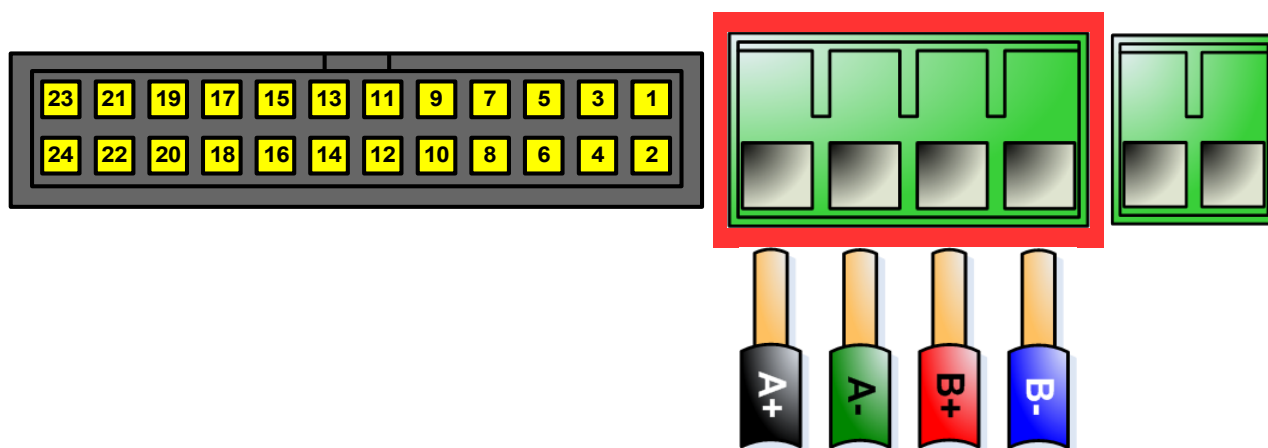


Рисунок 9.5 — Подключение двигателя.

10 Технические характеристики

Технические характеристики контроллера двигателя представлены в таблице 10.1, диаграмма входного сигнала STEP на рисунке 10.1.

№	Параметр	Значение		
		Мин.	Ном.	Макс.
1	Напряжение питания, В	12		48
2	Ток в обмотке двигателя, А	1	4,2	6,5
3	Напряжение на логическом входе, В	-6,3		6,3
4	Ток логического выхода, мА			50
5	Ток выхода +5В, А			1
6	Максимальная частота сигнала STEP, кГц			50
7	Максимальная частота квадратурного сигнала управления, кГц			1
8	Период сигнала STEP (T), мкс	20		
9	Продолжительность высокого уровня ($t_{H(STEP)}$), мкс	5		
10	Продолжительность низкого уровня ($t_{L(STEP)}$), мкс	5		
11	Низкий уровень логического входа ($ V_{IL} $), В			2,2
12	Высокий уровень логического входа ($ V_{IH} $), В	2,6		
13	Коэффициент дробление полного шага	1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128		

Таблица 10.1 — Технические характеристики.

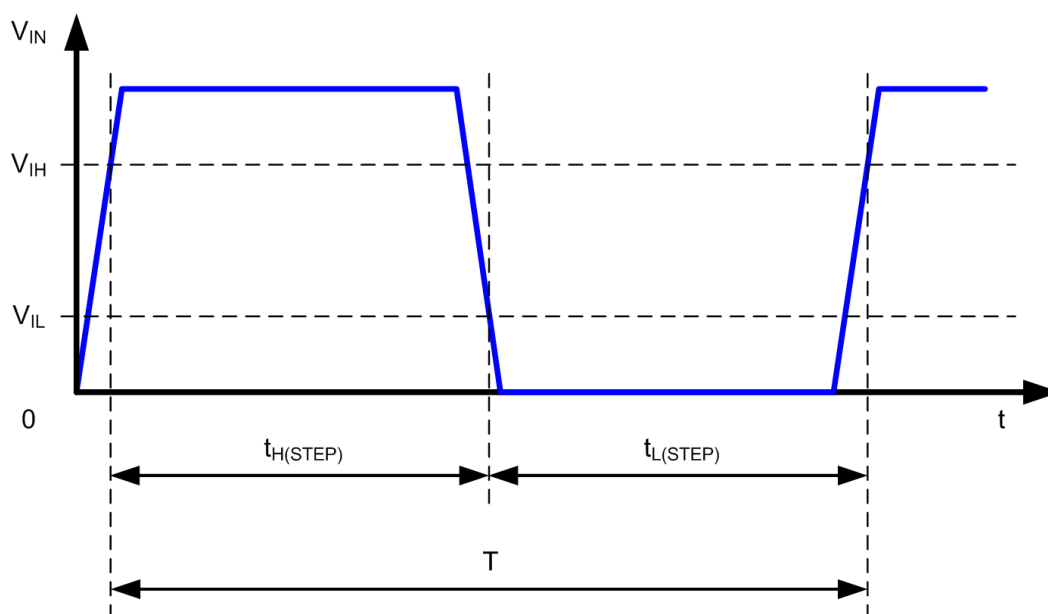


Рисунок 10.1 — Диаграмма входного сигнала.

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1000h	Device Type	VAR	UNSIGNED32		RO	
1001h	Error Register	VAR	UNSIGNED8		RO	
1003h	Predefined Error Field	ARRAY				
1003h	Number of Errors	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1003h	Standard Error Field	VAR	UNSIGNED32	01h	RO	
1003h	Standard Error Field_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RO	
1003h	Standard Error Field_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RO	
1003h	Standard Error Field_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RO	
1003h	Standard Error Field_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RO	
1003h	Standard Error Field_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RO	
1003h	Standard Error Field_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RO	
1003h	Standard Error Field_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RO	
1003h	Standard Error Field_9	VAR	UNSIGNED32	09h	RO	
1003h	Standard Error Field_a	VAR	UNSIGNED32	0Ah	RO	
1003h	Standard Error Field_b	VAR	UNSIGNED32	0Bh	RO	
1003h	Standard Error Field_c	VAR	UNSIGNED32	0Ch	RO	
1003h	Standard Error Field_d	VAR	UNSIGNED32	0Dh	RO	
1003h	Standard Error Field_e	VAR	UNSIGNED32	0Eh	RO	
1003h	Standard Error Field_f	VAR	UNSIGNED32	0Fh	RO	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1003h	Standard Error Field_10	VAR	UNSIGNED32	10h	RO	
1005h	COB ID SYNC	VAR	UNSIGNED32		RW	
1006h	Communication Cycle Period	VAR	UNSIGNED32		RW	
1008h	Manufacturer Device Name	VAR	VISIBLE_STRING		CONST	
1009h	Manufacturer Hardware Version	VAR	VISIBLE_STRING		CONST	
100Ah	Manufacturer Software Version	VAR	VISIBLE_STRING		CONST	
100Ch	Guard Time	VAR	UNSIGNED16		RW	
100Dh	Life Time Factor	VAR	UNSIGNED8		RW	
1010h	Store Parameter Field	ARRAY				
1010h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1010h	Save all Parameters	VAR	UNSIGNED32	01h	WO	
1010h	Save Communication Parameters	VAR	UNSIGNED32	02h	WO	
1010h	Save Motor Parameters	VAR	UNSIGNED32	03h	WO	
1011h	Restore Default Parameters	ARRAY				
1011h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1011h	Restore all Default Parameters	VAR	UNSIGNED32	01h	WO	
1011h	Restore Communication Default Parameters	VAR	UNSIGNED32	02h	WO	
1011h	Restore Motor Default Parameters	VAR	UNSIGNED32	03h	WO	
1014h	COB ID EMCY	VAR	UNSIGNED32		RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1017h	Producer Heartbeat Time	VAR	UNSIGNED16		RW	
1018h	Identity Object	RECORD				
1018h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1018h	Vendor Id	VAR	UNSIGNED32	01h	RO	
1018h	Product Code	VAR	UNSIGNED32	02h	RO	
1018h	Revision number	VAR	UNSIGNED32	03h	RO	
1018h	Serial number	VAR	UNSIGNED64	04h	RO	
1200h	Server SDO Parameter	RECORD				
1200h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1200h	COB ID Client to Server	VAR	UNSIGNED32	01h	RO	
1200h	COB ID Server to Client	VAR	UNSIGNED32	02h	RO	
1400h	Receive PDO Communication Parameter 0	RECORD				
1400h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1400h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1400h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1401h	Receive PDO Communication Parameter 1	RECORD				
1401h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1401h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1401h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1402h	Receive PDO Communication Parameter 2	RECORD				
1402h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1402h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1402h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1403h	Receive PDO Communication Parameter 3	RECORD				
1403h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1403h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1403h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1404h	Receive PDO Communication Parameter 4	RECORD				
1404h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1404h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1404h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1405h	Receive PDO Communication Parameter 5	RECORD				
1405h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1405h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1405h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1406h	Receive PDO Communication Parameter 6	RECORD				
1406h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1406h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1406h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1407h	Receive PDO Communication Parameter 7	RECORD				
1407h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1407h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1407h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1600h	Receive PDO Mapping Parameter 0	RECORD				
1600h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1600h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1601h	Receive PDO Mapping Parameter 1	RECORD				
1601h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1601h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1601h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1602h	Receive PDO Mapping Parameter 2	RECORD				
1602h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1602h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1603h	Receive PDO Mapping Parameter 3	RECORD				
1603h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1603h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1603h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1604h	Receive PDO Mapping Parameter 4	RECORD				
1604h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1604h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1605h	Receive PDO Mapping Parameter 5	RECORD				
1605h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1605h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1605h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1606h	Receive PDO Mapping Parameter 6	RECORD				
1606h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1606h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1607h	Receive PDO Mapping Parameter 7	RECORD				

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1607h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1607h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1800h	Transmit PDO Communication Parameter 0	RECORD				
1800h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1800h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1800h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1800h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1801h	Transmit PDO Communication Parameter 1	RECORD				
1801h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1801h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1801h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1801h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1802h	Transmit PDO Communication Parameter 2	RECORD				
1802h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1802h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1802h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1802h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1803h	Transmit PDO Communication Parameter 3	RECORD				
1803h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1803h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1803h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1803h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1804h	Transmit PDO Communication Parameter 4	RECORD				
1804h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1804h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1804h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1804h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1805h	Transmit PDO Communication Parameter 5	RECORD				
1805h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1805h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1805h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1805h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1806h	Transmit PDO Communication Parameter 6	RECORD				
1806h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1806h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1806h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1806h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1807h	Transmit PDO Communication Parameter 7	RECORD				
1807h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
1807h	COB ID	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1807h	Transmission Type	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
1807h	Inhibit Time	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
1A00h	Transmit PDO Mapping Parameter 0	RECORD				
1A00h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1A00h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A00h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A01h	Transmit PDO Mapping Parameter 1	RECORD				
1A01h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A01h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A02h	Transmit PDO Mapping Parameter 2	RECORD				
1A02h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1A02h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A02h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A03h	Transmit PDO Mapping Parameter 3	RECORD				
1A03h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A03h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A04h	Transmit PDO Mapping Parameter 4	RECORD				
1A04h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1A04h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A04h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A05h	Transmit PDO Mapping Parameter 5	RECORD				
1A05h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A05h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A06h	Transmit PDO Mapping Parameter 6	RECORD				
1A06h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
1A06h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A06h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
1A07h	Transmit PDO Mapping Parameter 7	RECORD				
1A07h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_2	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_3	VAR	UNSIGNED32	03h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_4	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_5	VAR	UNSIGNED32	05h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_6	VAR	UNSIGNED32	06h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_7	VAR	UNSIGNED32	07h	RW	
1A07h	PDO Mapping Entry_8	VAR	UNSIGNED32	08h	RW	
2014h	TPDO1 Transmit mask	ARRAY				
2014h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2014h	TPDO1 Transmit mask low	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
2014h	TPDO1 Transmit mask high	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
2015h	TPDO2 Transmit mask	ARRAY				
2015h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2015h	TPDO2 Transmit mask low	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
2015h	TPDO2 Transmit mask high	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
2016h	TPDO3 Transmit mask	ARRAY				
2016h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2016h	TPDO3 Transmit mask low	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
2016h	TPDO3 Transmit mask high	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
2017h	TPDO4 Transmit mask	ARRAY				
2017h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2017h	TPDO4 Transmit mask low	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	
2017h	TPDO4 Transmit mask high	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	
2024h	Fault Event	ARRAY				
2024h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2024h	Fault Event Node Guard out of timeout	VAR	UNSIGNED8	01h	RW	
2024h	Fault Event Temperature out of limit	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
2024h	Fault Event Pulse Mode Error Write Config	VAR	UNSIGNED8	03h	RW	
2024h	Fault Event Pulse Mode Termal warning	VAR	UNSIGNED8	04h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Error Write Config	VAR	UNSIGNED8	05h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
2024h	Fault Event Controller Mode Termal warning	VAR	UNSIGNED8	06h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Termal shutdown	VAR	UNSIGNED8	07h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Stall detection	VAR	UNSIGNED8	08h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode UVLO	VAR	UNSIGNED8	09h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode ADC UVLO	VAR	UNSIGNED8	0Ah	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode CMD error	VAR	UNSIGNED8	0Bh	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Overcurrent	VAR	UNSIGNED8	0Ch	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode 0 Divisor	VAR	UNSIGNED8	0Dh	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode CANopen Frame lost	VAR	UNSIGNED8	0Eh	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Out 5V over current	VAR	UNSIGNED8	0Fh	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Curve Generator error	VAR	UNSIGNED8	10h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Limit Switch error	VAR	UNSIGNED8	11h	RW	
2024h	Fault Event Controller Mode Home Method 35	VAR	UNSIGNED8	12h	RW	
2029h	Temperature sensor	ARRAY				
2029h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2029h	Temperature sensor value	VAR	REAL32	01h	RO	V
2029h	Temperature sensor period	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
2029h	Temperature sensor threshold	VAR	REAL32	03h	RW	
2032h	Pulse Mode Current	VAR	UNSIGNED8		RO	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
2033h	Pulse Mode Microstep	VAR	UNSIGNED8		RO	
2034h	Pulse Mode Config	VAR	UNSIGNED8		RW	
2035h	Pulse Mode Hold Timeout	VAR	UNSIGNED16		RW	
2036h	Pulse Mode Hold Current Factor	VAR	REAL32		RW	
2038h	Pulse Mode Overcurrent detection threshold	VAR	UNSIGNED16		RW	
2039h	Pulse Mode Advanced Config	ARRAY				
2039h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2039h	GATECFG1	VAR	UNSIGNED16	01h	RW	
2039h	GATECFG2	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	
2039h	CONFIG	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
2039h	T_FAST	VAR	UNSIGNED8	04h	RW	
2039h	TON_MIN	VAR	UNSIGNED8	05h	RW	
2039h	TOFF_MIN	VAR	UNSIGNED8	06h	RW	
2040h	Pulse Mode Position	ARRAY				
2040h	Number of entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2040h	Pulse Mode Position STEP/DIR mode	VAR	INTEGER32	01h	RW	
2040h	Pulse Mode Position Quadrature mode	VAR	INTEGER32	02h	RW	
2041h	Main_velocity_factor	ARRAY				
2041h	NrOfObjects	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
2041h	Main_velocity_factor_numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
2041h	Main_velocity_factor_divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
2042h	Main_acceleration_factor	ARRAY				
2042h	NrOfObjects	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2042h	Main_acceleration_factor_numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
2042h	Main_acceleration_factor_divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
2043h	FS_SPD_factor	ARRAY				
2043h	NrOfObjects	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2043h	FS_SPD_factor_numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
2043h	FS_SPD_factor_divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
2044h	MAX_SPEED_factor	ARRAY				
2044h	NrOfObjects	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
2044h	MAX_SPEED_factor_numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
2044h	MAX_SPEED_factor_divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
2045h	CAN Baudrate	VAR	UNSIGNED8		RW	
6040h	Controlword	VAR	UNSIGNED16		RW	V
6041h	Statusword	VAR	UNSIGNED16		RO	V
605Ah	Quick_stop_option_code	VAR	INTEGER16		RW	V
6060h	Modes_of_operation	VAR	INTEGER8		RW	V

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
6061h	Modes_of_operation_display	VAR	INTEGER8		RO	V
6063h	Position_actual_value_s	VAR	INTEGER32		RO	V
6064h	Position_actual_value	VAR	INTEGER32		RO	V
6069h	Velocity_sensor_actual_value	VAR	INTEGER32		RO	V
606Ah	Sensor_selection_code	VAR	INTEGER16		RW	V
606Bh	Velocity_demand_value	VAR	INTEGER32		RO	V
606Ch	Velocity_actual_value	VAR	INTEGER32		RO	V
607Ah	Target_position	VAR	INTEGER32		RW	V
607Ch	Home_offset	VAR	INTEGER32		RW	V
607Eh	Polarity	VAR	UNSIGNED8		RW	V
6081h	Profile_velocity	VAR	UNSIGNED32		RW	V
6083h	Profile_acceleration	VAR	UNSIGNED32		RW	V
6084h	Profile_deceleration	VAR	UNSIGNED32		RW	V
6086h	Motion_profile_type	VAR	INTEGER16		RW	V
6093h	Position_factor	ARRAY				
6093h	Position_factor_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
6093h	Position_factor_Numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
6093h	Position_factor_Divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
6095h	Velocity_factor	ARRAY				

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
6095h	Velocity_factor_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
6095h	Velocity_factor_Numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
6095h	Velocity_factor_Divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
6097h	Acceleration_factor	ARRAY				
6097h	Acceleration_factor_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
6097h	Acceleration_factor_Numerator	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
6097h	Acceleration_factor_Divisor	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
6098h	Homing_method	VAR	INTEGER8		RW	
6099h	Homing_speeds	ARRAY				
6099h	Homing_speeds_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
6099h	Homing_speeds_Speed_during_search_for_switch	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
6099h	Homing_speeds_Speed_during_search_for_zero	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
60FDh	Digital_inputs	VAR	UNSIGNED32		RW	V
60FEh	Digital_outputs	ARRAY				
60FEh	Digital_outputs_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
60FEh	Digital_outputs_Physical_outputs	VAR	UNSIGNED32	01h	RW	V
60FEh	Digital_outputs_Bitmask	VAR	UNSIGNED32	02h	RW	V
60FFh	Target_velocity	VAR	INTEGER32		RW	V
6504h	Drive_manufacturer	VAR	VISIBLE_STRING		RO	

Приложение А *Объектный словарь*

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
6505h	http_drive_catalog_address	VAR	VISIBLE_STRING		RO	
6510h	Drive_data	RECORD				
6510h	Drive_data_number_of_entries	VAR	UNSIGNED8	00h	RO	
6510h	Compatibility_control	VAR	UNSIGNED16	01h	RW	
6510h	ADC_OUT	VAR	UNSIGNED8	02h	RW	V
6510h	OCD_TH	VAR	UNSIGNED16	03h	RW	
6510h	FS_SPD	VAR	UNSIGNED32	04h	RW	
6510h	STEP_MODE	VAR	UNSIGNED8	05h	RW	
6510h	ALARM_EN	VAR	UNSIGNED8	06h	RW	
6510h	GATECFG1	VAR	UNSIGNED16	07h	RW	
6510h	GATECFG2	VAR	UNSIGNED8	08h	RW	
6510h	STATUS	VAR	UNSIGNED16	09h	RO	V
6510h	VM_KVAL_HOLD	VAR	UNSIGNED8	0Ah	RW	
6510h	VM_KVAL_RUN	VAR	UNSIGNED8	0Bh	RW	
6510h	VM_KVAL_ACC	VAR	UNSIGNED8	0Ch	RW	
6510h	VM_KVAL_DEC	VAR	UNSIGNED8	0Dh	RW	
6510h	VM_INT_SPEED	VAR	UNSIGNED16	0Eh	RW	
6510h	VM_ST_SLP	VAR	UNSIGNED8	0Fh	RW	
6510h	VM_FN_SLP_ACC	VAR	UNSIGNED8	10h	RW	

Object	Object name	Object code	Type	Sub-Index	Attr.	PDO
6510h	VM_FN_SLP_DEC	VAR	UNSIGNED8	11h	RW	
6510h	VM_K_TERM	VAR	UNSIGNED8	12h	RW	
6510h	VM_STALL_TH	VAR	UNSIGNED16	13h	RW	
6510h	VM_CONFIG	VAR	UNSIGNED16	14h	RW	
6510h	CM_TVAL_HOLD	VAR	UNSIGNED16	15h	RW	
6510h	CM_TVAL_RUN	VAR	UNSIGNED16	16h	RW	
6510h	CM_TVAL_ACC	VAR	UNSIGNED16	17h	RW	
6510h	CM_TVAL_DEC	VAR	UNSIGNED16	18h	RW	
6510h	CM_T_FAST	VAR	UNSIGNED8	19h	RW	
6510h	CM_TON_MIN	VAR	UNSIGNED8	1Ah	RW	
6510h	CM_TOFF_MIN	VAR	UNSIGNED8	1Bh	RW	
6510h	CM_CONFIG	VAR	UNSIGNED16	1Ch	RW	

В данном приложении представлено руководство пользователя по работе с программным обеспечением конфигуратора CANopen Builder Limited v1.0 (далее конфигуратор) контроллера двигателя SMSD-4.2CAN.

Системные требования

Аппаратное обеспечение: минимальное для установки Windows 7; 65Мб свободного дискового пространства.

Программная среда: Windows 7 x86, Windows 7 x64, Windows 8 x86, Windows 8 x64, Windows 8.1 x86, Windows 8.1 x64.

Установка программного продукта

Подключите контроллер двигателя к источнику питания, согласно техническим указаниям и требованиям, и к USB-порту компьютера.

1) Запустите приложение установки программного обеспечения (исполнительный файл с расширением *exe*) на компьютере, котором желаете установить конфигуратор. Приложению требуются права администратора.

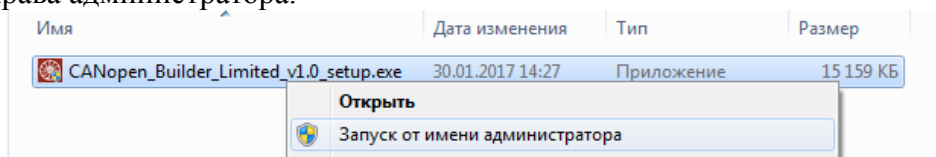


Рисунок Б.1 — Запуск с правами администратора.

2) После запуска приложения вам будет предложено выбрать язык мастера установки (см. рис. Б.2).

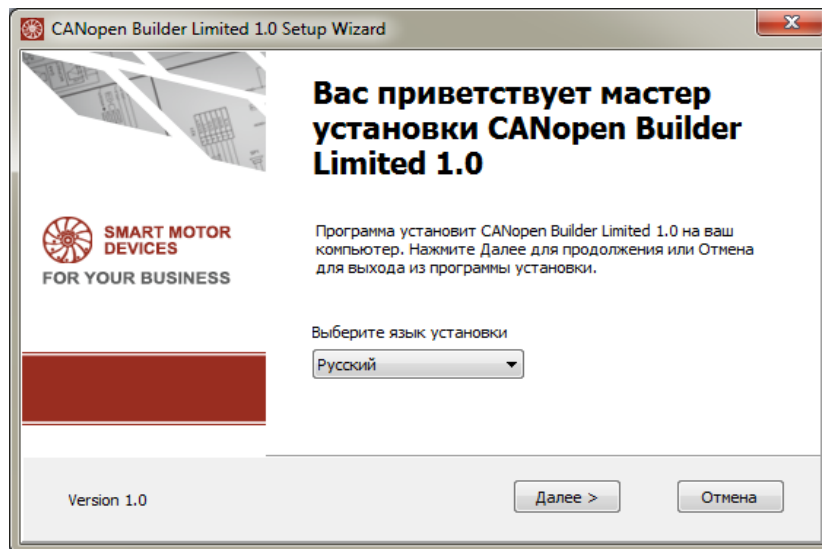


Рисунок Б.2 — Выбор языка.

3) На следующей странице предлагается ознакомиться с лицензионным соглашением, рисунок Б.3, после принятия (в случае согласия) будет доступен переход к следующему этапу.

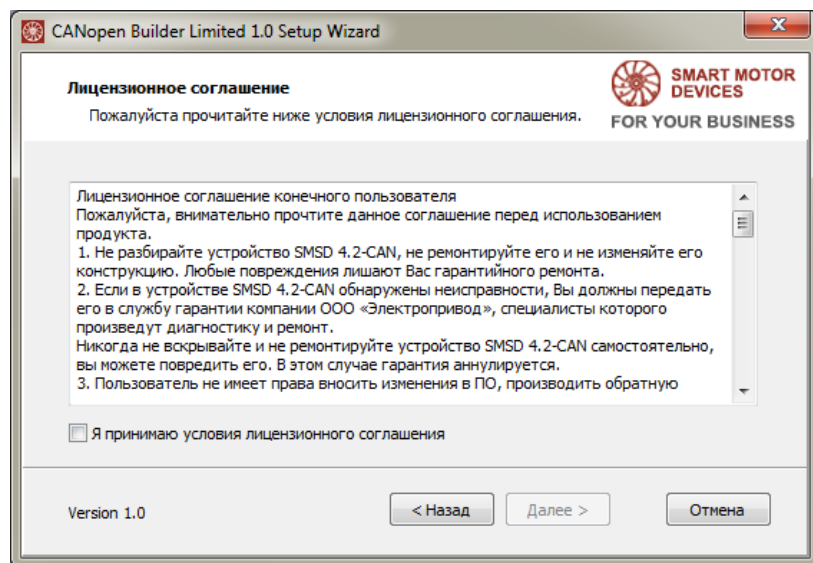


Рисунок Б.3 — Лицензионное соглашение.

4) Далее будут доступны параметры установки программы: путь и ярлыки (см. рис. Б.4).

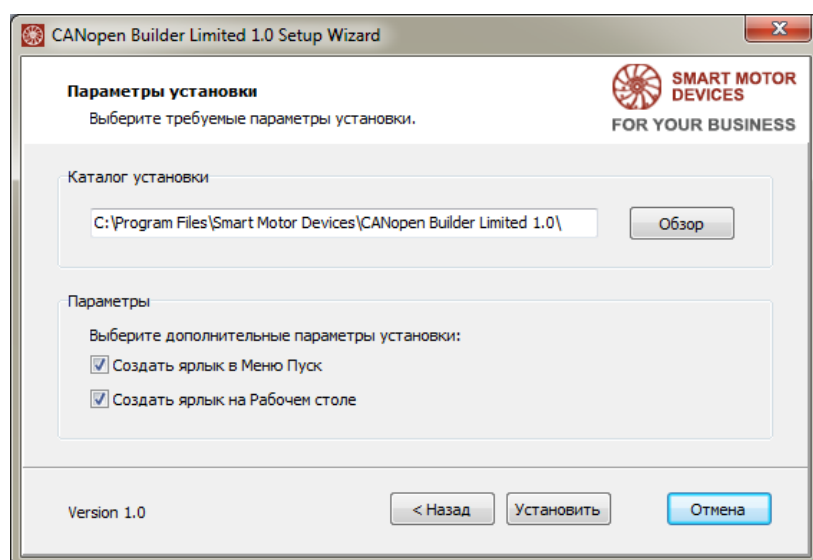


Рисунок Б.4 — Параметры установки.

5) После нажатия кнопки «Установить» будет произведена установка конфигуратора согласно выбранным параметрам. Ход установки и её лог можно увидеть на следующей странице мастера установки (см рис. Б.5).

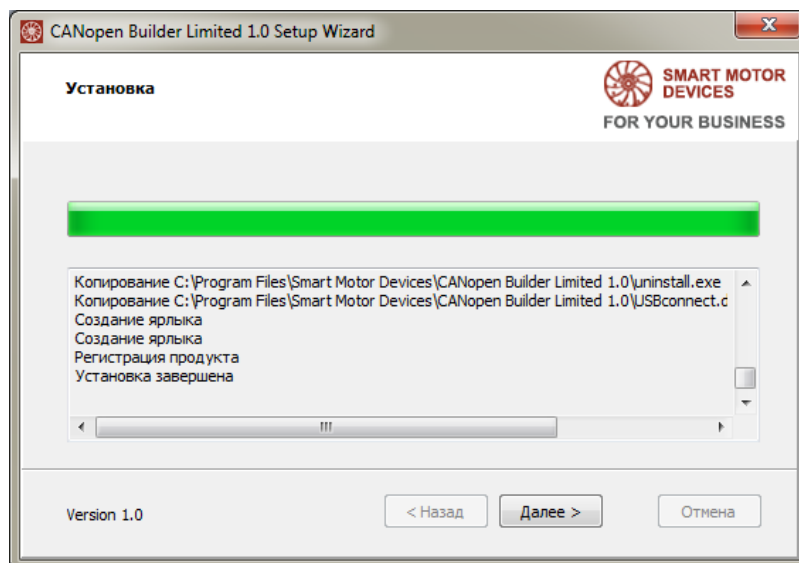


Рисунок Б.5 — Установка.

6) По окончании установки станет доступна кнопка «Далее». При переходе к следующему этапу будет предложена установка драйвера для работы с контроллером. Установка драйвера требуется, если он ранее не был установлен или удалён (см. рис. Б.6).

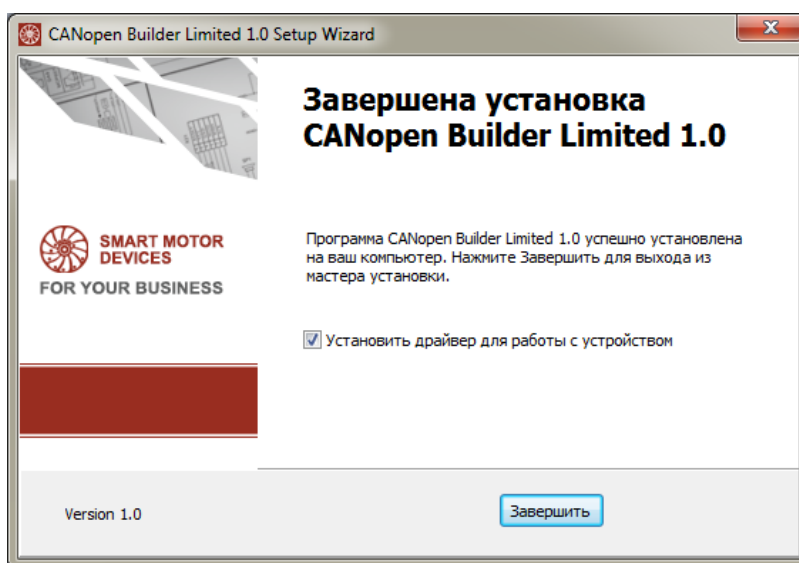


Рисунок Б.6 — Завершение установки.

7) После завершения установки конфигуратора и выбранного пункта установки драйвера в проводнике будет открыта директория драйверов. Необходимо выбрать драйвер удовлетворяющий системным требованиям (для 32-разрядных систем нужно запустить **от имени администратора** мастер установки *dpinst_x86.exe* из соответствующего операционной системе каталога, для 64-разрядных систем — *dpinst_amd64.exe*) и запустить мастер установки драйверов устройств (см. рис. Б.7). Если в процессе установки (см. рис. Б.8) появится окно «Безопасность Windows» с сообщением о невозможности проверки издателя — требуется выбрать пункт «Всё равно установить этот драйвер», в противном случае конфигурирование контроллера двигателя будет невозможно (см. рис. Б.9). Об успешном завершении установки драйвера будет свидетельствовать окно мастера с сообщением «Готов к эксплуатации» (см. рис. 10).

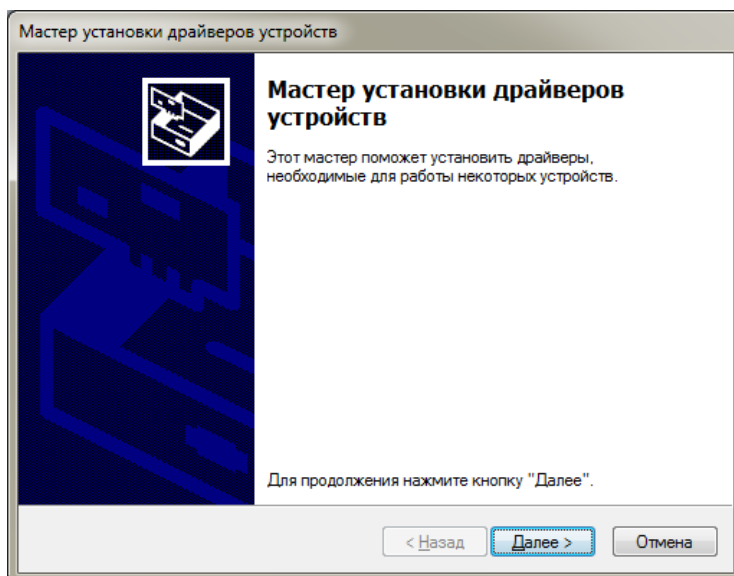


Рисунок Б.7 — Установка драйвера.

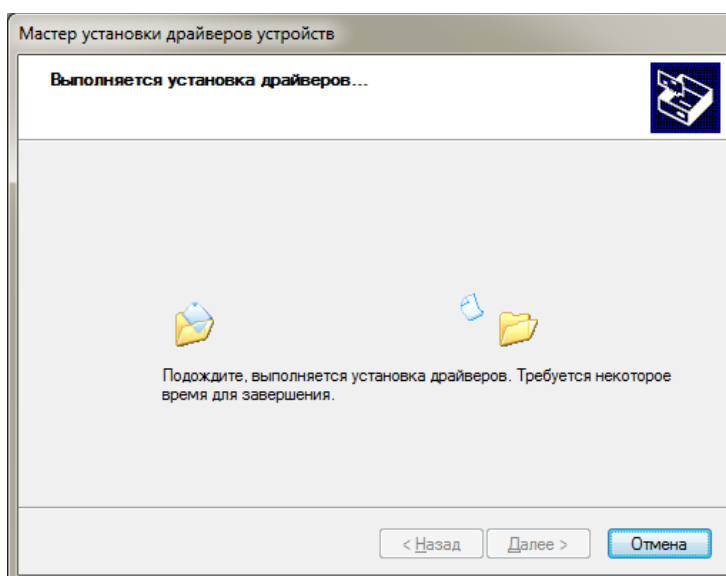


Рисунок Б.8 — Ход установки.

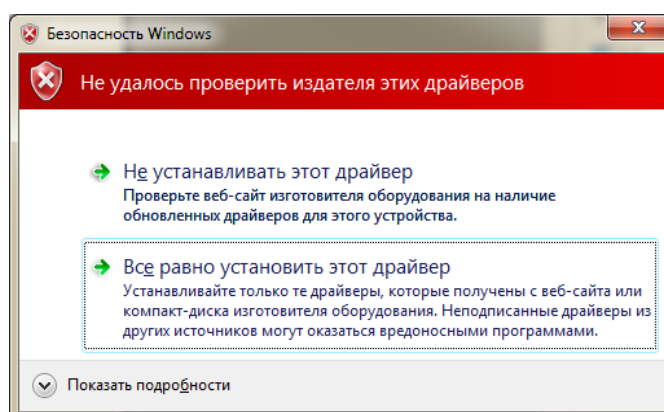


Рисунок Б.9 — Безопасность Windows.

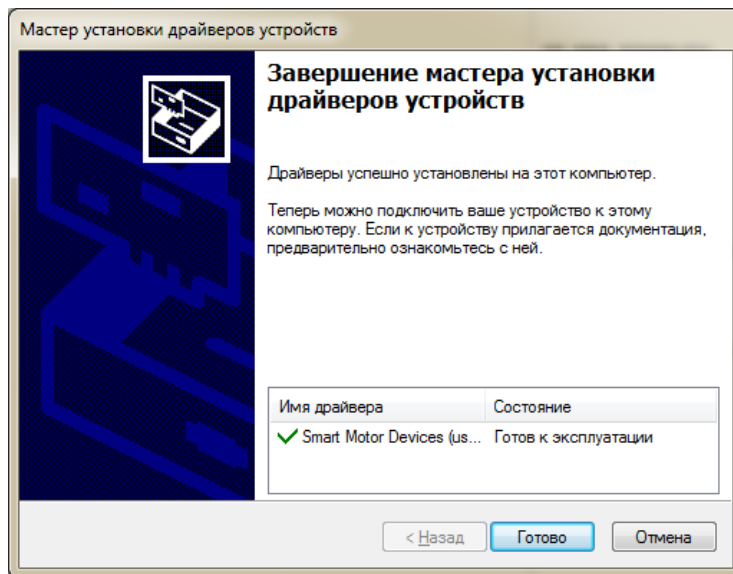


Рисунок Б.10 — Завершение установки драйвера.

Работа с программой CANopen Builder

Для функционирования программы требуются права администратора. При первом запуске выберите язык интерфейса программы конфигурирования. По умолчанию установлен английский язык. Выбор производится через **Меню->Language**, как показано на рисунке Б.11.

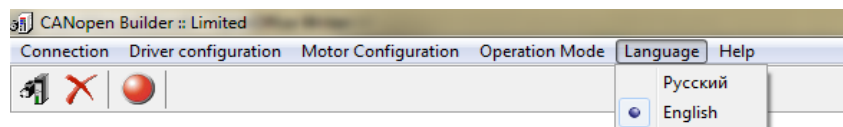


Рисунок Б.11 — Выбор языка интерфейса.

Выберите **Меню->Подключение->Список устройств** (так же доступна кнопка быстрого доступа). Откроется окно со списком совместимых устройств, как показано на рисунке Б.12.

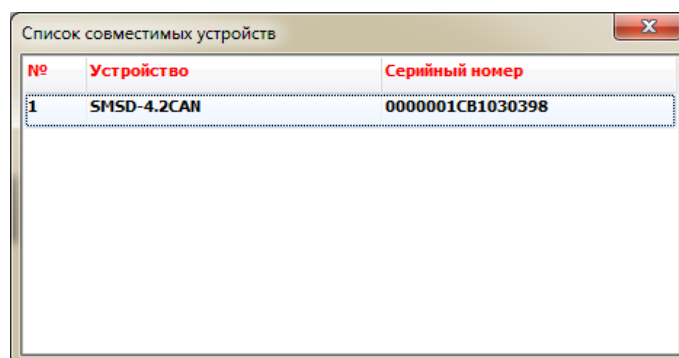


Рисунок Б.12 — Список совместимых устройств.

Подключение осуществляется двойным левым кликом мыши по устройству в списке. При удачном выполнении операции индикатор изменяет цвет на мерцающий сине-зелёный . При однократном левом клике мышью по нему, будут показаны подробности соединения.

Так же подключенное устройство отображается в строке состояния (см. рис. Б.13).

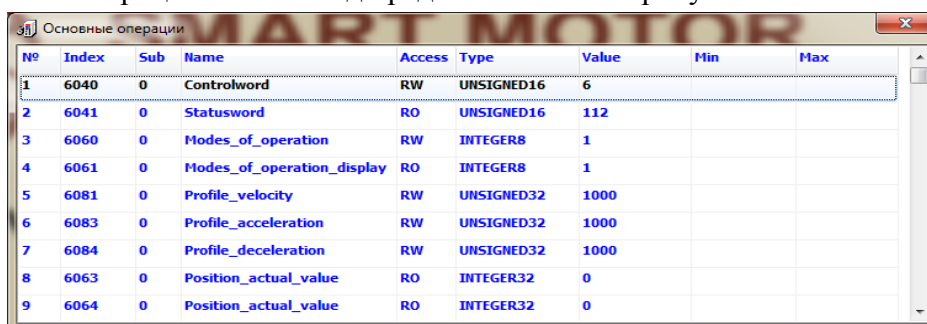
Comm status: SMSD-4.2CAN online, S/N: 0000001CB1030398

Рисунок Б.13 — Строка состояния.

Отключение осуществляется через двойной левый клик мыши по устройству из окна списка совместимых устройств, либо через **Меню->Подключение->Отключить**, либо через кнопку быстрого доступа .

Все объекты объектного словаря структурированы по пунктам главного меню: конфигурация драйвера, конфигурация двигателя, режим работы. Окна подразделов являются однотипными, отличаются только набором отображаемых объектов, поэтому далее будет рассмотрен функционал только одного окна.

Окно «Основные операции» имеет вид представленный на рисунке Б.14.



№	Index	Sub	Name	Access	Type	Value	Min	Max
1	6040	0	Controlword	RW	UNSIGNED16	6		
2	6041	0	Statusword	RO	UNSIGNED16	112		
3	6060	0	Modes_of_operation	RW	INTEGER8	1		
4	6061	0	Modes_of_operation_display	RO	INTEGER8	1		
5	6081	0	Profile_velocity	RW	UNSIGNED32	1000		
6	6083	0	Profile_acceleration	RW	UNSIGNED32	1000		
7	6084	0	Profile_deceleration	RW	UNSIGNED32	1000		
8	6063	0	Position_actual_value	RO	INTEGER32	0		
9	6064	0	Position_target_value	RO	INTEGER32	0		

Рисунок Б.14 — Окно «Основные операции».

Для подобных окон можно изменить систему исчисления для отображения значений объекта, добавить/удалить тот или иной объект из списка и изменить таймаут обновления значений, путём вызова контекстного меню (один правый клик мышью) (см. рис. Б.15).

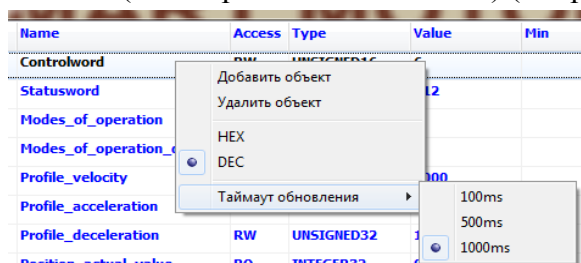


Рисунок Б.15 — Контекстное меню.

Вызов окна редактирования значения объекта производится при помощи двойного левого клика мыши. Окно редактирования представлено на рисунке Б.16.

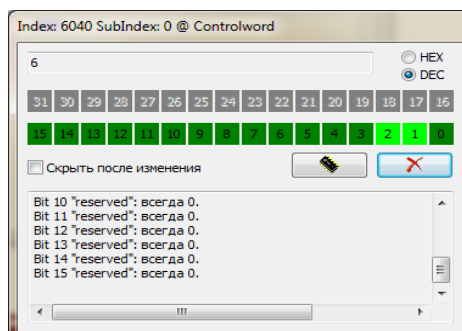


Рисунок Б.16 — Окно редактирования значения объекта.

Ввод значения можно осуществлять в десятичной или шестнадцатеричной системе исчисления, предварительно отметив необходимую, так же можно задавать/сбрасывать требуемые биты. Если к объекту имеются подсказки, то они отображаются в нижней части окна. Окно объекта недоступного для редактирования представлено на рисунке Б.17.

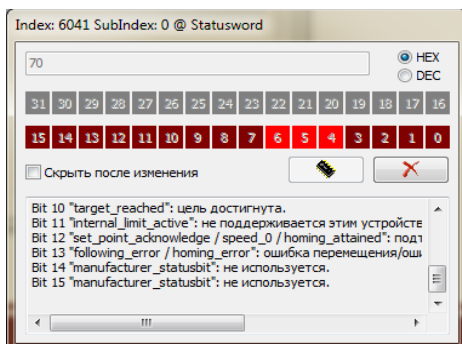


Рисунок Б.17 — Окно редактирования значения объекта.

При выборе пункта контекстного меню «Добавить объект» будет открыто окно «Объектный словарь» (см. рис. Б.18), где будет предложено выбрать объект словаря для добавления в список отображения (объект будет добавлен в конец списка; изменения списка объекта не сохраняются и удаляются при переподключении). Добавление осуществляется двойным левым кликом мыши по желаемому объекту.

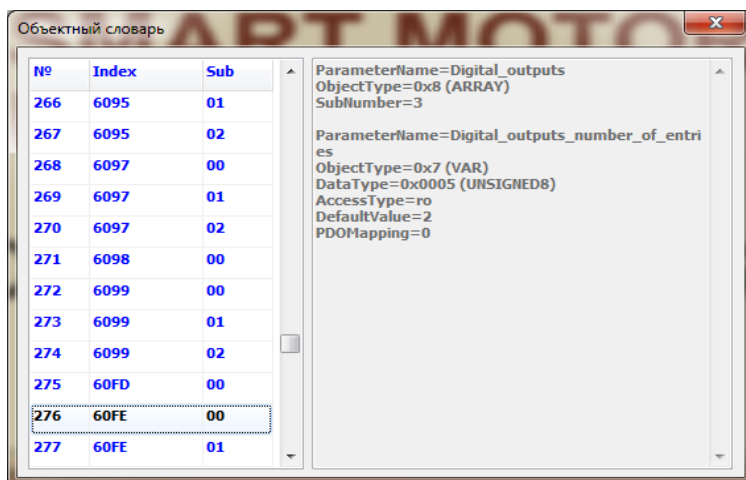


Рисунок Б.18 — Окно объектного словаря.

1

EDS-файл устройства находится в директории установленной программы в каталоге EDS. Данный файл потребуется для конфигурирования ПЛК.

Для удобства использования окно сохранения параметров и восстановления значений по умолчанию имеет интерфейс отличный от выше указанных окон параметризации контроллера двигателя (см. рис. Б.19). **Меню->Конфигурация драйвера ->Инициализация/Сохранения.**

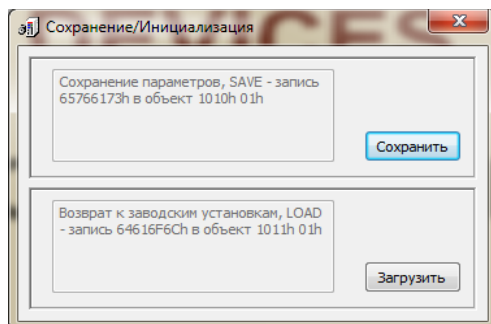


Рисунок Б.19 — Окно сохранения и инициализации.

Следует отметить, что при использовании данного метода будут сохранены или восстановлены как параметры сети, так и параметры драйвера.

BEMF Compensation

В составе конфигуратора имеется подпрограмма расчёта значений параметров контроллера двигателя для работы в режиме управления напряжением — BEMF Compensation.

Запускается через **Меню->Конфигурация двигателя->BEMF Compensation**.

После запуска программы требуется ввести параметры привода и параметры двигателя (можно использовать предустановки для двигателей, для этого выберите используемый двигатель из выпадающего списка, как показано на рисунке Б.20).

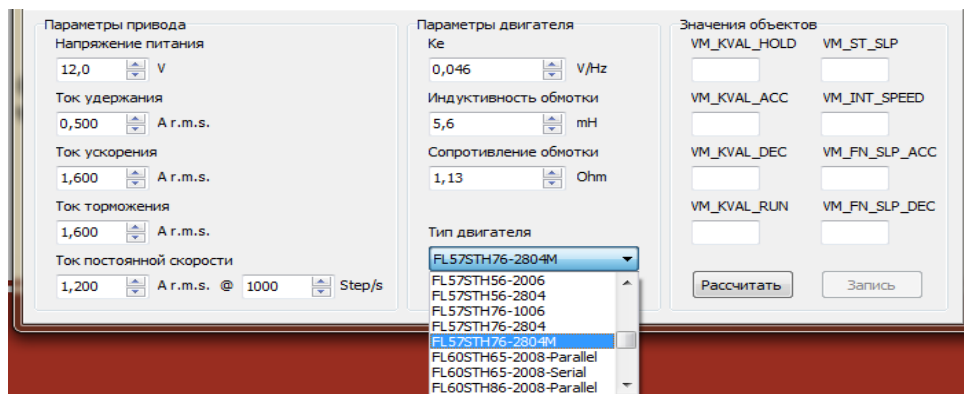


Рисунок Б.20 — BEMF Compensation.

При нажатии на кнопку «Рассчитать» будет произведён расчёт значения объектов и построены необходимые графики, иллюстрирующие зоны потерь крутящего момента (если такие имеют место быть, см. рис. Б.21).

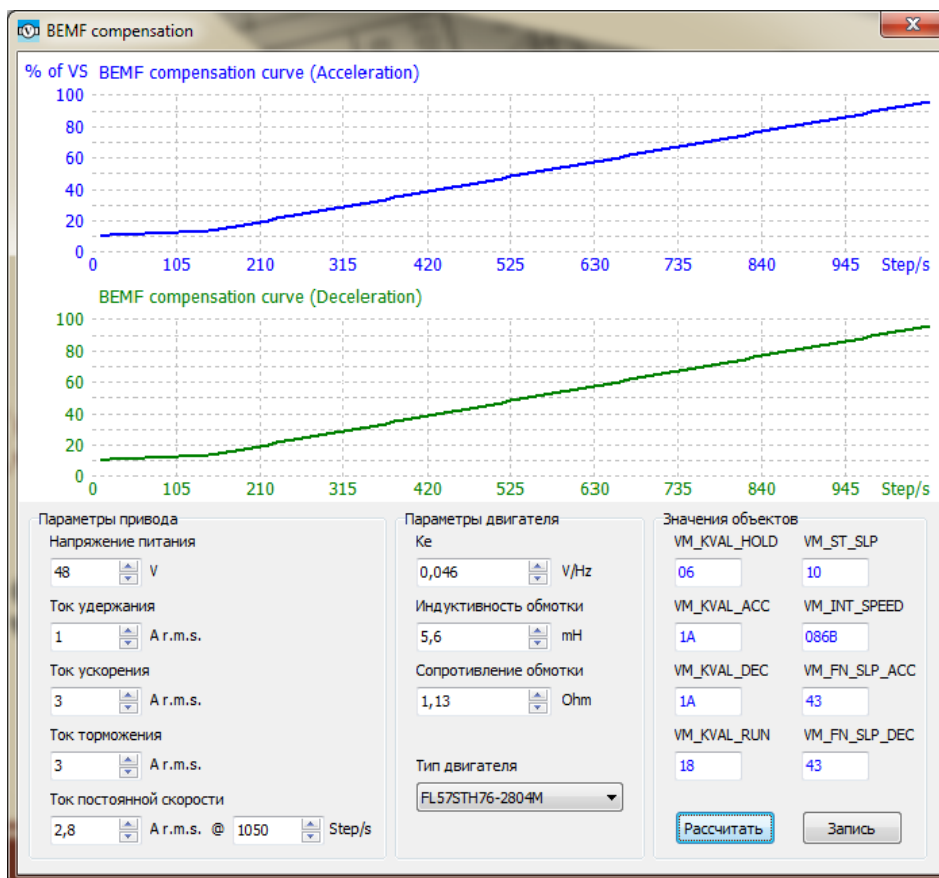


Рисунок Б.21 — BEMF Compensation.

Полученные значения можно записать в контроллер двигателя путём нажатия кнопки «Запись».

Для удобства расчёта коэффициентов Factor Group, в составе конфигуратора имеется подпрограмма поиска наименьшего общего делителя по алгоритму Евклида (см. рис. Б.22). Запускается через **Меню->Помощь->Наименьший общий делитель**.

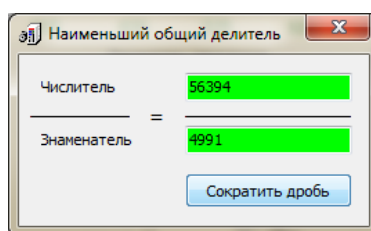


Рисунок Б.22 — Поиск наименьшего общего делителя.

Приложение В Пример выполнения расчётов для Voltage и Current mode

В данном приложении кратко представлены расчёты значений объектов словаря контроллера двигателя для режимов управления напряжением и током (voltage и current mode).

Режим управления напряжением (Voltage mode)

Ниже приведены основные формулы расчётов, которые используются подпрограммой BEMF Compensation (см. рис В.1).

$$|V_{ph}| = \begin{cases} R \cdot |I_{ph}| + K_e \cdot f, & (1) \\ 2 \pi f \cdot L \cdot |I_{ph}| + K_e \cdot f & (2) \end{cases}$$

$$f = \frac{R}{2 \pi L} \quad (3)$$

где R – сопротивление обмотки двигателя [Ом], $I_{фазы}$ — амплитудное значение, которое требуется задать в обмотке [А], f – скорость вращения при пересечении графиков [4Step/s], K_e — константа двигателя [В/Гц], L – индуктивность обмотки [Гн].

Коэффициент K_e вычисляется опытным путём или берётся из справочника и является отношением пиковой амплитуды к частоте переменного напряжения, возникающего при раскручивании ротора шагового двигателя с постоянной скоростью при помощи другого двигателя либо вручную.

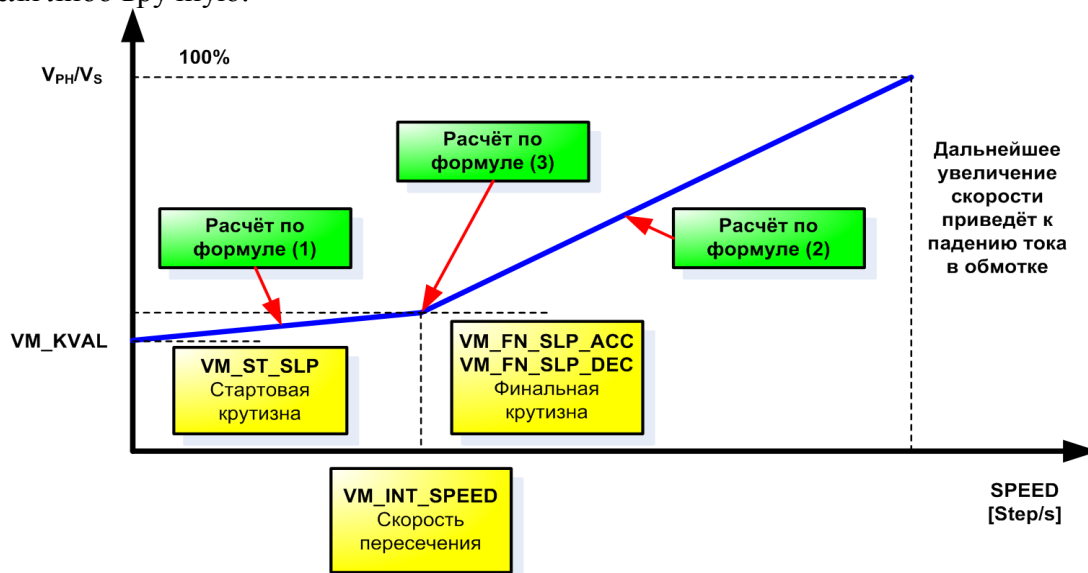


Рисунок В.1 — Кривая BEMF компенсации.

Далее расчёт значений объектов для работы в режиме управления напряжением будет представлен на примере.

Исходные данные:

$V_S = 50 \text{ В}$
 $I_{HOLD} = 2 \text{ А}$
 $I_{RUN} = 5 \text{ А}$
 $I_{ACC} = I_{DEC} = 5 \text{ А}$
 $K_e = 0,024 \text{ В/Гц}$
 $L = 3,2 \text{ мГн}$
 $R = 1,65 \text{ Ом}$

Требуется вычислить:

VM_KVAL_HOLD
VM_KVAL_RUN
VM_KVAL_ACC
VM_KVAL_DEC
VM_INT_SPEED
VM_ST_SLP
VM_FN_SLP_ACC
VM_FN_SLP_DEC

Решение:

$$VM_KVAL_HOLD = \left(\frac{R \cdot |I_{ph}|}{V_s} \right) \cdot 2^8 = (1,65 \cdot 2/50) \cdot 2^8 \approx 17 = 11h ;$$

$$VM_KVAL_RUN = VM_KVAL_ACC = VM_KVAL_DEC = \left(\frac{R \cdot |I_{ph}|}{V_s} \right) \cdot 2^8 = (1,65 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}/50) \cdot 2^8 \approx 60 = 3Ch ;$$

$$VM_INT_SPEED = \left(4 \cdot \frac{R}{2 \pi L} \right) \cdot Tick \cdot 2^{26} = ((4 \cdot 1,65)/(2 \pi \cdot 3,2 \cdot 10^{-3})) \cdot 250 \cdot 10^{-9} \cdot 2^{26} \approx 5507 = 1583h ;$$

$$VM_ST_SLP = \frac{K_e/4}{V_s} \cdot 2^{16} = \frac{(0,024/4)}{50} \cdot 2^{16} \approx 8 = 8h ;$$

$$VM_FN_SLP_ACC = VM_FN_SLP_DEC = \left(\left(\frac{2 \pi \cdot L \cdot |I_{PH}| + K_e}{4} \right) / V_s \right) \cdot 2^{16} =$$

$$= \left(\left(\frac{2 \pi \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot \sqrt{2} + 0,024}{4} \right) / 50 \right) \cdot 2^{16} \approx 54 = 36h .$$

Режим управления током (Current mode)

В данном разделе будут более подробно представлены объекты CM_T_FAST (TOFF_FAST, FAST_STEP), CM_TON_MIN, CM_TOFF_MIN. На рисунке В.2 изображена временная диаграмма работы выходного транзистора.

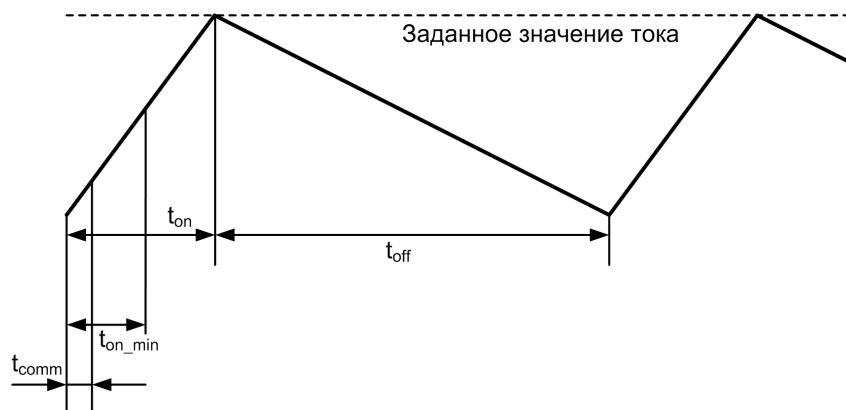


Рисунок В.2 — Контроль заданного значения тока.

При каждом контрольном цикле измеряется и сравнивается время включенного состояния t_{on} с заданным пороговым значением t_{on_min} . Если измеренное время включения больше, чем заданный минимальный порог, то режим быстрого снижения тока (fast decay) не требуется, и используется медленное снижение тока (slow decay) (см. рис. В.2).

Когда время включения меньше заданного порога, система переходит в режим быстрого снижения тока (fast decay), при этом, при первом появлении такого события, продолжительность быстрого снижения составляет $1/8$ от заданного максимума t_{OFF_FAST} . Если время следующего измеренного включения составляет больше минимального заданного t_{on_min} , то система возвращается к работе с режимом медленного снижения тока (slow decay) (см. рис. В.3).

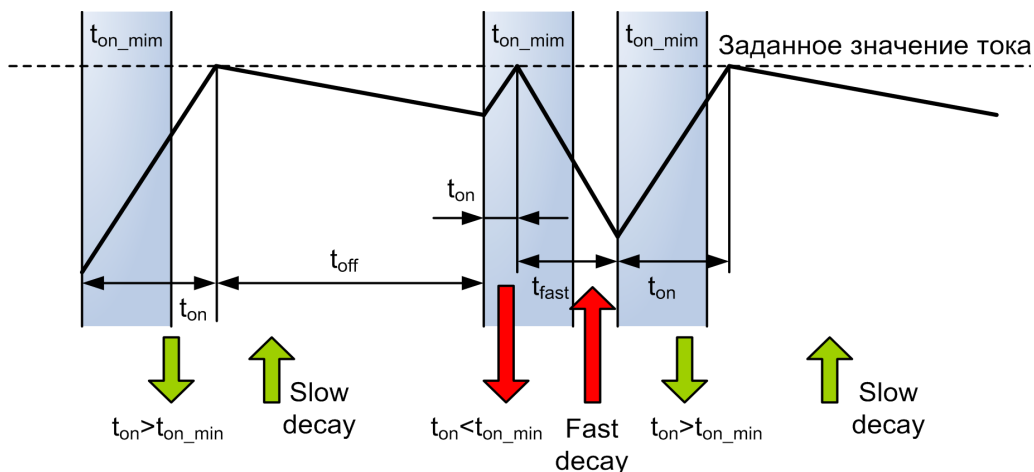


Рисунок В.3 — Выбор режима снижения тока по продолжительности времени включения.

Значение t_{FAST} регулируется согласно следующим правилам:

- При первом возникновении ситуации, когда $t_{on} < t_{on_min}$, устанавливается продолжительность (t_{FAST}) быстрого снижения тока (fast decay) равная $1/8$ от t_{OFF_FAST}
- При последующих случаях продолжительность удваивается $t_{FAST} = 2t_{FAST}$
- Максимальное значение t_{FAST} ограничено t_{OFF_FAST} (см. рис. В.4).

Если событие $t_{on} < t_{on_min}$ возникает вновь, уже после режима медленного снижения (slow decay), то используется последнее значение t_{FAST}

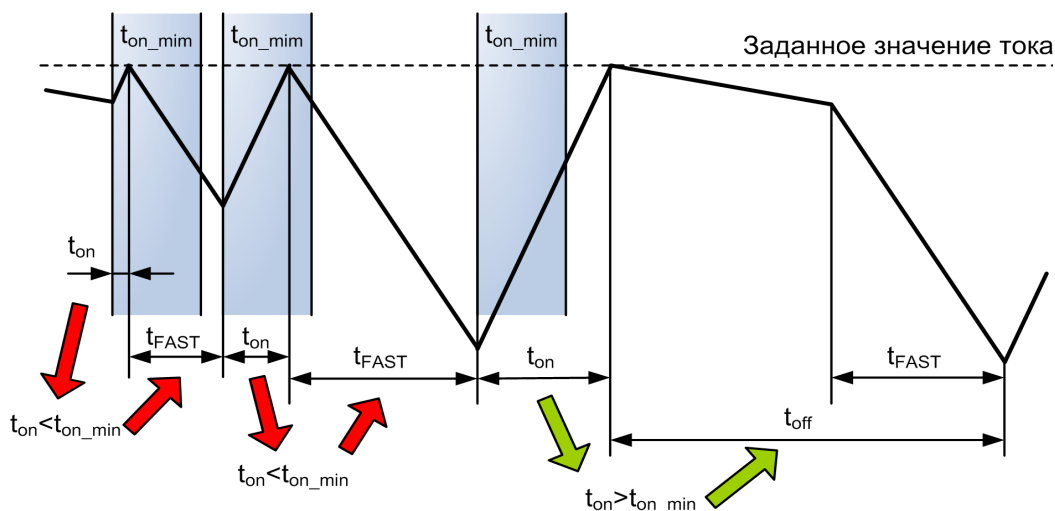


Рисунок В.4 — Регулирование времени быстрого снижения тока (fast decay).

При работе в микрошаговом режиме, когда происходит снижение заданного тока в пределах одного полного шага (ток снижается от максимального заданного значения к нулю), система контроля немедленно начинает использовать режим быстрого снижения тока (fast decay) для более быстрого спада. Алгоритм, используемый при этом, идентичен описанному выше. При первом наступлении события уменьшения тока (сделан микрошаг в сторону уменьшения тока в обмотке) устанавливается время быстрого снижения тока t_{FAST_FALL} равное $1/4$ от максимального заданного значения t_{FAST_STEP} . Если следующее время включения t_{ON} оказывается меньше t_{ON_MIN} , то t_{FAST_FALL} увеличивается вдвое, и будет ограничено

при дальнейшем увеличении значением t_{FAST_STEP} . При пересечении нулевой токовой отметки значение t_{FAST_FALL} принимает минимальное значение равное $1/4$ от t_{FAST_STEP} . Более наглядно показано на рисунке В.5.

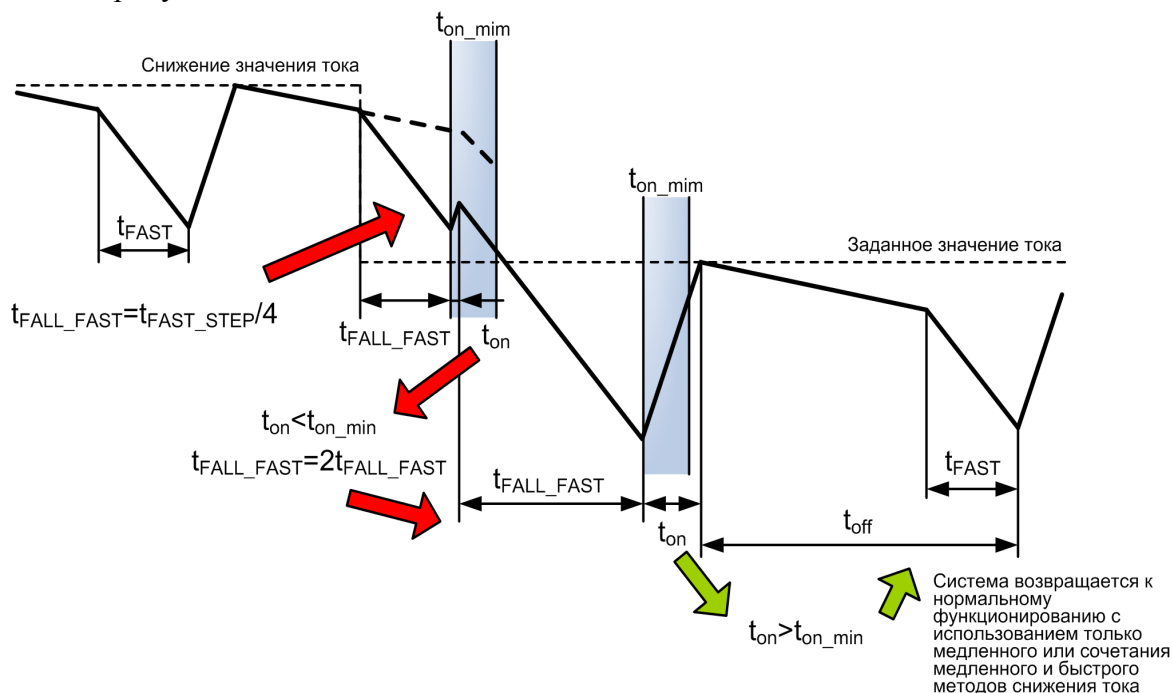


Рисунок В.5 — Снижение тока при микрошаговом режиме.

При работе в прогностическом режиме (установлен бит **PRED_EN**) время включения выходных верхних ключей t_{pred} рассчитывается по формуле:

$$t_{pred}(n) = \frac{t_{on}(n) + t_{on}(n-1)}{2},$$

где n — номер ШИМ-последовательности, t_{on} — время включения.

Таким образом, при использовании данного метода, время включения усредняется между текущим и предыдущим циклом ШИМ-последовательности, что обеспечивает плавность огибающей тока. Когда система приходит к состоянию стабильности, то время t_{pred} становится эквивалентно t_{on} .

CM_TON_MIN

Минимальное время включения t_{on} . Следует отметить, что данное время складывается из времени коммутации и времени включенного состояния. В свою очередь время коммутации t_{comm} состоит из времени выключения нижнего ключа, мёртвого времени (dead time) и времени включения верхнего ключа.

CM_TOFF_MIN

Время выключенного состояния t_{off} . Данное значение определяет максимальную частоту ШИМ-сигнала, которая рассчитывается по формуле:

$$f_{SW_max} = 1 / (t_{on_min} + t_{off}).$$

TOFF_FAST

Большие пульсации тока увеличивают шумы, которые в свою очередь уменьшают точность позиционирования в пределах микрошага, поэтому важно добиться минимальных пульсаций тока. Минимальное значение быстрого снижения тока (fast decay), которое составляет 1/8 от TOFF_FAST, должно быть больше, чем TON_MIN. Невыполнение данного требования приведёт к тому, что время включения t_{on} будет меньше заданного минимума, и как следствие приведёт к увеличению времени t_{FAST} вдвое.

FAST_STEP

Большое значение данного параметра может привести к слишком быстрому спаду тока на начальном этапе спада синусоиды тока (см. рис. В.6), но на финальном — будет максимально эффективным. Малое же значение наоборот будет иметь максимум эффективности на начальном участке спада и минимум в финале. Оптимальным является компромисс между начальным и финальным участком синусоиды тока и требует тонкой настройки. В любом случае, минимальное значение параметра (1/4 от FAST_STEP) должно быть больше, чем TON_MIN.

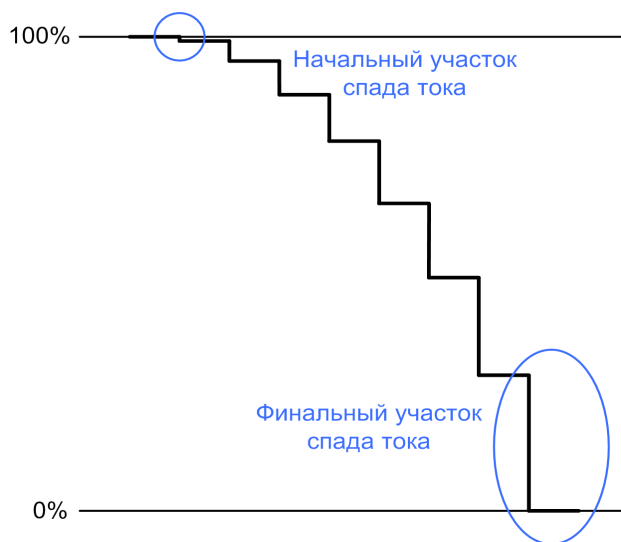


Рисунок В.6 — Спад тока на примере микрошагового режима 1/8.

PRED_EN

При активном прогностическом режиме расчёт параметров следует выполнять, руководствуясь следующими правилами:

- TOFF_MIN < TSW
- TOFF_MIN > TOFF_FAST
- TOFF_MIN + 2TON_MIN > 1/f_{SW_max}