Протокол информационного взаимодействия по шине CAN между устройствами и агрегатами гибридных силовых установок

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». ИЦ 4000.

Москва 2023 г

Содержание (TBD)

1. Термины и определения

|  |  |
| --- | --- |
| Тип устройства (DevType) | Параметр (6 бит), предназначенный для различения устройств по их роли с системе (инвертор, аккумуляторная батарея, преобразователи сигналов, коммутационные и защитные устройства и т.д.) |
| Идентификатор данных (MessageID) | Параметр (6 бит), определяющий тип сообщения для данного типа устройств |
| ГСУ | Гибридная силовая установка |
| Адрес устройства | Адрес устройства (6 бит) на шине CAN, задаваемый аппаратно или программно в самом устройстве при его настройке |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Общее описание

Настоящий документ описывает протокол информационного взаимодействия по шине CAN между устройствами различных типов. Протокол является общим и применим для всех разрабатываемых ИЦ 4000 систем управления электрическими и гибридными силовыми установками, так как типы устройств имеют сквозную нумерацию. Сквозная нумерация типов устройств обусловлена их применимостью в различных проектах и системах управления, что сокращает общую номенклатуру разрабатываемых устройств и агрегатов. Код типа устройства (DevType) в сочетании с идентификатором данных (MessageID) позволяет определить достаточное количество устройств без коллизий при обмене данными в случае их применения в одной системе.

Различаются следующие типы устройств и агрегатов с выделенными для них диапазонами номеров (табл. 1).

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Описание типа устройства (DevType) | Диапазон номеров |
| Зарезервированный тип для сервисных устройств | 0х00 |
| Инверторы, блоки управления двигателями | 0х01…0х0A |
| Активные выпрямители, ККМ | 0х0B…0х0F |
| Устройства управления и контроля состояния АБ (BMS), внешние и встраиваемые | 0х10…0х1A |
| Силовые распределительные устройства, контроллеры нагрузок | 0х1B…0х24 |
| Преобразователи сигналов датчиков, преобразователи физических величин | 0х25, 0х2B |
| Контроллеры систем управления | 0х2C… 0х32 |
| Пульты управления различного назначения | 0х33… 0х3A |
| Источники питания с дистанционным управлением и программируемые (например, управляемый источник тока для заряда и разряда АБ, применяемый в комплексе с BMS) | 0х3B, 0х3C |

1. Формат передаваемых сообщений
   1. Общий формат сообщений

ПИВ основан на расширенном формате сообщений с 29-битным идентификатором согласно спецификации CAN 2.0 B (фрагмент кадра сообщения представлен на рис.1 ). Описание протокола доступно в открытых источниках и в настоящем документе не приводится. Использование 29-битного идентификатора в поле арбитража на шине (Arbitration Field) и битов поля управления (Control Field) описано в п. 3.2.

**Arbitration Field**

**Control Data**

**Field Field**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | s  0  F | 11 bit IDENTIFIER | s  R R | I  D E | 18 bit IDENTIFIER | R  T R | r 1 | r 0 | DLC |  |

Рисунок 1. Фрагмент кадра сообщения согл. CAN2.0 B

* 1. Описание полей сообщения

Фрагмент кадра сообщения, содержащий поля арбитража, поле управления и поле данных, представлен на рис.2. Ниже подробно описаны его поля, используемые в настоящем ПИВ.



MessageID (6й бит)

Данные (8 байт)

MessageID (5 бит)

DevType

DLC

RTR

SOF

Адрес устройства

Рисунок 2. Фрагмент кадра сообщения согл. CAN2.0 B

**SOF (Start of frame)** – стартовый бит, устанавливается аппаратно стеком CAN 2.0.

**SRR, IDE, r1, r0** – служебные биты, устанавливаемые аппаратно стеком CAN 2.0.

**DevType** - код типа устройства, описан в п. 2. Определяется битами с 10-го по 5 включительно.

**MessageID** – идентификатор типа сообщения. Каждое устройство имеет свой, специфичный для данного типа устройств (DevType), набор сообщений.

**Биты 16…6** в поле арбитража зарезервированы для возможности расширения типов устройств и(или) типов сообщений.

**Адрес устройства** – 6-битный адрес устройства на шине CAN, задаваемый аппаратно или программно в самом устройстве при его настройке или производстве.

**RTR (Remote transmission request)** – бит, устанавливаемый логикой устройства. Бит RTR делит сообщения на запросы и сообщения с данными.

* Запросы (бит RTR =1).
* Сообщения с данными (бит RTR = 0) - информационные сообщения, содержащие данные, DLC≠ 0.

**DLC3…DLC0 (Data length code)**– показывает длину поля данных (*Data field)*

**Данные (Data field)** – поле данных сообщения, порядок байтов обратный – от младшего к старшему

* 1. Формат передаваемых данных
     1. Типы сообщений

В настоящем протоколе различаются следующие типы сообщений: командные, конфигурационные, статусные и запросы.

* + Командные – сообщения с данными, получаемые устройством извне, содержащие управляющие воздействия ( например, установить требуемую частоту вращения ЭД, включить/выключить контактор и т.п.). Данные из командных сообщений не хранятся в энергонезависимой памяти и при включении питания должны подаваться вновь.
  + Конфигурационные – сообщения с данными в которых передаются параметры конфигурации устройства, в том числе конфигурационные флаги. Они посылаются когда нужно обновить соответствующие параметры конфигурации устройства, либо запросить текущие настройки устройства. Конфигурационные данные хранятся в энергонезависимой памяти.
  + Статусные – сообщения с данными, в которых устройством передается информация о текущем его состоянии (токи, напряжения, температуры, флаги ошибок и т.д.).
  + Запросы (бит RTR =1) - сообщения без данных, которые посылаются как правило от ведущего устройства с целью выполнения какой-либо команды или получения ответного пакета, эти сообщения не имеют поля данных (DLC = 0);
    1. Категория данных

Для обеспечения отказоустойчивого обмена данными могут использоваться две физически независимые линии CAN1 и CAN2. В случае отказа одной из них трафик из отказавшей линии переносится в исправную. Однако, переносится не весь трафик, а только наиболее важные данные, называемые данными первой категории. Остальные данные не передаются в автоматическом режиме, однако могут быть запрошены отдельно. В случае специального запроса устройство передаст данные, даже если они не принадлежат к первой категории.

* + 1. Многофазные и многоканальные устройства

Для передачи однородных параметров многофазных и многоканальных устройств, количество фаз (каналов) которых заранее неизвестно, применяется индексная система нумерации. В такой системе в поле данных передается последовательный набор данных (например, температуры силовых ключей) по каналам, а в последнем байте передается значение индекса k, который нужно прибавить к порядковому номеру параметра, чтобы получить истинный номер фазы или канала. При этом используется один и тот же MessageID.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Данные, байты 0…7 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| tK\_k+1 | | tK\_k+2 | | tK\_k+3 | |  | k |

При k=0 данные в таком формате означают следующее:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tK\_1 | tK\_2 | tK\_3 |  | 0 |

где:

tK\_1 -температура первого ключа

tK\_2 -температура второго ключа

tK\_3 --температура третьего ключа

Пример. Передаются значения температур (2 байта) с 10-канального устройства. Порядок передачи и интерпретация данных выглядят следующим образом.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tK\_1 | tK\_2 | tK\_3 |  | 0 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tK\_4 | tK\_5 | tK\_6 |  | 3 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tK\_7 | tK\_8 | tK\_9 |  | 6 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| tK\_10 |  |  |  | 9 |

Во всех сообщениях с данными параметры DevType, MessageID и адрес устройства неизменны.

1. Данные, передаваемые по шине
   1. Данные контроллеров
   2. Данные пультов
   3. Данные инверторов, блоков управления двигателями

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Наименование параметра | Обозначение | Длина (бит) | Кате-гория |
|  | Командные |  |  |  |
| Com1 | Установить заданную частоту вращения | na.e. | 24 | 1 |
| Com2 | Установить заданный DC | DCa | 16 | 1 |
|  |  |  |  |  |
|  | Статусные |  |  |  |
| S1 | Заданная частота вращения двигателя электрическая | nt.e. | 32 | 1 |
| S2 | Заданное значение DC | DCt | 16 | 1 |
| S3 | Мгновенное значение DC | DC\_now | 16 |  |
| S4 | Текущая частота вращения двигателя электрическая | nm.e. | 32 | 1 |
| S5 | Среднее значение потребляемого тока | Itot.avg | 16 |  |
| S6 | Текущее положение РУД | Throttle | 16 |  |
| S7 | Информация о прошивке | FW\_info | 48 |  |
| S8 | Серийный номер устройства | SN | 16 |  |
| S9 | Температура платы инвертора | tCPU | 16 |  |
| S10 |  |  |  |  |
| S11 |  |  |  |  |
| S12 |  |  |  |  |
| S13 | Напряжение шины пост. тока | UDC | 16 |  |
| S14 | Текущее значение частоты ШИМ | fpwm\_now | 16 |  |
| S15 | Напряжение фазы U | uU | 16 |  |
| S16 | Напряжение фазы V | uV | 16 |  |
| S17 | Напряжение фазы W | uW | 16 |  |
| S18 | Ток фазы U | iU | 16 |  |
| S19 | Ток фазы V | iV | 16 |  |
| S20 | Ток фазы W | iW | 16 |  |
| S21 | Ток Iq | Iq | 16 |  |
| S22 | Ток Id | Id | 16 |  |
| S23 | Мощность | P | 16 | 1 |
| S24 |  |  |  |  |
| S25 | Температура ключа k+1 | tK\_k+1 | 16 |  |
| S26 | Температура ключа k+2 | tK\_k+2 | 16 |  |
| S27 | Температура ключа k+3 | tK\_k+3 | 16 |  |
| S28 | Температура самого горячего ключа | tK\_hotst1 | 16 | 1 |
| S29 | Номер самого горячего ключа | NK\_hotst1 | 8 | 1 |
| S30 | Температура второго горячего ключа | tK\_hotst2 | 16 | 1 |
| S31 | Номер второго горячего ключа | NK\_hotst2 | 8 | 1 |
| S32 | Температура по ключам средняя | tK\_avg | 16 | 1 |
| S33 | Температура k+1 в обмотках ЭД | tm.k+1 | 16 |  |
| S34 | Температура k+2 в обмотках ЭД | tm.k+2 | 16 |  |
| S35 | Температура k+3 в обмотках ЭД | tm.k+3 | 16 |  |
| S36 | Температура максимальная в обмотках ЭД | tm.max | 16 | 1 |
| S37 | Температура средняя в обмотках ЭД | tm.avg | 16 | 1 |
| S38 | Температура самого горячего ключа когда-либо зарег. | tK\_hotst\_h | 16 |  |
| S39 | Температура максимальная ЭД когда-либо зарег. | tm.max\_h | 16 |  |
|  | Конфигурационные |  |  |  |
| C1 | Максимальный фазный ток ЭД | Iph.max | 16 |  |
| C2 | Минимальное напряжение шины пост. тока | UDC.min | 16 |  |
| C3 | Максимальное напряжение шины пост. тока | UDC.max | 16 |  |
| C4 | Максимальная частота вращения эл. | nmax | 16 |  |
| C5 | Минимальное значение DC | DCmin | 16 |  |
| C6 | Максимальное значение DC | DCmax | 16 |  |
| C7 | Минимальная частота коммутации | fsw.min | 8 |  |
| C8 | Максимальнае частота коммутации | fsw.max | 8 |  |
| C9 | Мертвое время (Dead time) | Dead\_t | 16 |  |
| C10 | Управление (датчик, бездатчиковое, гибридное) | BLDC\_SM | 2 |  |
| C11 | Управление (бездатчиковое, Холл, энкодер) | FOC\_SM | 2 |  |
| C12 | Частота коммутации в реж. FOC | FOC\_SF | 8 |  |
| C13 | Компенсация мертвого времени (FOC) | FOC\_DTC | 16 |  |
| C14 | Kp в контуре скорости FOC | FOC\_S\_Kp | 16 |  |
| C15 | Ki в контуре скорости FOC | FOC\_S\_Ki | 16 |  |
| C16 | Kp в ПИД регуляторе скорости | S\_PID\_Kp | 16 |  |
| C17 | Ki в ПИД регуляторе скорости | S\_PID\_Ki | 16 |  |
| C18 | Kd в ПИД регуляторе скорости | S\_PID\_Kd | 16 |  |
| C19 | Скорость обмена по CAN | CAN\_Baud | 8 |  |
| C20 | Частота передачи токов | SR\_Curr | 8 |  |
| C21 | Частота передачи напряжений | SR\_Volt | 8 |  |
| C22 | Частота передачи температур | SR\_Temp | 8 |  |
| C23 | Частота передачи статусных флагов | SR\_SF | 8 |  |
| C24 |  |  |  |  |
| C25 |  |  |  |  |
| C26 |  |  |  |  |
| C27 | Частота передачи оборотов (MessageID=0x01) | SR\_RPM | 8 |  |
| C28 | Частота передачи DC | SR\_DC | 8 |  |
| C29 | Частота передачи флагов ошибок | SR\_ERRF | 8 |  |
| C30 | Инверсия направления вращения | Inv\_Dir | 1 |  |
| C31 | Тип управления (BLDC/FOC) | FOC | 1 |  |
|  | Флаги ошибок |  |  |  |
| EF1 | Перегрузка по току в фазе U аппаратная положит | OC\_U\_hwp | 1 | 1 |
| EF2 | Перегрузка по току в фазе V аппаратная положит | OC\_V\_hwp | 1 | 1 |
| EF3 | Перегрузка по току в фазе W аппаратная положит | OC\_W\_hwp | 1 | 1 |
| EF4 | Перегрузка по току в фазе U аппаратная отрицат. | OC\_U\_hwm | 1 | 1 |
| EF5 | Перегрузка по току в фазе V аппаратная отрицат. | OC\_V\_hwm | 1 | 1 |
| EF6 | Перегрузка по току в фазе W аппаратная отрицат. | OC\_W\_hwm | 1 | 1 |
| EF7 | Перегрузка по току в фазе U программная | OC\_U | 1 | 1 |
| EF8 | Перегрузка по току в фазе V программная | OC\_V | 1 | 1 |
| EF9 | Перегрузка по току в фазе W программная | OC\_W | 1 | 1 |
| EF10 | Авария верхнего ключа в фазе U | *Fault\_TU* | 1 | 1 |
| EF11 | Авария нижнего ключа в фазе U | *Fault\_BU* | 1 | 1 |
| EF12 | Авария верхнего ключа в фазе V | *Fault\_TV* | 1 | 1 |
| EF13 | Авария нижнего ключа в фазе V | *Fault\_BV* | 1 | 1 |
| EF14 | Авария верхнего ключа в фазе W | *Fault\_TW* | 1 | 1 |
| EF15 | Авария нижнего ключа в фазе W | *Fault\_BW* | 1 | 1 |
| EF16 | Аварийный останов по команде | STOP\_e | 1 | 1 |
| EF17 | Аварийный останов по внутренним условиям | STOP\_f | 1 | 1 |
| EF18 | Перегрев ЭД | OVH\_m | 1 | 1 |
| EF19 | Перегрев инвертора | OVH\_i | 1 | 1 |
| EF20 |  |  |  |  |
| EF21 |  |  |  |  |
| EF22 | Отказ линии связи CAN1 | CAN1\_f | 1 | 1 |
| EF23 | Отказ линии связи CAN2 | CAN2\_f | 1 | 1 |
| EF24 | Отказ Холла | Fault\_Hall | 1 | 1 |
| EF25 | Отказ энкодера | Fault\_enc | 1 | 1 |
| EF26 | Отказ резольвера | Fault\_res | 1 | 1 |
| EF27 | Перенапряжение на шине пост. тока | OVP | 1 | 1 |
| EF28 | Мало напряжение на шине пост. тока | UVP |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Описание данных приведено ниже.

|  |  |
| --- | --- |
| **nt.e.** | Заданная электрическая частота вращения двигателя, полученная в последнем командном сообщении и хранящаяся в ОЗУ инвертора |
| **DCt** | Заданное значение относительной мощности (Duty Cycle), полученное в последнем командном сообщении и хранящееся в ОЗУ инвертора |
| **DC\_now** | Текущее мгновенное значение относительной мощности (Duty Cycle), используемое управляющей программой инвертора для регулирования |
| **nm.e.** | Текущая мгновенная электрическая частота вращения двигателя |
| **Itot.avg** | Среднее арифметическое значение потребляемого тока |
| **Throttle** | Текущее положение сектора газа (РУД), считанное с потенциометрического или широтно-импульсного входа. В настоящее время используется широтно-импульсный сигнал в формате RC PWM частотой около 50 Гц и длительностью положительного импульса от 800 мкс (0%) до 2,2 мс (100 %). |
| **FW\_info** | Информация о прошивке. Состоит из полей:  FW\_note1, FW\_note2, FW\_note3 (байты 2,3,4 соотв.) – служебные отметки, число от 0 до 256 или ASCII символ.  FW\_major – первое число в трехзначном коде версии прошивки,  FW\_minor - второе число в трехзначном коде версии прошивки,  FW\_patch - третье число в трехзначном коде версии прошивки |
| **SN** | Серийный номер устройства, 2 байта. Порядок кодирования серийных номеров определяется отдельно |
| **tCPU** | Температура платы инвертора. Считывается со встроенного в микроконтроллер датчика или с внешнего датчика на плате |
|  | TBD |
|  |  |
|  |  |
| **UDC** | Напряжение шины пост. Тока, считываемое с датчика |
| **fpwm\_now** | Текущее значение частоты коммутации силовых ключей |
| **uU** | Напряжение фазы U мгновенное |
| **uV** | Напряжение фазы V мгновенное |
| **uW** | Напряжение фазы W мгновенное |
| **iU** | Ток фазы U мгновенный осредненный |
| **iV** | Ток фазы V мгновенный осредненный |
| **iW** | Ток фазы W мгновенный осредненный |
| **Iq** | Ток Iq |
| **Id** | Ток Id |
| **P** | Мощность активная суммарная, отдаваемая в ЭД по трем фазам |
|  |  |
| **tK\_k+1** | Температура ключа k+1 в индексной системе нумерации (п. 3.3.3). Порядок нумерации ключей определяется отдельно для каждой конкретной модели (DevType) инвертора. |
| **tK\_k+2** | Температура ключа k+2 в индексной системе нумерации (п. 3.3.3) |
| **tK\_k+3** | Температура ключа k+3 в индексной системе нумерации (п. 3.3.3) |
| **tK\_hotst1** | Температура самого горячего ключа |
| **NK\_hotst1** | Условный номер самого горячего ключа |
| **tK\_hotst2** | Температура второго горячего ключа по убыванию температуры |
| **NK\_hotst2** | Условный номер второго горячего ключа |
| **tK\_avg** | Температура по ключам средняя арифметическая, исключая заведомо неверные данные от оборванных или замкнутых датчиков |
| **tm.k+1** | Температура с датчика k+1 в обмотках ЭД в индексной системе нумерации (п. 3.3.3) |
| **tm.k+2** | Температура с датчика k+3 в обмотках ЭД в индексной системе нумерации (п. 3.3.3) |
| **tm.k+3** | Температура с датчика k+3 в обмотках ЭД в индексной системе нумерации (п. 3.3.3) |
| **tm.max** | Температура максимальная по датчикам в обмотках ЭД |
| **tm.avg** | Температура средняя в обмотках ЭД |
| **tK\_hotst\_h** | Температура самого горячего ключа, когда-либо зарегистрированная в данной рабочей сессии до выключения питания. |
| **tm.max\_h** | Температура максимальная электродвигателя когда-либо зарегистрированная в данной рабочей сессии до выключения питания. |
| **Iph.max** | Максимальный фазный ток ЭД |
| **UDC.min** | Минимальное напряжение шины пост. тока |
| **UDC.max** | Максимальное напряжение шины пост. тока |
| **nmax** | Максимальная частота вращения эл. |
| **DCmin** | Минимальное значение DC |
| **DCmax** | Максимальное значение DC |
| **fsw.min** | Минимальная частота коммутации |
| **fsw.max** | Максимальнае частота коммутации |
| **Dead\_t** | Мертвое время (Dead time) |
| **BLDC\_SM** | Управление (датчик, бездатчиковое, гибридное) |
| **FOC\_SM** | Управление (бездатчиковое, Холл, энкодер) |
| **FOC\_SF** | Частота коммутации в реж. FOC |
| **FOC\_DTC** | Компенсация мертвого времени (FOC) |
| **FOC\_S\_Kp** | Kp в контуре скорости FOC |
| **FOC\_S\_Ki** | Ki в контуре скорости FOC |
| **S\_PID\_Kp** | Kp в ПИД регуляторе скорости |
| **S\_PID\_Ki** | Ki в ПИД регуляторе скорости |
| **S\_PID\_Kd** | Kd в ПИД регуляторе скорости |
| **CAN\_Baud** | Скорость обмена по CAN. 0x00 – обмен выключен;  0x10 – 100 кбит/с; 0x11 – 250 кбит/с; 0x12 – 500 кбит/с;  0x13 – 1 Мбит/с; |
| **SR\_Curr** | Частота передачи токов. 0x00 – нет передачи;  Частота (Гц) равна удвоенному значению параметра SR\_Curr. Например, при SR\_Curr = 0x64 частота передачи составит 200 Гц |
| **SR\_Volt** | Частота передачи напряжений. Аналогично SR\_Curr. |
| **SR\_Temp** | Частота передачи температур. Аналогично SR\_Curr. |
| **SR\_SF** | Частота передачи статусных флагов. Аналогично SR\_Curr. |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| **SR\_RPM** | Частота передачи оборотов (MessageID=0x01). Аналогично SR\_Curr. |
| **SR\_DC** | Частота передачи DC |
| **SR\_ERRF** | Частота передачи флагов ошибок. Аналогично SR\_Curr. |
| **Inv\_Dir** | Инверсия направления вращения |
| **FOC** | Тип управления (BLDC/FOC) |
| **OC\_U\_hwp** | Перегрузка по току в фазе U в положительной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_V\_hwp** | Перегрузка по току в фазе V в положительной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_W\_hwp** | Перегрузка по току в фазе W в положительной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_U\_hwm** | Перегрузка по току в фазе U в отрицательной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_V\_hwm** | Перегрузка по току в фазе V в отрицательной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_W\_hwm** | Перегрузка по току в фазе W в отрицательной полуволне, зарегистрированная аппаратно (если поддерживается в данной модели инвертора) |
| **OC\_U** | Перегрузка по току в фазе U зарегистрированная программно через канал АЦП |
| **OC\_V** | То же в фазе V |
| **OC\_W** | То же в фазе W |
| **Fault\_TU** | Авария верхнего ключа в фазе U, флаг выставляется силовым модулем, если данная функция в нем реализована |
| **Fault\_BU** | Авария нижнего ключа в фазе U, аналогично |
| **Fault\_TV** | Авария верхнего ключа в фазе V, аналогично |
| **Fault\_BV** | Авария нижнего ключа в фазе V, аналогично |
| **Fault\_TW** | Авария верхнего ключа в фазе W, аналогично |
| **Fault\_BW** | Авария нижнего ключа в фазе W, аналогично |
| **STOP\_e** | Аварийный останов по внешней команде |
| **STOP\_f** | Аварийный останов по внутренним условиям (перегрузки по току, напряжениям, перегреву и др.) |
| **OVH\_m** | Перегрев ЭД. Обобщенный сигнал, вырабатываемый по внутреннему алгоритму |
| **OVH\_i** | Перегрев инвертора. Обобщенный сигнал, вырабатываемый по внутреннему алгоритму |
|  |  |
|  |  |
| **CAN1\_f** | Отказ линии связи CAN1. По этому признаку прекращается передача сообщений, кроме первой категории, и сокращенный трафик переносится в линию CAN2. См. п.3.3.2 |
| **CAN2\_f** | Отказ линии связи CAN2. По этому признаку прекращается передача сообщений, кроме первой категории, и сокращенный трафик переносится в линию CAN1 |
| **Fault\_Hall** | Отказ датчиков Холла |
| **Fault\_enc** | Отказ энкодера |
| **Fault\_res** | Отказ резольвера |
| **OVP** | Перенапряжение на шине пост. тока |
| **UVP** | Мало напряжение на шине пост. тока |

* 1. Данные силовых распределительных устройств, контроллеров нагрузок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Наименование параметра | Обозначение | Длина (бит) | Кате-гория |
|  | Командные |  |  |  |
| Com1 | Управление контакторами РУ (команда) | Sw\_statea | 32 | 1 |
| Com2 | Управление ключами подзаряда РУ (команда,если подд.) | Prechrg\_statea | 32 | 1 |
|  |  |  |  |  |
|  | Статусные |  |  |  |
| S1 | Управление контакторами РУ (из памяти РУ) | Sw\_statem | 32 | 1 |
| S2 | Управление ключами подзаряда РУ (из памяти РУ,если подд.) | Prechrg\_statem | 32 | 1 |
| S3 | Напряжение канала k+1 | Uch\_k+1 | 16 |  |
| S4 | Напряжение канала k+2 | Uch\_k+2 | 16 |  |
| S5 | Напряжение канала k+3 | Uch\_k+3 | 16 |  |
| S6 | Ток канала k+1 | Ich\_k+1 | 16 |  |
| S7 | Ток канала k+2 | Ich\_k+2 | 16 |  |
| S8 | Ток канала k+3 | Ich\_k+3 | 16 |  |
| S9 | Температура модуля управления | tCPU\_RU | 16 |  |
| S10 | Количество каналов | N\_ch | 8 |  |
| S11 |  |  |  |  |
| S12 |  |  |  |  |
| S13 | Напряжение шины пост. Тока | UDC\_COM | 16 |  |
| S14 | состояние канала управления доп нагрузкой(для МС) | L\_en | 1 |  |
| S15 | состояние канала блокировки (для МС) | Block | 1 |  |
| S16 | включен режим калибровки каналов тока | Calibr | 1 |  |
|  | Конфигурационные |  |  |  |
| C1 | Максимальный ток в канале | Iph.max | 16 |  |
| C2 | Максимальное напряжение шины пост. тока | UDC.min | 16 |  |
| C3 | Минимальное напряжение шины пост. тока | UDC.max | 16 |  |
| C4 | Ток аварийного размыкания контакторов | Idisc\_em | 16 |  |
| C5 | Пороговое значение разряженной батареи | UBat.dchrg | 8 |  |
| C6 | Пороговое значение отсутствующей батареи | UBat.empty | 8 |  |
| C7 | Пороговое значение разбалансировки между каналами | Udelta | 8 |  |
| C8 | Коэффициент токового датчика k+1 | KCS\_k+1 | 8 |  |
| C9 | Коэффициент токового датчика k+2 | KCS\_k+2 | 8 |  |
| C10 | Коэффициент токового датчика k+3 | KCS\_k+3 | 8 |  |
| C11 |  |  |  |  |
| C12 | Частота коммутации в реж. экономайзера | fEcon | 8 |  |
| C13 | Скважность в реж. экономайзера | DEcon | 8 |  |
| C14 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+1 | CCh\_k+1 | 8 |  |
| C15 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+2 | CCh\_k+2 | 8 |  |
| C16 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+3 | CCh\_k+3 | 8 |  |
| C17 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+4 | CCh\_k+4 | 8 |  |
| C18 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+5 | CCh\_k+5 | 8 |  |
| C19 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+6 | CCh\_k+6 | 8 |  |
| C20 | Коррекция напряжения шины пост. Тока | CDC | 8 |  |
| C21 | Скорость обмена по CAN | CAN\_Baud | 8 |  |
| C22 | Частота передачи токов | SR\_Curr | 8 |  |
| C23 | Частота передачи напряжений | SR\_Volt | 8 |  |
| C24 | Частота передачи температур | SR\_Temp | 8 |  |
| C25 | Частота передачи статусных флагов | SR\_SF | 8 |  |
| C26 | Частота передачи флагов ошибок | SR\_ERRF | 8 |  |
| C27 | Тип управления (экономайзер) | Econ | 1 |  |
|  | Флаги ошибок |  |  |  |
| EF1 | Перегрузка по току аппаратная в канале i | OC\_hwp\_ | 1 | 1 |
| EF2 | Перегрузка по току программная в канале i | OC\_i | 1 | 1 |
| EF3 | Перенапряжение на шине пост. тока | OVP | 1 | 1 |
| EF4 | Мало напряжениена шине пост. тока | UVP | 1 | 1 |
| EF5 |  |  | 1 | 1 |
| EF6 |  |  | 1 | 1 |
| EF7 | Ошибка конфигурации | Conf\_Err | 1 | 1 |
| EF8 | Разбаланс каналов (для батарейных устройств) | delta\_ch | 1 | 1 |
| EF9 |  |  |  |  |
| EF10 | Отказ линии связи CAN1 | CAN1\_f | 1 | 1 |
| EF11 | Отказ линии связи CAN2 | CAN2\_f | 1 | 1 |

Детальное описание данных РУ приведено ниже.

|  |  |
| --- | --- |
| Sw\_statem | Управление контакторами РУ. Флаги фактического состояния контакторов, считываемые из памяти РУ. «0» – контактор выключен, «1» – контактор включен. В общем случае фактическое состояние контакторов может отличаться от задаваемого в команде (Sw\_statea) |
| Prechrg\_statem | Управление ключами подзаряда РУ. Флаги фактического состояния ключей (реле) подзаряда, считываемые из памяти РУ. «0» – цепь подзаряда выключена, «1» – цепь подзаряда включена. Как правило, цепи подзаряда управляются по внутренней логике устройства. Во избежание коллизий использовать внешнюю команду для управления цепями подзаряда рекомендуется в особых случаях, например для поиска неисправностей и т.п. |
| Uch\_k+1 | Напряжение канала (фидера) k+1, считываемое с датчика в этом канале. Используется индексная система нумерации (п. 3.3.3). |
| Uch\_k+2 | Напряжение канала (фидера) k+2. Аналогично. |
| Uch\_k+3 | Напряжение канала k+3. Аналогично. |
| Ich\_k+1 | Ток канала (фидера) k+1. Аналогично напряжениям. |
| Ich\_k+2 | Ток канала (фидера) k+2 |
| Ich\_k+3 | Ток канала (фидера) k+3 |
| tCPU\_RU | Температура модуля управления, считываемая с датчика микроконтроллера. Как правило, на 10-15 С выше температуры окружающего модуль управления воздуха. |
| N\_ch | Количество каналов (фидеров) в данном РУ или силовом модуле. Задается на производстве и не подлежит изменению извне |
|  |  |
|  |  |
| UDC\_COM | Напряжение общей шины пост. тока с которой отбирается мощность на каналы (фидеры). Для РУ, подключающих несколько источников энергии к общей шине (например, несколько батарей), напряжение на шине равно нулю, если ни один контактор не включен. |
| L\_en | состояние канала управления доп нагрузкой(для МС). Сигнал разрешения подключить вспомогательную нагрузку к шине постоянного тока после завершения подзаряда и включения хотя бы одного силового контактора. Совместимость с линейкой силовых модулей типа МС-4Э. |
| Block | состояние канала блокировки (для МС). Совместимость с линейкой силовых модулей типа МС-4Э. (см. описание работы МС-4Э). |
| Calibr | включен режим калибровки каналов тока. Используется для компенсации дрейфа нуля датчиков тока перед началом работы, когда ток в канале заведомо не протекает. |
|  |  |
| Iph.max | Максимальный ток в канале, при достижении которого формируются флаги EF1, EF2 перегрузки по току “OC\_xx” (OverCurrent) |
| UDC.min | Максимальное напряжение шины пост. тока |
| UDC.max | Минимальное напряжение шины пост. тока |
| Idisc\_em | Ток аварийного размыкания контакторов при котором модуль управления выдает команду на отключение контактора |
| UBat.dchrg | Пороговое значение разряженной батареи |
| UBat.empty | Пороговое значение отсутствующей батареи. Напряжение, ниже которого считается, что батарея отсутствует. Вводится из-за того, что напряжение, считываемое АЦП строго не равно нулю, а на неподключенном силовом фидере могут быть наводки. |
| Udelta | Пороговое значение разбалансировки между каналами для предотвращения протекания больших уравнивающих токов между каналами (фидерами) |
| KCS\_k+1 | Коэффициент токового датчика k+1. Используется индексная система нумерации (п. 3.3.3). |
| KCS\_k+2 | Коэффициент токового датчика k+2. . Аналогично. |
| KCS\_k+3 | Коэффициент токового датчика k+3. Аналогично. |
| KCS\_k+4 | Коэффициент токового датчика k+4. Аналогично. |
| KCS\_k+5 | Коэффициент токового датчика k+5. Аналогично. |
| KCS\_k+6 | Коэффициент токового датчика k+6. Аналогично. |
| fEcon | Частота ШИМ коммутации управляющих ключей в катушках контакторов в режиме экономайзера для снижения потребления энергии |
| DEcon | Скважность ШИМ в реж. Экономайзера. Определяет действующее значение тока в катушках контакторов в установившемся режиме после их срабатывания. |
| CCh\_k+1 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+1. Величина поправки, прибавляемая к измеренному значению напряжения для компенсации систематической погрешности |
| CCh\_k+2 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+2. Аналогично. |
| CCh\_k+3 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+3. Аналогично. |
| CCh\_k+4 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+4. Аналогично. |
| CCh\_k+5 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+5. Аналогично. |
| CCh\_k+6 | Коррекция напряжения канала (батареи) k+6. Аналогично. |
| CDC | Коррекция напряжения шины пост. Тока |
| CAN\_Baud | Скорость обмена по CAN |
| SR\_Curr | Частота передачи токов |
| SR\_Volt | Частота передачи напряжений |
| SR\_Temp | Частота передачи температур |
| SR\_SF | Частота передачи статусных флагов |
| Sw\_mode | Способ управления силовыми контакторами |
| SR\_ERRF | Частота передачи флагов ошибок |
| SF\_MS4 | Флаги статуса МС-4Э (обратная совместимость, см. описание работы МС-4Э). |
| Econ | Тип управления (экономайзер). «0» – нет режима экономайзера или он не поддерживается, «1» –режим экономайзера используется |
|  |  |
| OC\_hw\_i | Перегрузка по току аппаратная в канале i |
| OC\_i | Перегрузка по току программная в канале i |
| OVP | Перенапряжение на шине пост. тока |
| UVP | Мало напряжение на шине пост. тока |
| OC\_em\_i | Ток более порога аварийного размыкания |
| EF\_MS4 | Флаги ошибок МС-4Э (обратная совместимость) |
| Conf\_Err | Ошибка конфигурации |
| delta\_ch | Разбаланс каналов (для батарейных устройств) |
|  |  |
| CAN1\_f | Отказ линии связи CAN1 |
| CAN2\_f | Отказ линии связи CAN2 |

* 1. Данные устройств управления и контроля состояния АБ (BMS)Данные
  2. Данные контроллеров систем управления
  3. Данные

1. С

Приложения

Приложение 1. Протокол инверторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип устр. | Идентификатор данных | | RTR | DLC | Данные, байты 0…7 | | | | | | | |
| DevType | MessageID | символическое имя | Data field, bytes 0…7 | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 бит | 6 бит | символическое имя | 1 бит | 4 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит |
|  | 0x01 |  |  |  | na.e.(k+1) | | | na.e.(k+2) | | |  | k |
|  | 0x02 |  |  |  |  | |  | |  |  |  |  |
|  | 0x03 |  | 0 |  | Throttle | | P | | UDC | | fpwm\_now | |
|  | 0x04 | Phase\_volt | 0 |  | uU | | uV | | uW | |  | k |
|  | 0x05 | Phase\_curr | 0 |  | iU | | iV | | iW | |  | k |
|  | 0x06 |  | 0 |  | tK\_k+1 | | tK\_k+2 | | tK\_k+3 | |  | k |
|  | 0x07 |  | 0 |  | tK\_hotst1 | | tK\_hotst2 | | tK\_avg | | NK\_hotst1 | NK\_hotst2 |
|  | 0x08 |  | 0 |  | tm.k+1 | | tm.k+2 | | tm.k+3 | |  | k |
|  | 0x09 |  | 0 |  | tm.max | | tm.avg | | tCPU | |  |  |
|  | 0x0A |  | 0 |  | tK\_hotst\_h | | tm.max\_h | |  |  |  |  |
|  | 0x0B |  | 0 |  | Iq | | Id | |  |  |  |  |
|  | 0x0C | RPM | 0 |  | nt.p. | | | | nm.e. | | | |
|  | 0x0D | DC |  |  | DC | | DC\_now | |  |  |  |  |
|  | 0x0E | EF\_msg1 | 0 |  | OC\_hw | OC | Fault\_K | CAN&sens |  |  |  |  |
|  | 0x0F | Device\_info | 0 |  | SN | | FW\_note1 | FW\_note2 | FW\_note3 | FW\_major | FW\_minor | FW\_patch |
|  | 0x10 |  | 0 |  | Iph.max | | UDC.min | | UDC.max | | nmax | |
|  | 0x11 |  |  |  | DCmin | | DCmax | | fsw.min | fsw.max | FOC\_SF |  |
|  | 0x12 |  |  |  | Dead\_t | | FOC\_DTC | | FOC\_S\_Kp | | FOC\_S\_Ki | |
|  | 0x13 |  |  |  | S\_PID\_Kp | | S\_PID\_Ki | | S\_PID\_Kd | |  |  |
|  | 0x14 |  |  |  | CAN\_Baud | SR\_Curr | SR\_Volt | SR\_Temp | SR\_RPM | SR\_DC | SR\_ERRF | SR\_SF |
|  | 0x15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x16 | SF\_msg1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Приложение 2. Протокол РУ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип устр. | Идентификатор данных | | RTR | DLC | Данные, байты 0…7 | | | | | | | |
| DevType | MessageID | символическое имя | Data field, bytes 0…7 | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 бит | 6 бит | символическое имя | 1 бит | 4 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит | 8 бит |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|  | 0x01 | Sw\_Prechrg\_st | 0 | 8 | Sw\_statem | | | | Prechrg\_statem | | | |
|  | 0x02 | OC\_set1 | 0 | 4 | OC\_hw | | | |  | |  |  |
|  | 0x03 | OC\_set2 | 0 | 8 | OC\_em | | | | OC | | | |
|  | 0x04 | EF\_msg\_RU | 0 | 1 | EF7…11 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x05 | UI\_MS4 | 0 | 8 | Uch\_k+1 | | Ich\_1 | | Uch\_k+2 | | Ich\_2 | |
|  | 0x06 | UI\_MS4 | 0 | 6 | UDC\_COM | | tCPU\_RU | | SF\_MS4 | EF\_MS4 |  |  |
|  | 0x05 | U\_ch | 0 | 7 | Uch\_k+1 | | Uch\_k+2 | | Uch\_k+3 | |  | k |
|  | 0x07 | I\_ch | 0 | 7 | Ich\_k+1 | | Ich\_k+2 | | Ich\_k+3 | |  | k |
|  | 0x08 | U\_dc | 0 | 6 | UDC\_COM | | N\_ch |  | tCPU\_RU | |  |  |
|  | 0x09 | Max\_set\_r | 0/1 | 8/0 | Iph.max | | UDC.min | | UDC.max | | Idisc\_em | |
|  | 0x0A | Cfg\_MS4\_r | 0/1 | 8/0 | UBat.dchrg | UBat.empty | Udelta | KCS\_1 | KCS\_2 | CCh\_1 | CCh\_2 | CDC |
|  | 0x0B | CS\_conv\_ratio\_r | 0/1 | 7/0 | KCS\_k+1 | KCS\_k+2 | KCS\_k+3 | KCS\_k+4 | KCS\_k+5 | KCS\_k+6 |  | k |
|  | 0x0C | Econ\_set\_r | 0/1 | 2/0 | fEcon | DEcon |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x0D | U\_corr\_r | 0/1 | 7/0 | CCh\_k+1 | CCh\_k+2 | CCh\_k+3 | CCh\_k+4 | CCh\_k+5 | CCh\_k+6 |  | k |
|  | 0x0E | CAN\_baud\_r | 0/1 | 8/0 | CAN\_Baud | SR\_Curr | SR\_Volt | SR\_Temp | SR\_RPM | SR\_DC | SR\_ERRF | SR\_SF |
|  | 0x0F | Sw\_mode\_r | 0/1 | 4/0 | Sw\_mode | | | |  |  |  |  |
|  | 0x10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x11 | Max\_set\_w | 0 | 8 | Iph.max | | UDC.min | | UDC.max | | Idisc\_em | |
|  | 0x12 | Cfg\_MS4\_w | 0 | 8 | UBat.dchrg | UBat.empty | Udelta | KCS\_1 | KCS\_2 | CCh\_1 | CCh\_2 | CDC |
|  | 0x13 | CS\_conv\_ratio\_w | 0 | 7 | KCS\_k+1 | KCS\_k+2 | KCS\_k+3 | KCS\_k+4 | KCS\_k+5 | KCS\_k+6 |  | k |
|  | 0x14 | Econ\_set\_w | 0 | 2 | fEcon | DEcon |  |  |  |  |  |  |
|  | 0x15 | U\_corr\_w | 0 | 7 | CCh\_k+1 | CCh\_k+2 | CCh\_k+3 | CCh\_k+4 | CCh\_k+5 | CCh\_k+6 |  | k |
|  | 0x16 | CAN\_baud\_w | 0 | 8 | CAN\_Baud | SR\_Curr | SR\_Volt | SR\_Temp | SR\_RPM | SR\_DC | SR\_ERRF | SR\_SF |
|  | 0x17 | Sw\_mode\_w | 0 | 4 | Sw\_mode | | | |  |  |  |  |
|  | 0x18 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

