|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | СОГЛАСОВАНО:  Главный инженер  ООО НПО «Нефтегазкомплекс-ЭХЗ»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Авдяхин П.Н. | УТВЕРЖДАЮ:  1-й зам. Генерального директора  ЗАО «Связь инжиниринг»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Овчинников Д.А. |   **Взамен версии 1.3.**  **Интерфейс и протокол обмена данными НГК-ЭХЗ**  Редакция 1.4   |  |  | | --- | --- | | Заместитель главного инженера  Маначинский Ю. А.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Руководитель направления  Бирюков А. С.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | Инженер-электроник  Казанцев С.А.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Ведущий инженер  Ферцер П. В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |  | Ведущий инженер  Чудайкин Е. В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |

**2015**

**Содержание**

1 Общие сведения. 2  
2 Работа устройств 2  
 2.1 Функционирование сети 3  
 2.2 Состояния устройств в сети 3  
 2.3 Подача питания 6  
 2.4 Аппаратный или программный сброс 6  
 2.5 Запуск устройств в сети 6  
 2.6 Рабочий цикл 6  
 2.7 Чтение и запись параметров 6  
 2.8 Аварийные сообщения 7  
 2.8.1 Подключение сервисного разъёма 7  
 2.8.2 Вскрытие корпуса КИП 7  
 2.9 Контроль наличия связи с устройством 8  
3 Используемые сервисы протокола CANOpen 9  
 3.1 Протокол SYNC 9  
 3.2 Протокол EMCY 9  
 3.3 Протокол NODE GUARD 9  
 3.4 Протокол NMT 10  
 3.5 Протокол PDO Receive 10  
 3.6 Протокол PDO Transmit 10  
 3.7 Протокол SDO Upload 10  
 3.8 Протокол BOOT UP 10  
4 Особенности работы с БИ(У)-01 через шлюз интерфейсов 11  
 4.1 Протокол SYNC 11  
 4.2 Протокол EMCY 11  
 4.3 Протокол NODE GUARD 11  
 4.4 Протокол NMT 12  
 4.5 Протокол SDO Upload 12  
5 Измеряемые данные, объектный словарь, их формат и представление в CAN 13  
 5.1 Формат данных в словаре БИ(У)-00 13  
 5.2 Формат данных в словаре БИ(У)-01 16  
 5.3 Расположение объектов в PDO 19  
 5.3.1 1-й Transmit PDO 19  
 5.3.2 2-й Transmit PDO 19  
 5.3.3 3-й Transmit PDO 19  
 5.3.4 4-й Transmit PDO 20  
 5.3.5 1-й Receive PDO 20  
6 Контекст запросов и примеры ответов. 21  
 6.1 Сообщение CANOpen 21  
 6.2 Протокол NODE GUARD 22  
 6.3 Протокол BOOT UP 22  
 6.4 Протокол SDO Upload 23  
 6.5 Протокол SYNC 24  
 6.6 Протокол PDO transmit 24  
 6.7 Протокол PDO receive 25  
 6.8 Протокол NMT 26  
 6.9 Протокол EMCY 27  
7 Обработка ошибок сети CAN 28

1. Общие сведения

В качестве протокола передачи данных используется CAN 2.0B, требования к физической среде передачи определены в ISO 11898. Сигналы в сети передаются по проводным линиям в дифференциальном виде. В качестве протокола обмена верхнего уровня применён протокол, разработанный на базе протокола CANOpen (www.can-cia.org).

Все периферийные устройства в сети считаются ведомыми (SLAVE), в то время как управляющее сетью устройство считается ведущим (MASTER). Все устройства в сети должны иметь уникальный Node-ID в диапазоне от 1 до 127. Node-ID 0 используется для широковещательных команд. В сеть допускается подключать не более 64 устройств. Скорость обмена может принимать следующие значения: 10; 20; 50; 100 кБит/с. Для сетей, имеющие протяженные линии связи рекомендуется выбирать 10 кБит/с, для сетей с короткими линиями связи и для систем управления ЭХЗ 100 кБит/с.

1. Работа устройств

Измерения и передача данных БИ-У осуществляется по следующему алгоритму:

Цикл измерения всех типов БИ(У) привязан к настройкам таймера периода измерений и передачи данных. После подачи питания или по истечении периода измерений производятся измерения активных контролируемых величин и передача результатов по одному из интерфейсов (CAN - БИ(У)-00, RS-485 - БИ(У)-01 через шлюз интерфейсов) по приходу команды SYNC от MASTER. Шлюз в свою очередь получив данные от БИ(У)-01 также дожидается команды SYNC и передаёт эти данные в сеть CAN. После этого БИ-У переходят в режим ожидания на интервал периода измерений.

Шлюз буферизирует приходящие данные по RS-485 по каждому из каналов из соображения 10 БИ(У)-01 на один канал. Скорость обмена данными по интерфейсу CAN фиксированная - 10 кБит/сек. Регистрация БИ(У)-01 в шлюзе производится по приходу новых данных на передачу от БИ(У)-01 в сеть CAN. При возникновении ситуации, когда 11-е по счёту БИ(У)-01 пытается зарегистрироваться в канале шлюза – шлюз формирует аварийное сообщение «Ошибка регистрации» MASTER-у сети с информацией о канале (1-4) с ошибкой. В случае ошибки конфигурации сети, когда на каналах шлюза 1-4 или 5-8 обнаруживаются БИ(У)-01 с одинаковыми адресами шлюз формирует аварийное сообщение «Дублирование адреса» с информацией о канале (1-4) с задублированными устройствами. Если нет связи с MASTER-ом сети и приходит новый пакет от БИ(У)-01 - шлюз заменяет старые данные от этого БИ(У)-01 новыми. Глубина буфера сообщений на передачу данных от MASTER-а сети к БИ(У)-01 через шлюз - одно сообщение. При принятии от БИ(У)-01 данных шлюз формирует ответную посылку, содержащую информацию о наличии запроса от MASTER-а сети к БИ(У)-01 с содержанием этого запроса. БИ(У)-01 обрабатывает этот запрос, выдаёт результат шлюзу и переходит в режим ожидания. Шлюз в свою очередь передаёт результат операции чтения параметра MASTER-у сети по повторному запросу.

При подключении сервисного разъёма к плате БИ(У)-01 плата должна послать аварийное сообщение «подключен сервисный разъём». Шлюз, по приходу этого сообщения должен передать это аварийное сообщение в сеть и аннулировать (отменить) регистрацию этой БИ(У)-01 в шлюзе.

После отключения сервисного разъёма БИ(У)-01 должна сразу выйти на связь со шлюзом и зарегистрироваться в шлюзе заново.

Шлюз в свою очередь должен обработать это событие как регистрацию новой БИ(У)-01, с выдачей в сеть соответствующего сообщения по протоколу BOOT UP. Дальнейшие плановые «пробуждения» должны проходить в соответствии с установленным периодом измерений и передачи данных.

Функционирование сети

SLAVE устройствами в сети являются БИ(У)-00 и БИ(У)-01, подключенное через шлюз интерфейсов RS-485/CAN. Шлюз интерфейсов прозрачен со стороны протокола обмена с БИ(У)-01, но может формировать два аварийных сообщения ошибок при регистрации БИ(У)-01 в шлюзе. Для работы в единой сети CAN все устройства должны быть предварительно соответствующим образом сконфигурированы.

MASTER должен содержать все настройки SLAVE устройств и в соответствии с ними производить настройку сети, сбор измеряемых данных и контроль параметров.

Состояния устройств в сети

В сети допустимы следующие состояния устройств:  
- Initialisation – состояние после подачи питания на устройство, после аппаратного или программного сброса или по команде MASTER-а сети. Из этого состояния устройство переходит в состояние Pre-Operational автоматически.

- Pre-Operational - состояние, в котором устройство находится после состояния Initialisation.

- Operational - состояние, в котором устройство осуществляет измерения и передачу информации

- Stopped – состояние, в котором устройство находится при подключении сервисного разъёма, при остановке MASTER-ом сети. При остановке MASTER-ом сети доступны протоколы NODE GUARD и NMT. При подключении сервисного разъёма работа по сети приостановлена, доступных протоколов нет.

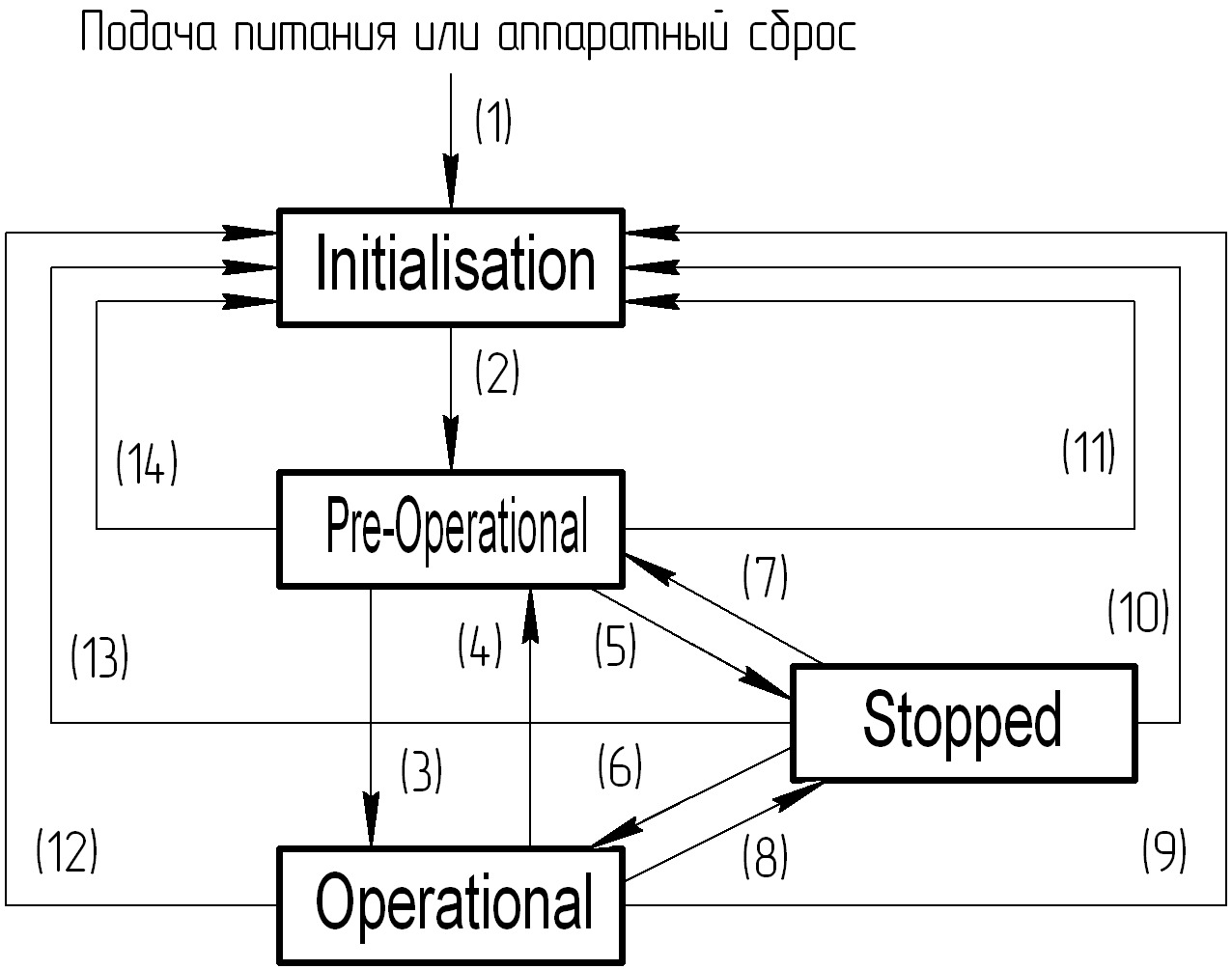


Рисунок 1. Диаграмма состояния устройства.

Таблица 1. Переходы между состояниями устройства.

|  |  |
| --- | --- |
| (1) | Переход в состояние Initialisation после включение питания или аппаратного сброса. |
| (2) | Завершение Initialisation – переход в состояние Pre-Operational |
| (3) | Переход в состояние Operational из Pre-Operational по команде MASTER-а сети. |
| (4) | Переход в состояние Pre-Operational из Operational по команде MASTER-а сети |
| (5) | Переход в состояние Stopped из Pre-Operational по команде MASTER-а сети или при подключении сервисного разъёма. |
| (6) | Переход в состояние Operational из Stopped по команде MASTER-а сети. |
| (7) | Переход в состояние Pre-Operational из Stopped по команде MASTER-а сети. |
| (8) | Переход в состояние Stopped из Operational по команде MASTER-а сети или при подключении сервисного разъёма. |
| (9),(10),(11) | Переход в состояние Initialisation программным способом (программный сброс). |
| (12),(13),(14) | Переход в состояние Initialization по команде MASTER-а сети. |

Подача питания

После подачи питания, все устройства переходят в состояние Initialisation, выдают сообщение BOOT UP, затем в Pre-Operational. Шлюз интерфейсов выдаёт это сообщение после успешной регистрации БИ(У)-01. Работа протоколов PDO Transmit и PDO Receive в этом режиме приостановлена.

Аппаратный или программный сброс

После аппаратного или программного сброса устройство переходит в состояние Initialisation, выдает сообщение BOOT UP, затем в Pre-Operational.

Запуск устройств в сети

MASTER в зависимости от конфигурационных настроек переводит устройства в сети, по протоколу NMT, в состояние Operational.

Рабочий цикл

Передачу данных от устройств определяет протокол SYNC. Как только прошел интервал времени измерений и измеренные данные у устройств готовы к передаче или шлюз обработал данные, пришедшие по RS-485 от устройства, производиться ожидание кадра SYNC от MASTER и по его приходу устройства передают свои данные, используя протокол PDO Transmit. После передачи данных все устройства переходят в режим ожидания на период времени измерения и не реагируют на SYNC.

Чтение и запись параметров

MASTER может синхронизировать текущее время между устройствами, используя для этого протокол PDO Receive. Широковещательная запись в PDO1 Receive текущего времени произведёт перезапись данного времени во все устройства. Также MASTER может считать настроечные параметры и измеренные данные с помощью протокола SDO Upload.

Аварийные сообщения

При наступлении аварийной ситуации, устройства передают данную информацию MASTER-у, используя протокол EMCY.

* + 1. Подключение сервисного разъёма

При подключении сервисного разъёма к плате БИ(У)-00 или БИ(У)-01, посылается аварийное сообщение EMCY, где поле ErrCode = 0x0006 - код «подключение сервисного разъёма», бит 5 регистра ошибки – «признак подключения сервисного разъёма» установлен в 1.

Устройство переходит в состояние Stopped.

Работа устройства в сети приостанавливается.

После отключения сервисного разъёма, устройство переходит в состояние Initialisation, происходит сброс устройства, выдается в сеть сообщение BOOT UP и устройство переходит в состояние Pre-Operational.

* + 1. Вскрытие корпуса КИП

Аварийное сообщение «Вскрытие» передаётся при срабатывании датчика вскрытия в сеть CAN БИ(У)-00 напрямую однократно.

У БИ(У)-01 аварийное сообщение «вскрытие» передаётся через шлюз интерфейсов ПБК-8 и ПБК-1 сразу после наступления данного события во время сеанса связи между БИ(У)-01 и шлюзом. Шлюз посылает после приёма, аварийное сообщение «вскрытие» в сеть CAN, также однократно.

Если при передаче от БИ(У)-01 нет ответа от шлюза, то сообщения передаются с периодом 10 секунд. Число повторов 5 раз. После этого БИ(У)-01 должна перейти в режим «сна».

Если сеанс связи между БИ(У)-01 и шлюзом прошел успешно, то повторные сообщения «вскрытие» между БИ(У)-01 и шлюзом больше не передаются

Для получения состояния датчика вскрытия от платы БИ(У)-01, устройство должно быть включено для проверки датчика вскрытия через определённый промежуток времени, равный 30 минутам. При устранении ошибки «вскрытие», БИ(У)-01 должно передать информацию об устранении ошибки шлюзу. Текущее состояние датчика вскрытия должно быть доступно в поле tamper объектного словаря по индексу 0x2015. Если ошибка «вскрытие» не устранена, проверка должна выполняться до устранения ошибки, но не более 5 раз.

Если период измерения установлен меньше чем 30 минут, то проверку датчика вскрытия проводить во время измерений.

При возникновении ошибки «вскрытие» в любом состоянии БИ(У)-01, сообщение должно быть передано в шлюз сразу.

Включения БИ(У)-01, для проверки состояния датчика вскрытия и передача аварийных сообщений, не должны влиять на время следующего «планового» «пробуждения» БИ(У)-01, то есть на период измерения.

Контроль наличия связи с устройством

MASTER сети должен контролировать наличие связи с устройствами используя протокол NODE GUARD. По восстановлению связи с устройством необходимо проверить его текущий режим работы и перевести в необходимый режим.

1. Используемые сервисы протокола CANOpen

Протокол SYNC

Устройства в сети передают данные после процедуры измерения, т.е. устройство по истечению периода цикла измерения производит измерения параметров, по пришедшему запросу SYNC передаёт эти данные и на последующие запросы SYNC не отвечает до следующего цикла измерения.

Протокол EMCY

Сообщения об ошибках формируются сразу по наступлению данного события, сообщение об устранении всех ошибок (ErrCode = 0x0000) формируется, только когда у устройства пропали все условия ошибок. Текущее состояние устройства (активные ошибки) доступны через сервис SDO и PDO2 Receive. Аварийное сообщение «Вскрытие», формируется и передаётся сразу после фактического наступления этого события, без учёта состояния, в котором находилось БИ(У). Аварийное сообщение «Батарея разряжена» формируется и передаётся БИ(У)-01, после процедуры измерения и передачи данных, а сообщение «Основное питание ниже нормы» - до процедуры измерения. Аварийное сообщение «Основное питание ниже нормы» у БИ(У)-00 контролируется и формируется по истечении таймера периода измерения питающего напряжения. Аварийное сообщение «Подключен сервисный разъём», передаётся сразу после подключения сервисного разъёма. При отключении сервисного разъёма отдельных сообщений по протоколу EMCY не передаётся.

При обработке сообщений по этому протоколу сначала проверяется двухбайтное поле кода ошибки ErrCode, затем битовое поле регистра ошибки err\_reg. Код ошибки ErrCode указывает на источник ошибки, соответствующий бит в регистре ошибки err\_reg на наличие или отсутствие конкретной ошибки.

Протокол NODE GUARD

MASTER сети с помощью этого протокола контролирует наличие связи с отдельным устройством. При наличии в сети устройств с одинаковыми Node-ID, с помощью этого протокола, осуществляется их обнаружение по приходу нескольких сообщений от устройств сети с одинаковым полем COB-Id. Источником сообщений с одинаковым COB-Id могут быть некорректно настроенные БИ(У)-00 и/или БИ(У)-01, подключенные через шлюзы интерфейсов. Для локализации устройств в сети с одинаковым Node-ID используется протокол SDO Upload (чтение серийного номера устройства).

Протокол NMT

Все устройства в сети по подаче питания, переходят в состояние Initialisation, выдают в сеть сообщение BOOTUP и переходят в состоянии Pre-Operational, затем MASTER сети с помощью этого протокола, переводит все устройства в состояние Operational. Также в процессе работы MASTER может перевести отдельное устройство или все устройства сети в состояние Stopped, Pre-Operational, Operational, Initialisation.

При переводе устройства в состояние Initialisation происходит сброс устройства с выдачей сообщения BOOT UP по шине CAN.

Протокол PDO Receive

Используется широковещательная запись времени во все устройства в сети. Шлюз интерфейсов также принимает время и продолжает его отсчёт. Доступно только PDO1 Receive. Как только БИ(У)-01 пытается зарегистрироваться на канале шлюза – шлюз записывает текущее время в БИ(У)-01. Время в БИ(У)-01 записывается также при каждом запросе SDO либо записью в PDO1.

Протокол PDO Transmit

Используется для передачи данных MASTER-у сети по приходу SYNC сообщения после проведения цикла измерения контролируемых параметров. Всего доступно до 4-х PDO Transmit. Если параметры, расположенные в PDO Transmit находятся в неактивном состоянии, то соответствующее PDO Transmit не передаётся в цикле передачи данных.

Протокол SDO Upload

Используется для чтения настроечных параметров устройств и всех измеренных параметров, в соответствии со словарём объекта. Младший байт передаётся первым.

Протокол BOOT UP

Устройства в сети, по подаче питания, переходят в состояние Initialisation и выдают данное сообщение, сигнализирующее, что на устройство подано питание, оно сброшено и устройство перешло в состояние Pre-Оperational.

При переводе устройства в сети в состояние Initialisation, оно должно быть сброшено, и должно выдавать данное сообщение.

1. Особенности работы с БИ(У)-01 через шлюз интерфейсов

Протокол SYNC

Устройства в сети отвечают на запросы SYNC после процедуры измерения, т.е. устройство по истечению периода цикла измерения проводит измерения параметров и передает их в шлюз. Шлюз по пришедшему запросу SYNC передает эти данные и на последующие запросы SYNC не отвечает до следующего прихода данных от БИ(У)-01.

По запросу SYNC передаются только те PDO, в которых активны измерения данных в БИ-У. Это относится как к шлюзу, так и БИ(У)-01.

Протокол EMCY

Сообщения об ошибках формируются сразу по наступлению данного события, и передается устройством в шлюз. Шлюз передает это сообщение MASTER-у сети. Сообщение об устранении ошибок формируется тогда, когда у устройства пропали все условия ошибок и передается в шлюз и далее MASTER-у сети.

Сообщение об ошибке «вскрытие» с установленным в 1 битом 0 регистра ошибки err\_reg передаётся по шине CAN шлюзом, при поступлении в шлюз сообщения «вскрытие» от БИ(У)-01.

По приходу в шлюз от БИ(У)-01 сообщения о устранении ошибки вскрытия, шлюз запоминает текущее значение, отсутствие вскрытия, в объектном словаре с индексом 0x2015.

Значение поля объектного словаря с индексом 0x2015 должно быть доступно для чтения в любой момент времени, без выдачи исключения(0x0504 0000 SDO protocol timed out).

Шлюз интерфейсов при возникновении ошибок регистрации и дублирования адресов формирует сообщения об этих ошибках и сбрасывает ошибки через 1 секунду. Дополнительные данные, полученные шлюзом при приёме аварийного сообщения от БИ(У)-01 не обрабатываются и не передаются по SYNC.

Протокол NODE GUARD

Шлюз отвечает на запросы NODE GUARD в том случае, если БИ(У)-01 уже передала данные шлюзу, а запрос NODE GUARD еще не подавался. На последующие запросы NODE GUARD шлюз не отвечает до следующего прихода данных от БИ(У)-01.

Протокол NMT

Все устройства, зарегистрированные в шлюзе, при подаче питания переходят в состояние Initialisation, сбрасываются и переходят в состояние Pre-Operational, затем MASTER сети переводит все устройства в активный режим специальной командой. Также MASTER может в процессе работы перевести режим работы устройств в режим Pre-Operational, Stop и Initialisation.

При переводе устройства в состояние Initialisation происходит сброс устройства с выдачей сообщения BOOT UP по шине CAN.

Протокол SDO Upload

При запросе по протоколу SDO шлюз на первый запрос выдает исключение (0x0504 0000 SDO protocol timed out), и ставит флаг для БИ(У)-01 на обновление данных. После второго запроса SDO шлюз передает принятые данные от БИ(У)-01 MASTER-у сети при повторном запросе от MASTER-а сети.

Исключение составляет значение поля tamper, состояние датчика вскрытия, размещённого по индексу 0x2015. Значение поля объектного словаря с индексом 0x2015 должно быть доступно для чтения в любой момент времени, без выдачи исключения(0x0504 0000 SDO protocol timed out).

1. Измеряемые данные, объектный словарь, их формат и представление в CAN

Формат данных в словаре БИ(У)-00

Таблица 2. Формат данных в словаре БИ(У)-00.

| Индекс | Название | Формат данных (scaler) | Единица измерения | Описание, диапазон (диапазон допустимых значений hex) | | Cигнатура | Доступ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x2000 | device\_type | UInt16 | Нет | Тип устройства: 0x2652 | |  | RO |
| 0x2001 | fw\_version | UInt16 | Нет | Версия ПО | |  | RO |
| 0x2002 | hw\_version | UInt16 | Нет | Версия аппаратной части | |  | RO |
| 0x2003 | serial\_number1 | UInt16 | Нет | Серийный номер устройства | Старшие 2 байта |  | RO |
| 0x2004 | serial\_number2 | UInt16 | Нет | Средние 2 байта |  | RO |
| 0x2005 | serial\_number3 | UInt16 | Нет | Младшие 2 байта |  | RO |
| 0x2006 | vcard\_chksum | UInt16 | Нет | Визитная карточка | |  | RO |
| 0x2007 | vendor\_id | UInt16 | Нет | Код производителя | |  | RO |
| 0x2008 | polarisation\_pot | NgkFloat (x0,01) | В | Поляризационный потенциал, дополнительный код, ±2 В  (0хFF38-0х00C8) | | 0x7FFF | RO |
| 0x2009 | protection\_pot | NgkFloat (x0,01) | В | Защитный потенциал, дополнительный код, ±50 В (0хEC78-0х1388) | | 0x7FFF | RO |
| 0x200A | induced\_ac | UInt16 | В | Наведенное переменное напряжение, 0 – 100 В (0х0000-0х0064) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200B | protection\_cur | NgkUFloat (x0,05) | А | Ток катодной защиты, 0 -150 А (0х0000-0х0BB8) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200C | polarisation\_cur | NgkFloat (x0,01) | mA | Ток поляризации, дополнительный код, ± 300 мА (0х8ADO-0x7530) | | 0x7FFF | RO |
| 0x200D | aux\_cur1 | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток канала 1, 4 – 20 мА (0х0190-0x07D0) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200E | aux\_cur2 | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток канала 2, 4 – 20 мА (0х0190-0x07D0) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200F | corrosion\_depth | UInt16 | мкм | Глубина коррозии, 0 – 65534 мкм (0х0000-0xFFFE) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2010 | corrosion\_speed | UInt16 | мкм/год | Скорость коррозии, 0 – 65534 мкм/год (0х0000-0xFFFE) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2011 | usikp\_state | UInt8 | Нет | Состояние УСИКПСТ 0x00 – норма 0xFF – нет связи Либо код исключения от УСИКПСТ | |  | RO |
| 0x2012 | reserved1 (supply\_voltage) | NgkUFloat (x0,05) | В | Питающее напряжение, 9 – 55 В (0х00B4-0x044С) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2013 | battery\_voltage | NgkUFloat (x0,01) | В | Напряжение внутренней батареи, 1,8 – 3,6 В (0х00В4-0x0168) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2014 | reserved |  |  |  | |  | RO |
| 0x2015 | Tamper | NgkBoolean | Нет | Вскрытие (True – есть вскрытие, False – нет вскрытия) | |  | RO |
| 0x2016 | reserved2 (supply\_voltage\_low) | NgkBoolean | Нет | Напряжение внешнего питания ниже нормы | | False | RO |
| 0x2017 | battery\_voltage\_low | NgkBoolean | Нет | Напряжение внутренней батареи ниже нормы (True – ниже, False – норма) | |  | RO |
| 0x2018 | corrosion\_sense1 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 1. [True – норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x2019 | corrosion\_sense2 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 2. [True – норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x201A | corrosion\_sense3 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 3. [True – норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x201B | polarisation\_cur\_dc | NgkFloat (x0,01) | mA | Ток натекания ВЭ постоянный, дополнительный код, ± 300 мА (0х8ADO-0x7530) | | 0x7FFF | RO |
| 0x201C | polarisation\_cur\_ac | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток натекания ВЭ переменный, 0 - 300 мА (0х0000-0x7530) | | 0xFFFF | RO |
| 0x201D | reserved3 |  |  |  | |  |  |
| 0x201E | meas\_period | UInt32 | Сек. | Период измерений и передачи, 1сек - 7сут (0х0000 0001-0x0009 3A80) 0x0000 0000 – измерять постоянно. 0xFFFF FFFF -передача данных только по запросу. | |  | RW |
| 0x201F | reserved4 |  |  |  | |  |  |
| 0x2020 | reserved5 (meas\_supply\_period) | UInt16 | Сек. | Период измерения питающего напряжения, 1 – 100 сек (0х0001-0x0064) | |  | RW |
| 0x2021 | usikp\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса УСИКПСТ, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2022 | corr\_sense\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса датчиков коррозии, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2023 | aux1\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса канала 1, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2024 | aux2\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса канала 2, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2025 | reserved6 |  |  |  | |  |  |
| 0x2026 | shunt\_nom | UInt16 | А | Номинал шунта: Ряд 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150. (0х000A, 0x0014, 0x001E, 0x0032, 0x004B, 0x0064, 0x0096) | |  | RW |
| 0x2027 | polarisation\_pot\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения поляризационного потенциала | |  | RW |
| 0x2028 | protection\_pot\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения защитного потенциала | |  | RW |
| 0x2029 | protection\_cur\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения защитного тока | |  | RW |
| 0x202A | polarisation\_cur\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения поляризационного тока | |  | RW |
| 0x202B | induced\_ac\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения наведенного напряжения | |  | RW |
| 0x202C | prot\_pot\_ext\_range | NgkBoolean | Нет | Расширенный диапазон защитного потенциала | |  | RW |
| 0x202D | polarisation\_cur\_dc\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения тока натекания ВЭ постоянного | |  | RW |
| 0x202E | polarisation\_cur\_ac\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения тока натекания ВЭ переменного | |  | RW |
| 0x202F | status\_flags\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение передачи слова состояния | |  | RW |
| 0x2030 | pdo\_flags | UInt16 0 бит – наличие PDO1 1 бит – наличие PDO2 2 бит – наличие PDO3 3 бит – наличие PDO4 | Нет | Разрешение или запрещение передачи PDO 1 – включен 0 – выключен | |  | RW |
| 0x2031 | datetime | UInt32 | Сек. | Текущее время в формате Unix-POSIX (0х00000000-0xFFFFFFFF) | |  | RW |

Формат данных в словаре БИ(У)-01

Таблица 3. Формат данных в словаре БИ(У)-01.

| Индекс | Название | Формат данных (scaler) | Единица измерения | Описание, диапазон (диапазон допустимых значений hex) | | Cигнатура | Доступ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x2000 | device\_type | UInt16 | Нет | Тип устройства: 0x2653 | |  | RO |
| 0x2001 | fw\_version | UInt16 | Нет | Версия ПО | |  | RO |
| 0x2002 | hw\_version | UInt16 | Нет | Версия аппаратной части | |  | RO |
| 0x2003 | serial\_number1 | UInt16 | Нет | Серийный номер устройства | Старшие 2 байта |  | RO |
| 0x2004 | serial\_number2 | UInt16 | Нет | Средние 2 байта |  | RO |
| 0x2005 | serial\_number3 | UInt16 | Нет | Младшие 2 байта |  | RO |
| 0x2006 | vcard\_chksum | UInt16 | Нет | Визитная карточка | |  | RO |
| 0x2007 | vendor\_id | UInt16 | Нет | Код производителя | |  | RO |
| 0x2008 | polarisation\_pot | NgkFloat (x0,01) | В | Поляризационный потенциал, дополнительный код, ±2 В (0хFF38-0х00C8) | | 0x7FFF | RO |
| 0x2009 | protection\_pot | NgkFloat (x0,01) | В | Защитный потенциал, дополнительный код, ±50 В (0хEC78-0х1388) | | 0x7FFF | RO |
| 0x200A | induced\_ac | UInt16 | В | Наведенное переменное напряжение, 0 – 100 В (0х0000-0х0064) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200B | protection\_cur | NgkUFloat (x0,05) | А | Ток катодной защиты, 0 -150 А (0х0000-0х0BB8) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200C | polarisation\_cur | NgkFloat (x0,01) | mA | Ток поляризации, дополнительный код, ± 300 мА (0х8AD0-0x7530) | | 0x7FFF | RO |
| 0x200D | aux\_cur1 | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток канала 1, 4 – 20 мА (0х0190-0x07D0) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200E | aux\_cur2 | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток канала 2, 4 – 20 мА (0х0190-0x07D0) | | 0xFFFF | RO |
| 0x200F | corrosion\_depth | UInt16 | мкм | Глубина коррозии, 0 – 65534 мкм (0х0000-0xFFFE) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2010 | corrosion\_speed | UInt16 | мкм/год | Скорость коррозии, 0 – 65534 мкм/год (0х0000-0xFFFE) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2011 | usikp\_state | UInt8 | Нет | Состояние УСИКПСТ 0x00 – норма 0xFF – нет связи Либо код исключения от УСИКПСТ | |  | RO |
| 0x2012 | reserved1 (supply\_voltage) | NgkUFloat (x0,05) | В | Питающее напряжение (0х00B4-0x044С) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2013 | battery\_voltage | NgkUFloat (x0,01) | В | Напряжение внутренней батареи, 1,8 – 3,6 В (0х00В4-0x0168) | | 0xFFFF | RO |
| 0x2014 | int\_temp | Int16 | °С | Температура с встроенного датчика, дополнительный код,  -40 ­- +85°С (0xFFD8-0x0055) | | 0x7FFF | RO |
| 0x2015 | tamper | NgkBoolean | Нет | Вскрытие (True – есть вскрытие, False – нет вскрытия) | |  | RO |
| 0x2016 | reserved2 (supply\_voltage\_low) | NgkBoolean | Нет | Напряжение питания ниже нормы | | False | RO |
| 0x2017 | battery\_voltage\_low | NgkBoolean | Нет | Напряжение внутренней батареи ниже нормы (True – ниже, False – норма) | |  | RO |
| 0x2018 | corrosion\_sense1 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 1. [True - норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x2019 | corrosion\_sense2 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 2. [True - норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x201A | corrosion\_sense3 | NgkBoolean | Нет | Состояние датчика коррозии 3. [True - норма. False - обрыв.] | |  | RO |
| 0x201B | polarisation\_cur\_dc | NgkFloat (x0,01) | mA | Ток натекания ВЭ постоянный, дополнительный код, ± 300 мА (0х8ADO-0x7530) | | 0x7FFF | RO |
| 0x201C | polarisation\_cur\_ac | NgkUFloat (x0,01) | mA | Ток натекания ВЭ переменный, 0 - 300 мА (0х0000-0x7530) | | 0xFFFF | RO |
| 0x201D | reserved3 |  |  |  | |  |  |
| 0x201E | meas\_period | UInt32 | Сек. | Период измерений и передачи, 10сек - 7сут (0х0000 000A - 0x0009 3A80) 0xFFFF FFFF -передача данных только по запросу. | |  | RW |
| 0x201F | reserved4 |  |  |  | |  |  |
| 0x2020 | reserved5 (meas\_supply\_period) |  |  |  | |  |  |
| 0x2021 | usikp\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса УСИКПСТ, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2022 | corr\_sense\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса датчиков коррозии, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2023 | aux1\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса канала 1, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2024 | aux2\_period | NgkUInt16 (x10) | Сек. | Период опроса канала 2, 10сек - 7сут (0х0001-0xFFFE) =0xFFFF – если отключен. | |  | RW |
| 0x2025 | reserved6 |  |  |  | |  |  |
| 0x2026 | shunt\_nom | UInt16 | А | Номинал шунта Ряд 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150. (0х000A, 0x0014, 0x001E, 0x0032, 0x004B, 0x0064, 0x0096) | |  | RW |
| 0x2027 | polarisation\_pot\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения поляризационного потенциала | |  | RW |
| 0x2028 | protection\_pot\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения защитного потенциала | |  | RW |
| 0x2029 | protection\_cur\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения защитного тока | |  | RW |
| 0x202A | polarisation\_cur\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения поляризационного тока | |  | RW |
| 0x202B | induced\_ac\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения наведенного напряжения | |  | RW |
| 0x202C | prot\_pot\_ext\_range | NgkBoolean | Нет | Расширенный диапазон защитного потенциала | |  | RW |
| 0x202D | polarisation\_cur\_dc\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения тока натекания ВЭ постоянного | |  | RW |
| 0x202E | polarisation\_cur\_ac\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение измерения тока натекания ВЭ переменного | |  | RW |
| 0x202F | status\_flags\_en | NgkBoolean | Нет | Разрешение передачи слова состояния | |  | RW |
| 0x2030 | pdo\_flags | UInt16 0 бит – наличие PDO1  1 бит – наличие PDO2 2 бит – наличие PDO3 3 бит – наличие PDO4 | Нет | Разрешение или запрещение передачи PDO 1 – включен 0 – выключен | |  | RW |
| 0x2031 | datetime | UInt32 | Сек. | Текущее время в формате Unix-POSIX (0х00000000-0xFFFFFFFF) | |  | RW |

Типы данных в таблицах:

Int16 – 16 битное число со знаком.

UInt8, UInt16, UInt32 – соответственно 8, 16 и 32 битное число без знака.

NgkUInt16 – 16-ти битное число без знака. Для получения значения параметра, его необходимо умножить на scaler. Scaler у данного типа всегда больше 1.

NgkFloat - 16-ти битное число со знаком, представленное в дополнительном коде. Для получения значения параметра, его необходимо умножить на scaler. Scaler у данного типа всегда меньше 1.

NgkUFloat - 16-ти битное число без знака. Для получения значения параметра, его необходимо умножить на scaler. Scaler у данного типа всегда меньше 1.

NgkBoolean – 8-ми битное число, значения которого могут принимать true (больше 0x00) и false (равное 0x00).

Scaler – множитель для каждого параметра, представленного как NgkUInt16, NgkFloat или NgkUFloat. Также определяет точность каждого параметра (количество знаков после запятой).

Доступ:

RO – доступ только для чтения.

RW – доступ чтение/запись.

Сигнатура:

Значения, хранимые в объектном словаре при отсутствии измерений или их недостоверности. Значение указанное в графе устанавливается при включении питания или сбросе БИ(У)-00, БИ(У)-01 и шлюзов ПБК-8, ПБК-1.

Расположение объектов в PDO

* + 1. 1-й Transmit PDO

Таблица 4. Размещение объектов в PDO1 transmit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поле | Бит | Передаваемое значение | Индекс в объектном словаре | Описание |
| COB-ID |  | 0x180 + Node-ID |  |  |
| rtr |  |  |  | флаг |
| 0 |  | polarisation\_pot | 0x2008 | Поляризационный потенциал |
| 1 |  |
| 2 |  | protection\_pot | 0x2009 | Защитный потенциал |
| 3 |  |
| 4 |  | induced\_ac | 0x200A | Наведенное переменное напряжение |
| 5 |  |
| 6 |  | protection\_cur | 0x200B | Ток катодной защиты |
| 7 |  |

* + 1. 2-й Transmit PDO

Таблица 5. Размещение объектов в PDO2 transmit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поле | Бит | Передаваемое значение | Индекс в объектном словаре | Описание |
| COB-ID |  | 0x280 + Node-ID |  |  |
| Rtr |  | 0 |  | флаг |
| 0 |  | polarisation\_cur | 0x200C | Поляризационный ток |
| 1 |  |
| 2 |  | aux\_cur1 | 0x200D | Ток канала 1 |
| 3 |  |
| 4 |  | aux\_cur2 | 0x200E | Ток канала 2 |
| 5 |  |
| 6 | 0 | tamper | 0x2015 | Вскрытие |
| 1 | supply\_voltage\_low | 0x2016 | Напряжение питания ниже нормы |
| 2 | battery\_voltage\_low | 0x2017 | Напряжение внутренней батареи ниже нормы |

* + 1. 3-й Transmit PDO

Таблица 6. Размещение объектов в PDO3 transmit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поле | Бит | Передаваемое значение | Индекс в объектном словаре | Описание |
| COB-ID |  | 0x380 + Node-ID |  |  |
| rtr |  | 0 |  | флаг |
| 0 |  | corrosion\_depth | 0x200F | Глубина коррозии |
| 1 |  |
| 2 |  | corrosion\_speed | 0x2010 | Скорость коррозии |
| 3 |  |
| 4 |  | usikp\_state | 0x2011 | Состояние УСИКПСТ |
| 5 | 0 | corrosion\_sence1 | 0x2018 | 1-й датчик коррозии |
| 1 | corrosion\_sence2 | 0x2019 | 2-й датчик коррозии |
| 2 | corrosion\_sence3 | 0x201A | 3-й датчик коррозии |

* + 1. 4-й Transmit PDO

Таблица 7. Размещение объектов в PDO4 transmit

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поле | Бит | Передаваемое значение | Индекс в объектном словаре | Описание |
| COB-ID |  | 0x480 + Node-ID |  |  |
| rtr |  | 0 |  | флаг |
| 0 |  | polarisation\_cur\_dc | 0x201B | Ток натекания ВЭ постоянный |
| 1 |  |
| 2 |  | polarisation\_cur\_ac | 0x201С | Ток натекания ВЭ переменный |
| 3 |  |

* + 1. 1-й Receive PDO

Таблица 8. Размещение объектов в PDO1 receive

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поле | Бит | Передаваемое значение | Индекс в объектном словаре | Описание |
| COB-ID |  | 0x200 |  |  |
| rtr |  | 0 |  | флаг |
| 0 |  | datetime | 0x2031 | Текущее время в формате Unix TimeStamp |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

1. Контекст запросов и примеры ответов.

Сообщение CANOpen

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| COB-Id | rtr | d0 | d1 | … | d7 |

Данные в фрейме CAN находятся в формате LSB (little endian)

Число 0x01020304 , будет представлено как

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| XXX | rtr | 04 | 03 | 02 | 01 |
| COB-ID | rtr | d0 | d1 | d2 | d3 |

XXX - COB-ID: идентификатор CAN сообщения, обычно 11 бит

Расшифровка:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Function code | | | | Node-ID | | | | | | |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 4 бита | | | | 7 бит | | | | | | |

Function Code (bin):

NMT : 0000;

EMCY : 0001; от Slave к Master;

SYNC : 0001; от Master к Slave;

PDO Receive : 0100;

PDO Transmit : 0011, 0101, 0111, 1001;

SDO Upload : 1011, от Slave к Master;

SDO Upload : 1100, от Master к Slave;

BOOT UP : 1110 от Slave к Master;

NODE GUARD : 1110 от Master к Slave;

зарезервированы : 0010, 0110, 1111, 1010, 1101, 1000

Rtr: 0 – обычное сообщение

1 – удаленный запрос на передачу. Не содержит данных.

Dn: байты данных. Сообщение может содержать от 0 до 8 байт данных

Протокол NODE GUARD

Чтобы узнать состояние узла, MASTER сети посылает

|  |  |
| --- | --- |
| 0x700+Node\_ID | 1 |
| COB-ID | rtr |

Ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0x700+Node-ID | 0 | t|state |
| COB-ID | rtr | 0 |

t|state:

t – 1 бит, переключается при каждом запросе

state –

0x04 = stopped

0x05 = operational

0x7F = pre-operational

Ответ в состоянии:

operational: 0x05 или 0x85 в зависимости от бита t.

stopped: 0x04 или 0x84 в зависимости от бита t.

pre-operational: 0x7F или 0xFF в зависимости от бита t.

Пример:

Чтобы узнать состояние узла с адресом 2, MASTER посылает запрос

|  |  |
| --- | --- |
| 0x702 | 1 |
| COB-ID | rtr |

Протокол BOOT UP

Когда узел переходит в состояние pre-operational из initialization, он посылает сообщение:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0x700+Node-ID | 0 | 0x00 |
| COB-ID | rtr | 0 |

То-же сообщение выдаёт шлюз при регистрации в нём БИ(У)-01.

Протокол SDO Upload

Чтобы прочитать данные, нужно послать запрос:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x600+Node-ID | 0 | 40 | index | | subindex | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

COB-ID = 0x600 + Node-ID

Ответ (успешный ):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x580+Node-ID | 0 | DL | index | | subindex | d0 | d1 | d2 | d3 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

0 – флаг rtr

DL – длина возвращаемых данных

0x4F – 1байт

0x4B – 2 байта

0x47 – 3 байта

0x43 – 4 байта

Index – индекс в словаре,(2 байта);

Subindex- подиндекс, (1 байт);

d0, d1, d2, d3 – байты данных, равны нулю, если отсутствуют.

d0 – младший байт передаваемого параметра. Младший байт передаётся первым.

Ответ при неудаче:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x580+Node-ID | 0 | 80 | index | | subindex | SDO abort code | | | |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Примеры:

Чтобы прочитать 4 байта данных 0x01020304 по индексу 0x202D, подиндекс 00 узел сети 02:

Запрос:

602 40 2D 20 00 00 00 00 00

Ответ:

582 43 2D 20 00 04 03 02 01

**Коды исключений SDO:**

Abort code (hexa)

0x0503 0000 Toggle bit not alternated

0x0504 0000 SDO protocol timed out

0x0504 0001 Client/server command specifier not valid or unknown

0x0504 0002 Invalid block size (block mode only)

0x0504 0003 Invalid sequence number (block mode only)

0x0504 0004 CRC error (block mode only)

0x0504 0005 Out of memory

0x0601 0000 Unsupported access to an object

0x0601 0001 Attempt to read a write only object

0x0601 0002 Attempt to write a read only object

0x0602 0000 Object does not exist in the object dictionary

0x0604 0041 Object cannot be mapped to the PDO

0x0604 0042 The number and length of the objects to be mapped whould exceed PDO length

0x0604 0043 General parameter incompatibility reason

0x0604 0047 General internal incompatibility in the device

0x0606 0000 Access failed due to a hardware error

0x0607 0010 Data type does not match, length of service parameter does not match

0x0607 0012 Data type does not match, length of service parameter too high

0x0607 0013 Data type does not match, length of service parameter too low

0x0609 0011 Sub-index does not exist.

0x0609 0030 Value range of parameter exceeded (only for write access)

0x0609 0031 Value of parameter written too high

0x0609 0032 Value of parameter written too low

0x0609 0036 Maximum value is less than minimum value

0x0800 0000 General error

0x0800 0020 Data cannot be transferred or stored to the application

0x0800 0021 Data cannot be transferred or stored to the application because of local control

0x0800 0022 Data cannot be transferred or stored to the application because ofthe present device state

0x0800 0023 Object dictionary dynamic generation fails or no object dictionary is present.

Протокол SYNC

SYNC используется MASTER-ом сети для получения от устройств сети сообщений PDO transmit.

|  |  |
| --- | --- |
| 0x080 | 0 |
| COB-ID | rtr |

Протокол PDO transmit

Сообщение PDO

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| XXX | 0 | dataX | | dataY | | | |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

XXX – COB-ID = номер PDO(0x180, 0x280, 0x380, 0x480)+Node-ID

0 – флаг rtr

dataX – данные из первого PDO (2 байта)

dataY – данные из второго PDO (4 байта)

**Пример PDO1 transmit, передаваемый в ответ на SYNC (настроен в БИ-У №1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x181 | 0 | dataA | | dataB | | dataC | | dataD | |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

0x181 = 0x180+1 (номер PDO + Node-ID)

0 – флаг rtr

dataA – polarisation\_pot (поляризационный потенциал) (0x2008)

dataB – protection\_pot (защитный потенциал) (0x2009)

dataC – induced\_ac (наведенное напряжение) (0x200A)

dataD – protection\_cur (защитный ток) (0x200B)

**Пример PDO2 transmit, передаваемый в ответ на SYNC (настроен в БИ-У №1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x281 | 0 | dataA | | dataB | | dataC | | dataD |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

0x281 = 0x280+1 (номер PDO + Node-ID)

0 – флаг rtr

dataA – polarisation\_cur (поляризационный ток) (0x200C)

dataB – aux\_cur1 (ток канала 1) (0x200D)

dataC – aux\_cur2 (ток канала 2) (0x200E)

dataD – биты состояния. Расположение по битам:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | X | x | X | x | D3 | D2 | D1 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

D1 – tamper (вскрытие) (0x2015)

D2 – supply\_voltage\_low (напряжение питания ниже нормы) (0x2016)

D3 – battery\_voltage\_low (напряжение внутренней батареи ниже нормы) (0x2017)

**Пример PDO3 transmit, передаваемый в ответ на SYNC (настроен в БИ-У №1)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x381 | 0 | dataA | | dataB | | dataC | dataD |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

0x381 = 0x380+1 (номер PDO + Node-ID)

0 – флаг rtr

dataA – corrosion\_depth (Глубина коррозии) (0x200F)

dataB – corrosion\_speed (Скорость коррозии) (0x2010)

dataC – usikp\_state (Состояние УСИКПСТ) (0x2011)

0x00 – норма;

0xFF – нет связи;

либо код исключения от УСИКПСТ.

dataD – биты состояния датчиков коррозии. Расположение по битам:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | x | x | X | x | D3 | D2 | D1 |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

D1 – corrosion\_sence1 (1-й датчик коррозии) (0x2018)

D2 – corrosion\_sence1 (2-й датчик коррозии) (0x2019)

D3 – corrosion\_sence1 (3-й датчик коррозии) (0x201A)

1 – норма;

0 – обрыв.

**Пример PDO4 transmit, передаваемый в ответ на SYNC (настроен в БИ-У №1)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x481 | 0 | dataA | | dataB | |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 |

0x481 = 0x480+1 (номер PDO + Node-ID)

0 – флаг rtr

dataA – polarisation\_cur\_dc (ток натекания ВЭ постоянный) (0x201B)

dataB – polarisation\_cur\_ac (ток натекания ВЭ переменный) (0x201C)

Протокол PDO receive

Каждая БИ(У) имеет PDO1 receive. Используется для записи времени в устройство.

Изменяет данные datetime (текущее время) в словаре объекта (0x2031)

Поддерживается только широковещательная запись времени.

Пример PDO1, передаваемый в шлюз и БИ(У)-00 для установки времени.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x200 | 0 | 0xC4 | 0x73 | 0x11 | 0x54 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 |

0x200 – COB-ID для широковещательной установки времени

0 – флаг rtr

0x541173C4 – текущее время в формате Unix timestamp

Протокол NMT

Перевод узла сети в состояние Operational

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x01 | Node-ID |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети в состояние Stop

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x02 | Node-ID |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети в состояние Pre-Operational

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x80 | Node-ID |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети в состояние Initialisation.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x81 | Node-ID |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Примечание:

Для управления всеми узлами сети, используется Node-ID = 0x00

Примеры:

Перевод всех узлов сети в состояние Stopped:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x02 | 0x00 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети 0x06 в состояние Operational:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x01 | 0x06 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети 0x06 в состояние Pre-Operational:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x80 | 0x06 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Перевод узла сети 0x06 в состояние Initialisation:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 0x000 | 0 | 0x81 | 0x06 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 |

Протокол EMCY

Сообщение EMCY

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| XXX | 0 | ErrCode | | err\_reg | d0 | d1 | d2 | d3 | d4 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

XXX – COB-ID = 0x080 + Node-ID

0 – флаг rtr

ErrCode – код ошибки (2 байта)

err\_reg – содержимое регистра ошибки (1байт)

d0, d1, d2, d3, d4 – дополнительная информация (5 байт)

Пример EMCY, передаваемый в случае возникновения аварийной ситуации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x081 | 0 | ErrCode | | err\_reg | X | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COB-ID | rtr | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

0x081 = 0x080 + 1 (код EMCY + Node-ID)

0 – флаг rtr

ErrCode содержит код ошибки. Размер – 2 байта.

0x0000 – отсутствие ошибок.

0x0001 – вскрытие

0x0002 – ошибка внешнего питания

0x0003 – неисправность внутренней батареи питания

0x0004 – ошибка регистрации

0x0005 – ошибка дублирования адреса.

0x0006 – подключение сервисного разъёма.

err\_reg – содержимое регистра ошибки, начиная с 0 бита.

бит 0 – индицирует наличие в текущий момент времени ошибки вскрытия:

0 – нет вскрытия

1– есть вскрытие

бит 1 – наличие ошибки внешнего питания:

0 – питание в норме.

1 – ошибка питания.

бит 2 – неисправность внутренней батареи питания

0 – внутренняя батарея питания в норме

1 - неисправность внутренней батареи питания

бит 3 – ошибка регистрации БИ(У)-01.

Возникает при попытке регистрации БИ(У)-01 числом больше 10 на 1 порт ПБК-8 и 16 для ПБК-1.

0 – нет ошибки

1 – ошибка регистрации БИ(У)-01.

бит 4 – ошибка дублирования адреса БИ(У)-01: Возникает если в шлюзе уже зарегистрирована БИ(У)-01 с таким адресом или уже зарегистрированная в шлюзе БИ(У)-01 подключена через другой порт этого-же шлюза:

0 – нет ошибки

1 – совпали адреса БИ(У)-01

бит 5 – признак подключения сервисного разъёма.

1. – разъём не подключен.
2. – подключен сервисный разъём

X – номер канала шлюза, вызвавший сообщение. Значение от 1 до 4.

Для EMCY от БИ(У)-00, X всегда равен 0.

1. Обработка ошибок сети CAN

Обработка ошибок осуществляется контроллером CAN, используя счетчик ошибок передачи (TEC) и счетчик ошибок приема (REC), которые увеличиваются или уменьшаются согласно количеству ошибок. Когда TEC достигает значения 255, контроллер переходит в состояние BUS-Off, в котором выключены прием и передача сообщений. Устройства в сети выходят из этого состояния автоматически по приходу последовательности для восстановления (128 вхождений из 11 последовательных рецессивных бит на CANRX).