|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ  1-й заместитель  Генерального директора  ЗАО «СВЯЗЬ ИНЖИНИРИНГ»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Д.А. Овчинников  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2013г. |

Согласовано

Главный инженер

ООО НПО «Нефтегазкомплекс-ЭХЗ»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_П. Н. Авдяхин

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2013г.

**Интерфейс и протокол обмена данными НГК-ЭХЗ**

|  |
| --- |
|  |

Редакция 1.0

Заместитель главного инженера Руководитель направления

Маначинский Ю. А.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бирюков А. С.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Инженер-электроник Ведущий инженер

Куликов Н. В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ферцер П. В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Инженер-электроник Ведущий инженер

Петров Д. Ю.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Чудайкин Е. В.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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 NodeID в диапазоне от 1 до 127. NodeID 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) – 00 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) на один канал. Скорость обмена данными по интерфейсу CAN фиксированная - 10 кБит/сек. Регистрация БИ(У) в шлюзе производится по приходу новых данных на передачу от БИ(У) в сеть CAN. При возникновении ситуации, когда 11-е по счёту БИ(У) пытается зарегистрироваться в канале шлюза – шлюз формирует аварийное сообщение «Ошибка регистрации» Мастеру 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) с одинаковыми адресами шлюз формирует аварийное сообщение «Дублирование адреса» с информацией о канале (1-4) с задублированными устройствами. Если нет связи с Мастером сети и приходит новый пакет от БИ(У)- шлюз заменяет старые данные от этого БИ(У) новыми. Глубина буфера сообщений на передачу данных от Мастера сети к БИ(У) через шлюз - одно сообщение. При принятии от БИ(У) данных шлюз формирует ответную посылку, содержащую информацию о наличии запроса от Мастера сети к БИ(У) с содержанием этого запроса. БИ(У) обрабатывает этот запрос, выдаёт результат шлюзу и переходит в режим ожидания. Шлюз в свою очередь передаёт результат операции чтения параметра Мастеру сети по повторному запросу.

* 1. 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), 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.

* 1. Подача питания

Все устройства переходят в состояние Preoperational и выдают сообщение BOOT UP. Шлюз интерфейсов выдаёт это сообщение после успешной регистрации БИ(У)-01. Работа протоколов PDO Transmit и PDO Receive в этом режиме приостановлена.

* 1. Конфигурация сети

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

* 1. Рабочий цикл

Передачу данных от устройств определяет протокол SYNC. Как только прошел интервал времени измерений и измеренные данные у устройств готовы к передачи 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.

* 1. 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 Transmit.

* 1. Аварийные сообщения

По наступлению аварийной ситуации устройства передают данную информацию MASTER-у, используя протокол EMGCY.

* 1. Контроль наличия связи с устройством

MASTER может 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**
   1. 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.

* 1. Протокол EMCY

Сообщения об ошибках формируются сразу по наступлению данного события, сообщение об устранении ошибок 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, не учитывая, в каком состоянии 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 норму» у БИ(У)-00 контролируется и формируется по истечении таймера периода измерения питающего напряжения.

* 1. Протокол NODE GUARD

MASTER сети может контролировать наличие связи с отдельным устройством.

* 1. Протокол NMT

Все устройства в сети по подаче питания находятся в состоянии Preoperation, затем MASTER сети переводит все устройства в режим Active. Также в процессе работы MASTER может перевести отдельное устройство или все устройства сети в состояние Stop, Preoperation, Reset.

* 1. 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) 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.

* 1. Протокол PDO Transmit

Используется для передачи данных MASTER-у сети по приходу SYNC сообщения после проведения цикла измерения контролируемых параметров. Всего доступно до 3-х PDO Transmit. Если параметры, расположенные в PDO Transmit находятся в неактивном состоянии, то соответствующее PDO Transmit не передаётся в цикле передачи данных.

* 1. Протокол SDO Transmit

Используется для чтения настроечных параметров устройств и все измеренные параметры, в соответствии со словарём объекта.

* 1. Протокол BOOT UP

Устройства в сети по подаче питания выдают данное сообщение, сигнализирующее что на устройство подано питание и оно находиться в состоянии Preoperational.

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

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

* 1. *Протокол EMCY*

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

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) не обрабатываются и не передаются по SYNC.

* 1. *Протокол Node Guard*

Шлюз отвечает на данный запрос только тогда, когда у него есть от этой БИ не переданные данные.

* 1. *Протокол NMT*

Все устройства, зарегистрированные в шлюзе, по подаче питания находятся в состоянии pre-operational, затем Мастер сети переводит все устройства в активный режим специальной командой. Также Мастер может в процессе работы перевести режим работы устройств в режим pre-Operational и Stop.

* 1. *Протокол SDO*

При запросе по протоколу SDO шлюз на первый запрос выдает исключение (0504 0000 SDO protocol timed out), и ставит флаг для БИ(У) на обновление данных. После второго запроса SDO шлюз передает принятые данные от БИ Мастеру сети при повторном запросе от Мастера.

1. **Измеряемые данные, объектный словарь, их формат и представление в CAN**
   1. *Формат данных в словаре*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс | Название | Формат данных | Размерность в словаре | Описание |
| 0x2000 | device\_type | unsigned Int16 | UNS16 | Тип устройства |
| 0x2001 | fw\_version | unsigned Int16 | UNS16 | Версия ПО |
| 0x2002 | hw\_version | unsigned Int16 | UNS16 | Версия аппаратной части |
| 0x2003 | serial\_number1 | unsigned Int16 | UNS16 | Серийный номер устройства |
| 0x2004 | serial\_number2 | unsigned Int16 | UNS16 |
| 0x2005 | serial\_number3 | unsigned Int16 | UNS16 |
| 0x2006 | vcard\_chksum | unsigned Int16 | UNS16 | Визитная карточка |
| 0x2007 | vendor\_id | unsigned Int16 | UNS16 | Код производителя |
| 0x2008 | polarisation\_pot | signed Int16  1 bit=0,01 В | INT16 | Поляризационный потенциал, дополнительный код |
| 0x2009 | protection\_pot | signed Int16  1 bit=0,01 В | INT16 | Защитный потенциал,  дополнительный код |
| 0x200A | induced\_ac | unsigned Int16  1 bit=1 В | UNS16 | Наведенное переменное напряжение |
| 0x200B | protection\_cur | unsigned Int16  1 bit=0,05 А | UNS16 | Ток катодной защиты |
| 0x200C | polarisation\_cur | signed Int16  1 bit=0,1 mA | INT16 | Ток поляризации,  дополнительный код |
| 0x200D | aux\_cur1 | unsigned Int16  1bit=0,01mA | UNS16 | Ток канала 1 |
| 0x200E | aux\_cur2 | unsigned Int16  1bit=0,01mA | UNS16 | Ток канала 2 |
| 0x200F | corrosion\_depth | unsigned Int16  1 bit=1 мкм | UNS16 | Глубина коррозии |
| 0x2010 | corrosion\_speed | unsigned Int16  1 bit=1 мкм/год | UNS16 | Скорость коррозии |
| 0x2011 | usipk\_state | unsigned Int8 | UNS8 | Состояние УСИКПСТ |
| 0x2012 | supply\_voltage | unsigned Int16  1 bit=0,05 В | UNS16 | Питающее напряжение |
| 0x2013 | battery\_voltage | unsigned Int16  1 bit=0,01 В | UNS16 | Напряжение батареи |
| 0x2014 | int\_temp | signed Int16  1 bit == 1 °С | INT16 | Температура с встроенного датчика,  дополнительный код |
| 0x2015 | tamper | 1 – авария есть  0 – нет | UNS8 | Вскрытие |
| 0x2016 | supply\_voltage\_low | 1 – авария есть  0 – нет | UNS8 | Напряжение питания ниже нормы |
| 0x2017 | battery\_voltage\_low | 1 – авария есть  0 – нет | UNS8 | Напряжение батареи ниже нормы |
| 0x2018 | corrosion\_sense1 | 1 – датчик сработал  0 – нет | UNS8 | Состояние датчика коррозии 1 |
| 0x2019 | corrosion\_sense2 | 1 – датчик сработал  0 – нет | UNS8 | Состояние датчика коррозии 2 |
| 0x201A | corrosion\_sense3 | 1 – датчик сработал  0 – нет | UNS8 | Состояние датчика коррозии 3 |
| 0x201B | timestamp | Int 32  POSIX-время | UNS32 | Временная метка |
| 0x201C | reserved1 |  | UNS16 |
| 0x201D | device\_addr | unsigned Int16  1 bit=1 номер | UNS16 | Адрес устройства |
| 0x201E | meas\_period | unsigned Int32  1 bit == 1 сек. | UNS32 | Период измерений и передачи |
| 0x201F | reserved3 |  | UNS16 |
| 0x2020 | meas\_supply\_period | unsigned Int16  1 bit=1 сек. | UNS16 | Период измерения питающего напряжения |
| 0x2021 | usipk\_period | unsigned Int16  1 bit=10 сек. | UNS16 | Период опроса УСИКПСТ |
| 0x2022 | corr\_sense\_period | unsigned Int16  1 bit=10 сек. | UNS16 | Период опроса датчиков коррозии |
| 0x2023 | aux1\_period | unsigned Int16  1 bit=10 сек. | UNS16 | Период опроса канала 1 |
| 0x2024 | aux2\_period | unsigned Int16  1 bit=10 сек. | UNS16 | Период опроса канала 2 |
| 0x2025 | can\_speed | unsigned Int16  1 bit=1 кБит/с | UNS16 | Скорость передачи в сети CAN |
| 0x2026 | shunt\_nom | unsigned Int16  1 bit=1 А | UNS16 | Номинал шунта |
| 0x2027 | polarisation\_pot\_en | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Разрешение измерения поляр. потенциала |
| 0x2028 | protection\_pot\_en | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Разрешение измерения защитного потенциала |
| 0x2029 | protection\_cur\_en | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Разрешение измерения защитного тока |
| 0x202A | polarisation\_cur\_en | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Разрешение измерения поляризационного тока |
| 0x202B | induced\_ac\_en | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Разрешение измерения наведенного напряжения |
| 0x202C | prot\_pot\_ext\_range | 1 – включен  0 – выключен | UNS8 | Расширенный диапазон защитного потенциала |
| 0x202D | datetime | Int 32  POSIX-время | INT32 | Текущее время |

* 1. *Расположение объектов в PDO*
     1. 1-й Transmit PDO

Transmit PDO Communication Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1800h | 0 | Largest sub-index supported | 5 |
|  | 1 | COB-ID used by PDO | $NODEID+0x180 |
|  | 2 | Transmission type | 0x01 |
|  | 3 | Inhibit time | 0 |
|  | 4 | reserved | 0 |
|  | 5 | Event timer | 0 |

Transmit PDO Mapping Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1A00h | 0 | Number of mapped objects | 4 |
|  | 1 | PDO 1 Mapping for a process data variable 1 | polarisation\_pot (0x2008) |
|  | 2 | PDO 1 Mapping for a process data variable 2 | protection\_pot (0x2009) |
|  | 3 | PDO 1 Mapping for a process data variable 3 | induced\_ac (0x200A) |
|  | 4 | PDO 1 Mapping for a process data variable 4 | protection\_cur (0x200B) |

* + 1. 2-й Transmit PDO

Transmit PDO Communication Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1801h | 0 | Largest sub-index supported | 5 |
|  | 1 | COB-ID used by PDO | $NODEID+0x280 |
|  | 2 | Transmission type | 0x01 |
|  | 3 | Inhibit time | 0 |
|  | 4 | reserved | 0 |
|  | 5 | Event timer | 0 |

Transmit PDO Mapping Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1A01h | 0 | Number of mapped objects | 4 |
|  | 1 | PDO 2 Mapping for a process data variable 1 | polarisation\_cur (0x200C) |
|  | 2 | PDO 2 Mapping for a process data variable 2 | aux\_cur1 (0x200D) |
|  | 3 | PDO 2 Mapping for a process data variable 3 | aux\_cur2 (0x200E) |
|  | 4 | PDO 2 Mapping for a process data variable 4 | tamper (0x2015) |
|  |  | PDO 2 Mapping for a process data variable 5 | supply\_voltage\_low (0x2016) |
|  |  | PDO 2 Mapping for a process data variable 6 | battery\_voltage\_low (0x2017) |

* + 1. 3-й Transmit PDO

Transmit PDO Communication Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1802h | 0 | Largest sub-index supported | 5 |
|  | 1 | COB-ID used by PDO | $NODEID+0x380 |
|  | 2 | Transmission type | 0x01 |
|  | 3 | Inhibit time | 0 |
|  | 4 | reserved | 0 |
|  | 5 | Event timer | 0 |

Transmit PDO Mapping Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1A02h | 0 | Number of mapped objects | 6 |
|  | 1 | PDO 3 Mapping for a process data variable 1 | corrosion\_depth (0x200F) |
|  | 2 | PDO 3 Mapping for a process data variable 2 | corrosion\_speed (0x2010) |
|  | 3 | PDO 3 Mapping for a process data variable 3 | usipk\_state (0x2011) |
|  | 4 | PDO 3 Mapping for a process data variable 4 | corrosion\_sense1 (0x2018) |
|  | 5 | PDO 3 Mapping for a process data variable 5 | corrosion\_sense2 (0x2019) |
|  | 6 | PDO 3 Mapping for a process data variable 6 | corrosion\_sense3 (0x201A) |

* + 1. 1-й Receive PDO

Receive PDO Communication Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1400h | 0 | Largest sub-index supported | 5 |
|  | 1 | COB-ID used by PDO | 0x200 |
|  | 2 | Transmission type | 0x00 |
|  | 3 | Inhibit time | 0 |
|  | 4 | reserved | 0 |
|  | 5 | Event timer | 0 |

Receive PDO Mapping Parameter

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Index | Sub-Index | Comment | Default Value |
| 1600h | 0 | Number of mapped objects | 1 |
|  | 1 | PDO 1 Mapping for an application object 1 | datetime (0x201D) |

1. **Контекст запросов и примеры ответов.**
   1. *Сообщение CANOpen*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cobId | rtr | d0 | d1 | … | d7 |

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

Число 0x01020304 , будет представлено как

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cobId | rtr | 04 | 03 | 02 | 01 |

cobId: идентификатор CAN сообщения, обычно 11 бит

Расшифровка:

|  |  |
| --- | --- |
| Fct code |  |

4 бита 7 бит

Fct Code (bin): EMCY : 0001

PDO : 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010

SDOrx : 1011

SDOtx : 1100

NMT error control : 1110

NMT : 0000

SYNC : 0001

TIME STAMP : 0010

Rtr: 0 – обычное сообщение

1 – удаленный запрос на передачу. Не содержит данных.

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

* 1. *Протокол node guard*

Чтобы узнать состояние ноды, Мастер посылает

|  |  |
| --- | --- |
| 700+nodeId | 1 |

Ответ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 700+nodeId | 0 | t|state |

t|state:

t – 1 бит, переключается при каждом запросе

state – 4=stopped

5=operational

7F=pre-operational

Пример: Чтобы узнать состояние ноды с адресом 2, Мастер посылает запрос (rtr =1): 702

Ответ в состоянии operational: 702 или 782 в зависимости от бита t

* 1. *Протокол boot-up*

Когда нода переходит в состояние pre-operational из initialization, она посылает сообщение:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 700+nodeId | 0 | 00 |

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

* 1. *Протокол SDO*

Чтобы прочитать данные, нужно послать запрос:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 600+nodeId | 0 | 40 | in | dex | subindex | 0 | 0 | 0 | 0 |

Ответ (успешный ):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 580+nodeId | 0 | DL | in | dex | subindex | d0 | d1 | d2 | d3 |

0 – флаг rtr

DL – длина запроса

4F – 1байт

4B – 2 байта

47 – 3 байта

43 – 4 байта

Index – индекс в словаре, 2 байта

Subindex- подиндекс

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

Ответ при неудаче:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 580+nodeId | 0 | 80 | in | dex | subindex | sdo | abort | co | de |

Примеры:

Чтобы прочитать 4 байта данных 0x01020304 по индексу 0x202D, подиндекс 00 нода 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)

0503 0000 Toggle bit not alternated

0504 0000 SDO protocol timed out

0504 0001 Client/server command specifier not valid or unknown

0504 0002 Invalid block size (block mode only)

0504 0003 Invalid sequence number (block mode only)

0504 0004 CRC error (block mode only)

0504 0005 Out of memory

0601 0000 Unsupported access to an object

0601 0001 Attempt to read a write only object

0601 0002 Attempt to write a read only object

0602 0000 Object does not exist in the object dictionary

0604 0041 Object cannot be mapped to the PDO

0604 0042 The number and length of the objects to be mapped whould exceed PDO length

0604 0043 General parameter incompatibility reason

0604 0047 General internal incompatibility in the device

0606 0000 Access failed due to a hardware error

0607 0010 Data type does not match, length of service parameter does not match

0607 0012 Data type does not match, length of service parameter too high

0607 0013 Data type does not match, length of service parameter too low

0609 0011 Sub-index does not exist.

0609 0030 Value range of parameter exceeded (only for write access)

0609 0031 Value of parameter written too high

0609 0032 Value of parameter written too low

0609 0036 Maximum value is less than minimum value

0800 0000 General error

0800 0020 Data cannot be transferred or stored to the application

0800 0021 Data cannot be transferred or stored to the application because of local control

0800 0022 Data cannot be transferred or stored to the application because ofthe present device state

0800 0023 Object dictionary dynamic generation fails or no object dictionary is present.

* 1. *Протокол SYNC*

SYNC используется только для PDO.

|  |  |
| --- | --- |
| 80 | 0 |

* 1. *Протокол PDO transmit*

Сообщение PDO

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cobId | 0 | da | taX | d | a | t | aY |

cobId – номер PDO(0x180, 0x280, 0x380)+nodeID

0 – флаг rtr

dataX – данные из первого PDO (2 байта)

dataY – данные из второго PDO (4 байта)

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x181 | 0 | da | taA | da | taB | da | taC | da | taD |

0x181 – 0x180+1 (номер PDO + номер БИ)

0 – флаг rtr

dataA – polarisation\_pot (поляризационный потенциал)

dataB – protection\_pot (защитный потенциал)

dataC – induced\_ac (наведенное напряжение)

dataD – protection\_cur (защитный ток)

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x281 | 0 | da | taA | da | taB | da | taC | dataD |

0x281 – 0x280+1 (номер PDO + номер БИ)

0 – флаг rtr

dataA – polarisation\_cur (поляризационный ток)

dataB – aux\_cur1 (ток канала 1)

dataC – aux\_cur2 (ток канала 2)

dataD – биты состояния. Расположение по битам:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | x | x | x | x | x | D3 | D2 | D1 |

D1 – tamper (вскрытие)

D2 – supply\_voltage\_low

D3 – battery\_voltage\_low

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x381 | 0 | da | taA | da | taB | dataC | dataD |

0x381 – 0x380+1 (номер PDO + номер БИ)

0 – флаг rtr

dataA – corrosion\_depth (Глубина коррозии)

dataB – corrosion\_speed (Скорость коррозии)

dataC – usipk\_state (Состояние УСИКПСТ)

dataD – биты состояния датчиков коррозии. Расположение по битам:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | x | x | x | x | x | D3 | D2 | D1 |

D1 – 1-й датчик коррозии

D2 – 2-й датчик коррозии

D3 – 3-й датчик коррозии

* 1. *Протокол PDO receive*

Каждая БИ(У) имеет PDO1 receive. Используется для записи времени в устройство. Поддерживается только широковещательная запись времени.

Пример PDO1, передаваемый в шлюз для установки времени.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x200 | 0 | 0x60 | 0xD8 | 0xB1 | 0x51 |

0x200 – cobId для широковещательной установки времени

0 – флаг rtr

0x51B1D860 – текущее время в формате Unix timestamp

* 1. *Протокол NMT*

Перевод в режим Operational

000 01 nodeId

Перевод в режим Stop

000 02 nodeId

Перевод в режим pre-Operational

000 80 nodeId

Note : To command all the nodes, use nodeId = 00

Примеры:

Перевод ноды 0x06 в режим Operational: 000 01 06

Перевод ноды 0x06 в режим pre-Operational: 000 80 06

* 1. *Протокол EMCY*

Сообщение EMCY

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| error\_cobId | 0 | Err | Code | err\_reg | d0 | d1 | d2 | d3 | d4 |

error\_cobId – 0x80 + nodeID

0 – флаг rtr

ErrCode – код ошибки (2 байта)

err\_reg – содержимое регистра ошибки (0x1001 в словаре)

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

Пример EMCY, передаваемый в случае возникновения аварийной ситуации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0x81 | 0 | Err | Code | err\_reg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

0x81 – 0x80 + 1 (код EMCY + номер БИ)

0 – флаг rtr

ErrCode содержит номер бита ошибки, начиная с 1.

1 – вскрытие

2 – ошибка питания

3 – неисправность батареи питания

4 – ошибка регистрации

5 – ошибка дублирования адреса.

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

бит 0 индицирует наличие в текущий момент времени ошибки вскрытия;

бит 1 – наличие ошибки питания

бит 2 – неисправность батареи питания (только для БИ-У 01)

бит 3 – ошибка регистрации БИ-У 01

бит 4 – ошибка дублирования адреса БИ-У 01.

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).