

Simbi-10

Особенности реализации унифицированного протокола информационного обмена ГОСТ Р МЭК 60870-5-101

1 Вводная часть

Локализованная версия протокола базируется на следующих стандартах и рекомендациях:

- ГОСТ Р МЭК 60870-5-101- 2006;
- СО 34.48.160-2004 «Унифицированные протоколы информационного обмена» («Научно-исследовательский институт электроэнергетики» (ОАО «ВНИИЭ» 2004 г.);
- Спецификации отраслевых протоколов для прикладного, канального и физического уровней для обмена между энергообъектами и верхним уровнем управления («Научно-исследовательский институт электроэнергетики» (ОАО «ВНИИЭ» 2004 г.);
- «Методические рекомендации по реализации информационного обмена энергообъектов с корпоративной информационной системой ОАО «Системный оператор единой энергетической системы» по протоколу ГОСТ Р МЭК 60870-5-101», 2008 г;
- Стандарт ГПО «БЕЛЭНЕРГО» СТП 09110.48.528-09.

Протокол основан на трехуровневой модели «Структура повышенной производительности» (ЕРА), определенной в МЭК 60870-5-3.

Физический уровень соответствует модели двоичного симметричного канала без памяти в требуемой среде, чтобы сохранить высокий уровень достоверности данных при блочном кодировании на канальном уровне.

Канальный уровень содержит ряд процедур передачи по каналу, в явной форме использующих управляющую информацию канального протокола, что дает возможность передавать блоки данных прикладного уровня как данные пользователя канала. Канальный уровень использует выбор форматов кадра, чтобы обеспечить требуемую достоверность, эффективность и удобство передачи.

Прикладной уровень содержит ряд «Прикладных функций», включающих передачу блоков данных прикладного уровня (ASDU) между источником и получателем.

Перечень принятых сокращений:

- ПЛК – программируемый логический контроллер;
- ОК – описатель качества;
- КП – контролируемый пункт (ПЛК);
- ПУ – пункт управления;
- ТУ – телеуправление;
- КС – арифметическая сумма;
- ASDU – блок данных прикладного уровня (Application Service Data Units);
- APDU – сообщение протокола прикладного уровня (Application Protocol Data Unit);
- ТИ (ТИТ) - телеизмерения текущих значений параметров;
- ТИИ - телеизмерения интегральных значений;
- МВ – метка времени;
- ВПО – встроенное программное обеспечение;

Протокол поддерживает небалансную передачу между ПУ и КП в локальной сети автоматизированной системы диспетчерского контроля, имеющей структуру «точка-точка» или «многоточечная магистраль». ПЛК Simbi-10 выступает в роли КП со своим уникальным сетевым адресом и локальными информационными объектами.

Доступные для считывания и записи значения ТС, ТУ и ТИ представляются информационными блоками в виде 8-ми «Групп параметров» (каждая группа

формируется из полного набора доступных параметров в процессе конфигурирования контроллера), либо в виде «Полных данных» - данные всех восьми групп.

Все группы имеют одинаковые свойства. Допускается набирать любую группу из параметров любого типа, но разработчик рекомендует формировать группы по следующим признакам:

- по типу параметров (дискретные, аналоговые, счетчики);
- по направлению передачи (ввод, вывод, измерение, управление);
- по способу передачи данных (периодическая передача, спорадическая передача, общий опрос);
- по принадлежности к разным информационным объектам (параметры задачи пользователя, параметры измерения, параметры управления);

Основная процедура получения данных с ПЛК – «Сбор данных при помощи опроса», которая обеспечивается на канальном уровне запросом данных классов 1 или 2.

Основной способ передачи данных в направлении контроля (ПУ <= ПЛК) – спорадический (параметр передается, если его значение превысило апертуру с момента предыдущей передачи этого параметра).

Каждая группа может использоваться для формирования единовременных срезов значений ТС,ТИ, ТИИ в заданные моменты времени. Для этого имеются две настройки:

- интервал времени от начала часа (мсек, мин);
- интервал времени между срезами (мсек, мин).

Для вывода этих значений в канал используется процедура «Сбор данных при помощи опроса» в режиме спорадической передачи данных.

В процедурах обмена выдержаны требования стандарта к построению канального уровня – на любой кадр от ПУ, содержащий пользовательские данные (FC=3), ПЛК всегда отвечает квитанцией короткого формата.

ПЛК передает пользовательские данные (FC=8) только в ответ на запрос короткого формата, формируемый канальным уровнем ПУ (FC=10/11). К пользовательским данным относятся также служебные данные прикладного уровня, например, отраженные блоки, посылаемые от КП с причиной передачи 7 – подтверждение активации.

ПЛК поддерживает передачу как традиционных (в рамках стандарта МЭК), так и новых типов ASDU с повышенной скоростью и увеличенным объемом:

В новых типах информационных блоков, как правило, содержится один объект, состоящий из последовательности однотипных элементов информации и общей для всех элементов меткой времени.

Конфигурация протокола может быть выполнена с помощью специализированной программы «SimbiCon».

Ведущему устройству доступны следующие виды технологических информационных сообщений (объектов информации):

- идентификационные данные ПЛК;
- значения параметров телесигнализации (ТС);
- значения счетчиков (ТИИ);
- сигналы телеуправления (ТУ);
- телеизмерения текущих значений параметров (ТИ);
- единовременные срезы группы ТИ;
- настроечные параметры – уставки, предельные значения;
- астрономическое время;
- информация диагностического контроля.

Значения параметров могут передаваться на устройства верхнего уровня, в зависимости от используемых настроек, в следующих форматах:

- одноэлементные битовые данные (1 байт);
- двоичные показания счетчиков (4 байта);

- нормализованные значения (2 байта);
- масштабированные значения с фиксированной запятой (2 байта);
- масштабированные значения с плавающей запятой (4 байта).

Для реализации функций системы единого времени, поддерживается метка времени в формате 3-х или 7-ми байт.

Для передачи данных ПЛК поддерживает следующие основные функции, определенные в МЭК 60870-5-5:

- Инициализация работы станций (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.1);
- Сбор данных при помощи опроса (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.2);
- Циклическая (периодическая) передача данных (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.3);
- Общий опрос. Опрос КП (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.6);
- Синхронизация часов (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.7);
- Передача команд (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.8);
- Передача интегральных сумм (телесчет) (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.9);
- Загрузка параметров (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.10);
- Тестовая процедура (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.11);
- Определение запаздывания передачи (МЭК 60870-5-5, подпункт 6.13).

Далее рассматриваются особенности локальной реализации протокола ГОСТ Р МЭК 60870-5-101.



Внимание! Настройки по умолчанию

Настройки интерфейса RS-485:

- Скорость обмена – установлена при конфигурации);
- Бит паритета - ЧЕТ;
- Стоповые биты - 1.

Настройки протокола МЭК 60870-5-101:

- Общий адрес ASDU - соответствует сетевому адресу ПЛК;
- Размер общего адреса ASDU - 1 байт (настраивается);
- Размер адреса объекта информации - 2 байта (настраивается);
- Размер поля причина передачи - 1 байт (настраивается);
- Сбор данных при помощи опроса - ASDU тип 14 (настраивается);
- Циклическая (периодическая) передача данных - ASDU тип 11 (настраивается);
- Общий опрос - ASDU тип 13 (настраивается);
- Команда чтения - ASDU тип 9 (настраивается);

2 Канальный уровень

2.1 Функции канального уровня

Функции канального уровня обеспечивают:

- выполнение процедуры соединения ПУ и КП;
- контроль правильности доставки, защиту от потерь и дублирования кадров;
- формирование кадров при получении информационных блоков от прикладного уровня ПЛК;
- декодирование принимаемых кадров и передачу успешно принятых ASDU на прикладной уровень ПЛК.

Канальный уровень ПЛК поддерживает только небалансную передачу данных.

2.2 Формат передачи данных - FT1.2

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 60870-5-101 и СО 34.48.160-2004 протокол использует на канальном уровне обмен с форматом передачи данных FT1.2.

В FT.1.2 используется пословная старт-стоповая передача формата - 8E1 (8 информационных бит с контрольным битом проверки на четность и одним стоп-битом).

Применяются следующие виды информационных кадров:

- кадр фиксированной длины, начинающийся байтом START1 = 10h;
- кадр переменной длины, начинающийся байтом START2 = 68h;

Кадр фиксированной длины
START1 = 10h
С – байт управления
А – адрес станции
Пользовательские данные
КС – контрольная сумма
END – 16h

Кадр переменной длины
START2 = 68h
L – длина
L – длина
START2 = 68h
С – байт управления
А – адрес станции
Пользовательские данные
КС – контрольная сумма
END – 16h

L – определяет число байт пользовательских данных, включая поле управления С и адресное поле А.

КС – арифметическая сумма по модулю 256 всех байтов пользовательских данных, начиная с байта управления С.

А - адресное поле канального уровня размером один байт, используется в обоих направлениях для адресации соответствующего КП (вторичной станции).

Если передаются блоки данных прикладного уровня (ASDU), используется формат кадра с переменной длиной блока. Если ASDU не передаются, используется формат кадра с фиксированной длиной блока.

Однобайтовая посылка CONTROL1 = E5h для квитирования (подтверждения) в ПЛК не предусмотрена.

Байт управления С - содержит информацию о направлении передачи, типе услуги, а также биты для защиты от потери и дублирования информации.

направление	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
ПУ => ПЛК	0	1	FCB	FCV	Функциональный код			
ПУ <= ПЛК	0	0	ACD	DFC				

Обозначения битов в верхней строке соответствуют кадрам, передаваемым от первичной станции к вторичной (ПУ => ПЛК), в нижней – от вторичной к первичной (ПЛК => ПУ).

FCB (Frame Count Bit) бит счетчика кадров, передаваемых первичной станцией, служит для защиты от потери и дублирования кадров при искажениях в канале связи;

FCV бит, указывающий актуальность функции бита FCB:

1 – изменение бита FCB актуально и должно контролироваться при приеме;

0 – изменение бита FCB (по сравнению с предыдущим кадром) не должно контролироваться при приеме, но значение FCB запоминается для контроля изменения при приеме следующего кадра с FCV=1;

ACD 1 – наличие на вторичной станции высокоприоритетной информации – класса 1 (режим S3 ЗАПРОС / ОТВЕТ);

DFC управление потоком данных: 1 – дальнейшие сообщения могут вызвать переполнение каких-либо буферов памяти.

При передаче мастером каждого нового сообщения в режиме ПОСЫЛКА/ПОДТВЕРЖДЕНИЕ (или в режиме ЗАПРОС/ОТВЕТ) тому же адресату, значение бита FCB должно изменяться на обратное (кадры нумеруются по модулю 2). Повторная передача кадра с тем же значением FCB производится в двух случаях: когда ответный кадр от вторичной станции бракуется и когда ответ отсутствует в течение установленного тайм-аута.

После сброса канала, в этих режимах мастер должен посылать первое сообщение с FCB=1.

Используемые функциональные коды байта управления между ПУ и ПЛК:

Функциональные коды от первичной станции – ПУ	Формат	FCV	Ответные функциональные коды ПЛК	Формат
<0> – сброс канала	F	0	<0> – положит. подтверждение <1> – отрицат. подтверждение	F F
<1> – уст. пользовательский процесс в исходное состояние	F	0	<0> – положит. подтверждение <1> – отрицат. подтверждение	F F
<2> – тест канала	F	0	<0> – положит. подтверждение <1> – отрицат. подтверждение	F F
<3> - ПОСЫЛКА/ПОДТВЕРЖДЕНИЕ (передача данных)	L	1	<0> – положит. подтверждение <1> – отрицат. подтверждение	F F
<4> – ПОСЫЛКА/БЕЗ ОТВЕТА (передача данных)	L	0	Нет ответа	-
<9> – ЗАПРОС/ОТВЕТ (запрос состояния канала)	F	0	<11> – состояние канала	F
<10> – ЗАПРОС/ОТВЕТ (запрос данных класса 1)	F	1	<8> – передача данных <9> – данные не доступны	L F
<11> – ЗАПРОС/ОТВЕТ (запрос данных класса 2)	F	1	<8> – передача данных <9> – данные не доступны	L F

Обозначения формата посылки:

F – кадр фиксированной длины,

L – кадр переменной длины (содержит ASDU),

В ПЛК не предусматривается разделение данных на приоритетные классы 1 и 2.

Понятия класс 1 и класс 2 далее относятся только к приоритетам информации и не имеют никакого специального протокольного оформления. Все вопросы приоритетов передачи информации различных типов решаются ПЛК самостоятельно (см. далее).

При запросе данных класса 2 могут передаваться данные класса 1, при этом положительная квитанция не требуется – ответом на запрос являются пользовательские данные. Отрицательная квитанция фиксированной длины <9> передается от ПЛК в случаях, когда, например, ПУ запрашивает группу ТИ, не существующую на данном ПЛК.

Если запрашиваемые услуги канального уровня не предусмотрены, ПЛК отвечает функциональным кодом <15>.

Адресное поле в заголовке канального уровня и в заголовке ASDU определено размером в один байт и содержит адрес ПЛК в диапазоне 1...254. Адрес 255 (циркулярный адрес) используется для общей (широковещательной) команды, адресуемой ко всем устройствам, действующим в локальной сети.

2.3 Правила передачи для FT1.2

При обмене данными в канале должны применяться следующие правила передачи:

- спокойное состояние линии (двоичная 1);
- каждый символ, передаваемый в канал, содержит стартовый бит (двоичный 0), 8 информационных бит (передаются, начиная с младшего бита), один бит четности, один стоп-бит;
- между символами кадра допускается интервал не более длительности одного бита; В этой связи, период передачи символов (байтов) $T_{IO}=11-12$ бит;
- в случае обнаружения ошибки требуется интервал между кадрами, равный минимум 33 битам спокойного состояния линии;
- после пользовательских данных в кадре следует байт контрольной суммы (КС) – арифметическая сумма по модулю 256 всех байтов пользовательских данных, начиная с байта управления С;
- приемник контролирует:
 - по байту: стоп-бит, четность;
 - по кадру: стартовый байт, КС, слово окончания;
 - при переменной длине кадра: идентичность двух байтов длины - L, второй стартовый байт.

Кадр бракуется, если хотя бы одна из проверок дает отрицательный результат.

Такой набор правил передачи обеспечивает кодовое расстояние $d = 4$, что гарантирует обнаружение любых искажений кратности 3 и менее. При этом ошибки, не вызывающие нарушения синхронизации, обнаруживаются за счет проверки байтов на четность и проверки контрольной суммы кадра. Ошибки, вызывающие нарушение синхронизации по старт-стопным символам, обнаруживаются за счет выбора байтов START1, START2 и END.

3 Прикладной уровень

3.1 Виды технологических информационных сообщений

Основными видами информационных сообщений между ПУ и ПЛК являются:

- телесигнализация ТС;
- телеизмерения текущих значений ТИТ (ТИ);
- телеизмерения интегральных значений ТИИ;
- параметры ТИТ;
- телеуправление ТУ;
- единовременные срезы ТИТ;
- астрономическое время для синхронизации ПЛК – ПУ;
- информация диагностического контроля на ПЛК;

По запросу канального уровня значения передаются блоками, которые представляют собой массивы значений параметров в формате определенном типом применяемых ASDU.

Телесигнализация передается битами, при этом поддерживается передача одного бита, или 8 бит (8 ТС) в байте.

Телеуправление (ТУ) – использует специальный диалог для запроса-ответа;

Описатель качества (ОК) содержит набор атрибутов, которые отражают признаки передаваемых параметров.

Для реализации функции единовременных срезов ТИ в приборе поддерживается служба единого времени. Требования к ее точности определены как 200 мс допустимого расхождения для разных энергообъектов.

Система единого времени может использоваться для регистрации аварийных событий, что позволяет проводить совместный анализ событий на разных объектах. В этом случае требования к ее точности могут быть повышены на порядок.

3.2 Структуры блоков данных

Блоки данных прикладного уровня (**ASDU**) формируются на прикладном уровне в соответствии с описанными ниже структурами, передаются на канальный уровень для формирования кадра и далее поступают на физический уровень.

ASDU состоит из **ИДЕНТИФИКАТОРА БЛОКА ДАННЫХ** и одного или более **ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИИ**, каждый из которых включает в себя один или более однородных **ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИИ** (либо комбинаций элементов информации).

Структура **ИДЕНТИФИКАТОРА БЛОКА ДАННЫХ** следующая:

- один байт – **Идентификатор типа** (Тип объектов информации) – все объекты информации блока принадлежат к одному типу;
- один байт – **Классификатор переменной структуры** (Классификатор структуры блока);
- один байт – **Причина передачи**;
- один байт – **Общий адрес станции** (общий адрес).

Тип блока данных: Поле в начале блока данных прикладного уровня, которое состоит из Идентификатора типа и Классификатора переменной структуры и определяет тип, длину блока данных и его структуру, а также структуру, тип и количество объектов информации.

Классификатор переменной структуры определяет структуру блока, то есть тип информационных компонентов (объекты или элементы) и их количество.

Причина передачи прилагается к ASDU для пояснения источника, инициирующего передачу данных в канал.

Общий адрес станции аналогичен адресу ПЛК и является уникальным адресом в сети. Размер общего адреса является фиксированным параметром сети – один байт.

Адрес объекта информации является идентификатором объекта информации. Для всех объектов информации ПЛК используются только неструктурированные адреса.

Используемые в контроллере ASDU предусматривают две структуры блоков данных:

- **структура-1** состоит из идентификатора блока данных и одного или более объектов информации, каждый из которых содержит один элемент информации (или одну комбинацию элементов);

- **структура-2** состоит из идентификатора блока данных и одного объекта информации, который включает в себя один или более однородных элементов информации.

Структура-1 блока, содержащего i одноэлементных объектов информации:

Содержание блока		Размер поля (в байтах)
ИДЕНТИФИКАТОР БЛОКА ДАННЫХ	Идентификатор типа	1
	Классификатор структуры, SQ=0: i	1
	Причина передачи (COT)	1
	Адрес станции (общий адрес ASDU)	1
Объект информации № 1	Адрес объекта информации № 1	2,3
	Элемент информации (комбинация элем.) № 1	1,2,3,4,5
	Время	0,3,7
-----	-----	-----
Объект информации № i	Адрес объекта информации № i	2,3
	Элемент информации (комбинация элем.) № i	1,2,3,4,5
	Время	0,3,7

Структура-2 блока, содержащего один объект, состоящий из j элементов информации:

Содержание блока		Размер поля (в байтах)
ИДЕНТИФИКАТОР БЛОКА ДАННЫХ	Идентификатор типа	1
	Классификатор структуры, SQ=1: 80h+j	1
	Причина передачи (COT)	1
	Адрес станции (общий адрес ASDU)	1
Объект информации	Адрес объекта информации	2,3
	Элемент информации № 1	1,2,3,4,5
	-----	----
	Элемент информации № j	1,2,3,4,5
Время	Время	0,3,7

Размер поля показывает количество используемых байт (для разного типа применяемых ASDU).

3.2.1 Классификатор переменной структуры

Для контроллера классификатор определяется как:

00h+j – для команд управления (направление передачи ПУ => ПЛК);

80h+j - при считывании данных (направление передачи ПУ <= ПЛК),

где j – количество однотипных элементов информации или однотипных комбинаций элементов информации.

3.2.2 Причина передачи

Байт «Причина передачи» поясняет источник, инициирующий передачу данных в канал:

Бит 7 - - тип передачи (T):

<0> рабочая передача,

<1> – тестовая передача;

Бит 6 - квитанция (P/N):

<0> положительное подтверждение,

<1> отрицательное подтверждение;

Биты 5..0 – причина передачи (COT, cause of transmission):

<0> – значение не используется,

<1-47> – используется в ПЛК.

Семантика значений COT, поддерживаемых ПЛК:

1 – периодически (ответ за запрос канального уровня);

3 – спорадически (ответ за запрос канального уровня);

4 – сообщение об инициализации;

5 – запрос или запрашиваемые данные;

6 – активация данных;

7 – подтверждение активации данных;

8 – деактивация;

9 – подтверждение деактивации;

10 – завершение активации;

20 - ответ на опрос ПЛК;

21..36 - ответ на опрос групп от 1 по 16;

37 - ответ на общий запрос счетчиков;

38..41 - ответ на запрос групп счетчиков от 1 по 4;

44 - неизвестный идентификатор типа;

45 - неизвестная причина передачи;

46 - неизвестный общий адрес ASDU;

47 - неизвестный адрес объекта информации.

Причины 44-47 используются в посылках ПУ \leq ПЛК в тех случаях, когда ПЛК не может исполнить принятую от ПУ команду или запрос. Обычно причиной этого является расхождение конфигурационной информации. В этом случае ПЛК «зеркально» отражает полученную от ПУ посылку, устанавливая P/N=1 и номер причины передачи, что помогает эксплуатационному персоналу обнаружить и устранить расхождение.

3.2.3 Адрес станции (общий адрес ASDU)

Общий адрес ASDU совпадает с уникальным адресом ПЛК в локальной сети. Размер адреса в соответствии с рекомендациями СО 34.48.169-2004 принят равным 1 байт.

<0> := не используется;

<1>...<254> := адрес ПЛК;

<255> := широковещательный (общий) адрес (FFh).

Использование широковещательных адресов в направлении управления (ПУ \Rightarrow ПЛК) ограничено следующими типами ASDU:

<100>:= команда опроса;

<103>:= команда синхронизации часов.

При получении ASDU с широковещательным адресом FFh, контроллер ответ не инициирует.

3.2.4 Адрес объекта информации

Протокол поддерживает 2-х или 3-х байтную адресацию объекта информации, см. Таблица 5.1.

Если адрес объекта информации не используется, в каких то ASDU, то он устанавливается в ноль.

3.2.5 Элементы информации

- нормализованное значение измеряемой величины (2 байта):

Младший байт данных передается первым. Старший разряд второго байта – знак: 0 – положительная величина, 1 – отрицательная величина.

Диапазон передаваемых значений от -1 до $+1 \cdot 2^{-15}$. Отрицательные значения – в дополнительном коде. За единицу реально принимается число 32767;

- масштабированное значение измеряемой величины (2 байта):

Младший байт данных передается первым. Старший разряд второго байта – знак: 0 – положительная величина, 1 – отрицательная величина. Диапазон передаваемых значений от -2^{15} до $+2^{15}-1$. Отрицательные значения – в дополнительном коде;

- масштабированное значение измеряемой величины, короткий формат с плавающей запятой IEEE STD 754 (4 байта):

Структура информационных байтов:

Биты	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Байт 1	F 2^{-16}	F 2^{-17}	F 2^{-18}	F 2^{-19}	F 2^{-20}	F 2^{-21}	F 2^{-22}	F 2^{-23}
Байт 2	F 2^{-8}	F 2^{-9}	F 2^{-10}	F 2^{-11}	F 2^{-12}	F 2^{-13}	F 2^{-14}	F 2^{-15}
Байт 3	E 2^0	F 2^{-1}	F 2^{-2}	F 2^{-3}	F 2^{-4}	F 2^{-5}	F 2^{-6}	F 2^{-7}
Байт 4	S	E 2^7	E 2^6	E 2^5	E 2^4	E 2^3	E 2^2	E 2^1

S – знак числа;

E – порядок;

F – дробная часть мантииссы.

Значение числа с плавающей запятой составляет $R = (-1)^S \cdot 2^{E-127} \cdot (1,F)$.

Младшая часть мантииссы передается первой.

- описатель качества (1 байт):

Обеспечивает ПУ дополнительной информацией о качестве объекта информации.

Структура описателя качества:

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	Бит
IV	NT	SB	BL	0	0	0	OV	Значение

OV - переполнение/нет переполнения. Значение объекта информации находится вне рабочего диапазона значений:

BL - блокировка/нет блокировки (используется совместно с SB).

SB - проведено замещение/нет замещения. Измеряемой величине может быть присвоено замещающее значение от ПК при настройке системы.

NT – неактуальное значение/актуальное значение.

IV - недействительное/действительное значение. Значение действительно, если правильно получено. Бит «недействительно» используется для указания получателю, что значение величины может быть неправильным и им нельзя пользоваться. Используется для указания, что значение параметра находится в установленной зоне нечувствительности и передается как ноль.

Все указанные биты можно сделать не активными (устанавливаются равными 0) с помощью программы конфигурации «SimbiCon».

- время в двоичном коде (7 байт):

CP56Время2a - значение времени в двоичном формате 7 байт (ГОСТ Р МЭК 60870-5-4): миллисекунды (0-59999), минуты (0-59), **SB** – время установлено промежуточным оборудованием (всегда-0), **IV** – время недействительно, часы (0-23), **рез2**, **SU** – летнее время (0 – стандартное время, 1 – летнее время), день месяца (1-31), день недели (1-7), месяцы (1-12), **рез3**, годы (0-99), **рез4**. Младший байт – миллисекунды, старший байт – годы.

Биты	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Байт 1	миллисекунды (младший байт)							
Байт 2	миллисекунды (старший байт)							
Байт 3	IV	SB	минуты					
Байт 4	SU	рез2			часы			
Байт 5	дни недели				дни месяца			
Байт 6	рез3					месяцы		
Байт 7	рез4		годы					

Примечание:

- рез - означает группу неиспользуемых битов.
- Флаги SU, IV и «дни недели» устанавливаются в метку времени, если они разрешены при конфигурации ПЛК.
- Параметр IV принимает значение «0» после синхронизации времени ведущим устройством, и значение «1» по истечении временного интервала, установленного в таймере действительного времени при настройке ПЛК.

3.3 Виды и форматы прикладных данных

При определении типов информационных блоков (ASDU) используются следующие условные обозначения (метки);

- 1-й элемент метки
 - M – передача в направлении контроля,
 - C – передача в направлении управления,
 - P – передача параметров,
 - F – передача файлов;
- 2-й элемент метки (две буквы) – вид информации;
- 3-й элемент метки – наличие (T), отсутствие (N) метки времени;
- 4-й элемент метки – обозначение формата данных (A, B, C и т.д.);

3.3.1 Информация о процессе в направлении контроля (ПУ <= ПЛК)

Тип ASDU	Наименование	Идентификатор
<1>	Одноэлементная информация	M_SP_NA_1
<2>	Одноэлементная информация с меткой времени CP24	M_SP_TA_1
<3>	Двухэлементная информация	M_DP_NA_1
<4>	Двухэлементная информация с меткой времени CP24	M_DP_TA_1
<7>	Строка из 32 бит	M_BO_NA_1
<9>	Значение измеряемой величины, нормализованное значение	M_ME_NA_1
<11>	Значение измеряемой величины, масштабированное значение	M_ME_NB_1
<12>	Значение измеряемой величины, масштабированное значение с меткой времени	M_ME_TB_1
<13>	Значение измеряемой величины, короткий формат с плавающей запятой	M_ME_NC_1
<14>	Значение измеряемой величины, короткий формат с плавающей запятой с меткой времени	M_ME_TC_1
<15>	Интегральные суммы	M_IT_NA_1
<16>	Интегральные суммы с меткой времени	M_IT_TA_1
<30>	Одноэлементная информация с меткой времени CP56	M_SP_TB_1
<31>	Двухэлементная информация с меткой времени CP56	M_DP_TB_1
<34>	Значение измеряемой величины, нормализованное значение с меткой времени CP56	M_ME_TD_1
<35>	Значение измеряемой величины, масштабированное значение с меткой времени CP56	M_ME_TE_1
<36>	Значение измеряемой величины, короткий формат с плавающей запятой с меткой времени CP56	M_ME_TF_1
<37>	Интегральная сумма с меткой времени CP56	M_IT_TB_1

<1> Одноэлементная информация ТС без метки времени.

Элемент информации – один бит ТС с описателем качества без метки времени.

Тип блока данных **1** может иметь как первую структуру – последовательность из *i* одноэлементных объектов, так и вторую – один объект, содержащий *j* элементов.

Элемент информации – один байт следующей структуры:

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	Бит
IV	NT	SB	BL	IN	GN	0	SPI	Значение

Биты нумеруются начиная с младшего: бит 1 – 2^0 , бит 2 – 2^1 , ..., бит 8 – 2^7 .

В младшем разряде передается один бит ТС:

- **SPI (single point information) – значение бита ТС:**

- 0 – отключено,
- 1 – включено.

Описатель качества содержит:

- **SB** (substituted/not substituted): 0 – нет замещения, 1 – есть замещение. SB указывает наличие/отсутствие ручного ввода.
- **BL** (blocked/ not blocked): 0 – нет блокировки, 1 – есть блокировка., блокированная для передачи, сохраняет значение, которое было до блокировки.

- **NT** (not topical/topical): 0 – актуальное значение, 1 – неактуальное значение. Значение величины актуально, если большинство опросов было успешным.
- **IV** (invalid/valid): 0 – действительная, 1 – недействительная. Если функция опроса обнаруживает неправильные условия в источнике информации, то величина является недействительной и ею нельзя пользоваться.
- **IN** (inversion) – инверсное значение (**новый** признак в описателе качества).
- **GN** (general) – обобщенная величина (**новый** признак в описателе качества).

<2> Одноэлементная информация ТС с меткой времени 3 байта.

Тип блока данных **2** отличается от типа **1** наличием 3-байтной метки времени. Он может иметь только первую структуру – последовательность из **i** одноэлементных объектов.

<3> Двухэлементная информация ТС.

Тип блока данных аналогичен типу 1, но передаются два взаимно инверсных бита ТС (2^1 и 2^0), характеризующие состояние одного исполнительно устройства. Значения этих битов следующие:

- 0 – неопределенное или переходное состояние;
- 1 – отключено;
- 2 – включено;
- 3 – неопределенное состояние.

В остальном тип блока данных совпадает с типом 1.

<4> Двухэлементная информация ТС с меткой времени 3 байта.

Тип блока данных отличается от типа 3 наличием 3-х байтной метки времени. Может иметь только первую структуру.

<7> Строка из 32 бит с описателем качества.

Тип блока данных может иметь как первую структуру – последовательность из **i** одноэлементных объектов, так и вторую – один объект, содержащий **j** элементов.

<9> Значение измеряемой величины - нормализованное, с ОК.

Блок данных может иметь структуру, содержащую **i** однотипных объектов, или иметь структуру – один объект, содержащий **j** однотипных комбинаций элементов.

Элемент информации – измеряемая величина (нормализованное значение – 2 байта) и описатель качества (1 байт).

<10> Значение измеряемой величины - нормализованное, с ОК и меткой времени 3 байта.

Передается последовательность объектов информации.

Элементы информации – измеряемая величина (нормализованное значение – 2 байта) и описатель качества (1 байт).

Блок данных имеет структуру, содержащую **i** однотипных объектов.

<11> Значение измеряемой величины – масштабированное значение с ОК.

Блок данных может иметь структуру, содержащую **i** однотипных объектов, или иметь структуру – один объект, содержащий **j** однотипных комбинаций элементов.

Элементы информации – измеряемая величина (масштабированное значение – 2 байта) и описатель качества (1 байт).

<12> Значение измеряемой величины – масштабированное значение с ОК и меткой времени 3 байта.

Передается последовательность объектов информации.

Элементы информации – измеряемая величина (масштабированное значение – 2 байта) и описатель качества (1 байт).

Блок данных имеет структуру, содержащую *i* однотипных объектов.

<13> Значение измеряемой величины - короткий формат с плавающей запятой, с ОК.

Блок данных может иметь структуру, содержащую *i* однотипных объектов, или иметь структуру – один объект, содержащий *j* однотипных комбинаций элементов.

Элементы информации – измеряемая величина (короткий формат с плавающей запятой – 4 байта) и описатель качества (1 байт).

<14> Значение измеряемой величины - короткий формат с плавающей запятой, с ОК и меткой времени 3 байта.

Передается последовательность объектов информации.

Элементы информации – измеряемая величина (короткий формат с плавающей запятой – 4 байта), описатель качества (1 байт).

Блок данных имеет структуру, содержащую *i* однотипных объектов.

<21> Значение измеряемой величины - нормализованное, без ОК.

Блок данных может иметь структуру, содержащую *i* однотипных объектов, или иметь структуру – один объект, содержащий *j* однотипных комбинаций элементов.

Элемент информации – измеряемая величина (нормализованное значение – 2 байта).

<34> Значение измеряемой величины - нормализованное, с ОК и меткой времени 7 байт.

Передается последовательность объектов информации.

Элементы информации – измеряемая величина (нормализованное значение – 2 байта) и описатель качества (1 байт).

Блок данных имеет структуру, содержащую *i* однотипных объектов.

<35> Значение измеряемой величины – масштабированное значение, с ОК и меткой времени 7 байт.

Передается последовательность объектов информации.

Объект информации – измеряемая величина (масштабированное значение – 2 байта), описатель качества (1 байт) и метка времени в двоичном коде (7 байт).

Блок данных имеет структуру – последовательность из *i* объектов.

<36> Значение измеряемой величины – короткий формат с плавающей запятой, с ОК и меткой времени 7 байт.

Передается последовательность объектов информации.

Объект информации – измеряемая величина (короткий формат с плавающей запятой – 4 байта), описатель качества (1 байт) и метка времени в двоичном коде (7 байт).

Блок данных имеет структуру – последовательность из *i* объектов.

<37> Значение измеряемой величины – показание СЧЕТЧИКА в двоичном коде (4 байта), с ОК и меткой времени 7 байт.

Блок данных может иметь только первую структуру – последовательность из *i* одноэлементных объектов.

Рекомендуемые форматы передаваемых данных в направлении контроля

Методы передачи	Передача ТС	Передача ТИ	Передача ТИИ
Спорадический	<2> M_SP_TA_1 <4> M_DP_TA_1	<12> M_ME_TB_1 <14> M_ME_TC_1	<16> M_IT_TA_1
Общий опрос	<1> M_SP_NA_1 <3> M_DP_NA_1	<11> M_ME_NB_1 <13> M_ME_NC_1	<15> M_IT_NA_1
Периодический	<7> M_BO_NA_1	<11> M_ME_NB_1 <21> M_ME_ND_1	<15> M_IT_NA_1
По запросу	<30> M_SP_TB_1 <31> M_DP_TB_1	<35> M_ME_TE_1 <36> M_ME_TF_1	<16> M_IT_TA_1 <37> M_IT_TB_1

3.3.2 Информация о процессе в направлении управления (ПУ => ПЛК)

Тип ASDU	Наименование	Идентификатор
<45>	Однопозиционная команда	C_SC_NA_1
<48>	Команда уставки, нормализованное значение	C_SE_NA_1
<49>	Команда уставки, масштабированное значение	C_SE_NB_1
<50>	Команда уставки, короткий формат с пл. запятой	C_SE_NC_1
<58>	Однопозиционная команда с меткой времени CP56Время 2a	C_SC_TA_1
<61>	Команда уставки, нормализованное значение с CP56Время 2a	C_SE_TA_1
<62>	Команда уставки, масштабированное значение с CP56Время 2a	C_SE_TB_1
<63>	Команда уставки, короткий формат с пл. запятой с CP56Время 2a	C_SE_TC_1

3.3.3 Информация о системе в направлении контроля (ПУ <= ПЛК)

Тип ASDU	Наименование	Идентификатор
<70>	Окончание инициализации	M_EI_NA_1

3.3.4 Информация о системе в направлении управления (ПУ => ПЛК)

Тип ASDU	Наименование	Идентификатор
<100>	команда опроса (общий опрос, опрос групп)	C_IC_NA_1
<101>	команда опроса счетчиков	C_CI_NA_1
<102>	команда чтения (запрос одиночных объектов)	C_RD_NA_1
<103>	команда синхронизации времени	C_CS_NA_1
<105>	команда сброса процесса	C_RP_NA_1
<106>	команда определения запаздывания	C_CD_NA_1
<107>	команда тестирования с меткой времени	C_TS_TA_1

<100> Команда опроса (активация данных в ПЛК)

В блоке данных передается один объект информации – команда группового запроса данных. Адрес объекта информации равен нулю. Объект информации содержит один информационный байт – описатель запроса, имеющий следующие значения:

20 – запрос полных (общих) данных;

21..36 – запрос группы от 1 по 16;

Команда опроса может быть послана как сервис «ПОСЫЛКА БЕЗ ОТВЕТА» (возможно по широковещательному адресу 0xFF), или как сервис «ПОСЫЛКА/ПОДТВЕРЖДЕНИЕ» на уровне канала.

В ответ на команду опроса, ПЛК передает в направлении контроля то же ASDU с причиной передачи <7> - подтверждение активации.

<102> Команда чтения

С помощью команды чтения могут быть запрошены требуемые объекты информации путем опроса соответствующих адресов ТИ (Таблица 5.1).

В блоке данных передается один объект информации – команда запроса определенного объекта информации, адрес которого передается в данной команде в качестве адреса объекта информации.

Запрошенные объекты возвращаются в формате, определяемом настройками ПЛК, с причиной передачи <5> - «запрошено».

<103> Команда синхронизации часов

В блоке данных передается один объект информации – команда синхронизации часов.

Адрес объекта информации равен нулю. Данными передаваемого объекта информации является значение времени в формате **CP56Время2а**. Команда синхронизации может быть послана как сервис «ПОСЫЛКА БЕЗ ОТВЕТА» (возможно по широковещательному адресу 0xFF), или как сервис «ПОСЫЛКА/ПОДТВЕРЖДЕНИЕ» на уровне канала.

Посылка подтверждения активации содержит время ПЛК на момент перед синхронизацией.

4 Реализация основных прикладных функций

В реализованных процедурах строго выдержаны требования стандарта к построению канального уровня – на любой кадр от ПУ, содержащий пользовательские данные (FC=3), ПЛК отвечает только квитанцией короткого формата.

Поскольку рассматривается только небалансный режим, ПЛК передает пользовательские данные (FC=8) только в ответ на запрос короткого формата, формируемый канальным уровнем ПУ (FC=10/11).

К пользовательским данным относятся также служебные данные прикладного уровня, например, отраженные блоки, посылаемые от ПЛК с причиной передачи 7 (подтверждение активации).

Любые пользовательские данные от ПЛК передаются только в ответ на запрос «короткого» формата, формируемый канальным уровнем ПУ. Сбор данных при помощи опроса – основная процедура, занимающая большую часть времени канала.

Для всех прикладных функций применим широковещательный адрес ПЛК равный 255 <0xFF>.

Обозначения в таблицах:

M – передача от ПУ (Master).

S – передача от ПЛК (Slave).

FC – Функциональный Код (Functional Code).

TI – Идентификатор Типа (Type Identification).

COT – Причина Передачи (Cause Of Transmission).

*** – различные значения в зависимости от наличия и приоритета данных.

4.1 Сброс канала и прикладного процесса

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	0				Сброс канала FCB=0
S	0				
M	1				Сброс процесса
S	0				

Пример сброса канала и прикладного процесса:

Запрос: 10 40 01 41 16 (сброс канала FCB=0)

Ответ: 10 00 01 01 16 (успешно)

Запрос: 10 41 01 42 16 (сброс процесса)

Ответ: 10 00 01 01 16 (успешно)

Запрос: 10 49 01 4A 16 (запрос статуса канала)

Ответ: 10 0B 01 0C 16 (статус канального уровня)

4.2 Синхронизация времени

Период коррекции встроенных часов ПЛК определяется максимально возможной ошибкой встроенного кварцевого генератора и допустимым расхождением реального времени на разных станциях.

Ниже приведена процедура синхронизации времени, когда в буфере ПЛК нет переданных сообщений о событиях с метками времени.

Время в кадре синхронизации, передаваемом с ПУ, должно соответствовать моменту начала передачи этого кадра. ПЛК устанавливает свое время после приема всего кадра, производя коррекцию на время его передачи и время задержки в канале связи.

Передача значения времени ПЛК в момент установки часов по команде 103 позволяет на ПУ привести к единой шкале метки времени событий, происшедших в ПЛК до и после установки времени.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	3	103	6	Время 7 байт	Запомнить старое Установить новое
S	0				
M	11				
S	8	103	7	Запомненное время	В буфере нет событий
M	11				
S	8	1-40	3	Последующие события (МВ по часам после коррекции)	События после коррекции

Пример синхронизации ПЛК:

Запрос: 10 5B 01 5C 16

(запрос данных)

Ответ: 10 09 01 0A 16

(данные отсутствуют)

Запрос: 68 0F 0F 68 73 01 67 01 06 01 00 00

58 D9 22 0A FD 07 0C 50 16

(команда синхронизации, ASDU<103>)

Ответ: 10 00 01 01 16

Запрос: 10 5B 01 5C 16

(запрос данных)

Ответ: 68 0F 0F 68 08 01 67 01 07 01 00 00

BB E0 22 0A 1D 07 0C 70 16

(подтверждение синхронизации, ASDU<103>)

Запрос: 10 7B 01 7C 16

(запрос данных)

Ответ: 10 09 01 0A 16

(данные отсутствуют)

4.3 Сбор данных при помощи опроса

Стандарт МЭК 870-5-101 предусматривает использование двух классов данных, относя к классу 1 события (изменение ТС, уход ТИ за границы), а к классу 2 периодическую передачу, фоновое сканирование и другие виды передачи низкого приоритета.

Нижеследующая таблица показывает пример процедуры опроса ПЛК, где понятия класс 1 и класс 2 относятся только к приоритетам информации и не имеют никакого специального протокольного оформления (ACD всегда равно 0). Все вопросы приоритетов передачи информации различных типов решаются ПЛК самостоятельно на основе предварительно согласованных правил.

Сбор данных при помощи опроса является основной процедурой считывания данных с ПЛК и занимает большую часть времени канала, поэтому объем передаваемых данных имеет существенное значение при увеличении скорости опроса преобразователей.

От	FC	ACD	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	11					

S	9	0				Нет данных
M	11					
S	8	0	***	3	Данные класса 1	Класс 1 и 2
M	11					
S	8	0	***	1,3,20-36	Данные класса 2	Только класс 2
M	11					
S	9	0				Нет данных
M	11					
S	8	0	***	1,3,20-36	Данные класса 2	Только класс 2
M	11					
S	8	0	***	3	Данные класса 1	Только класс 1
M	11					
S	9	0				Нет данных

При конфигурировании ПЛК можно определить группу параметров для считывания в режиме спорадической передачи – Группа-0, Группа-1 или Группа-2. Наряду с установкой апертур для каждого параметра, это позволит выбрать объем передаваемых данных для формирования оптимального трафика передачи. При этом адрес, сопровождающий каждый параметр, будет соответствовать адресу Группы-0 (Табл. 5.1).

Спорадический метод передачи реализован путем передачи последнего состояния информационного объекта на момент формирования кадра. При этом, значение ТИ должно отличаться от ранее переданного на величину превышающую значение апертуры для данного параметра. В противном случае значение ТИ не передается.

В нижеследующем примере на команды сбора данных ПЛК формирует блок спорадических данных (ASDU типа 14) и блок данных единовременного среза параметров (ASDU типа 11):

Запрос: 10 7B 01 7C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 24 24 68 08 01 0E 03 03 01 09 00 5C 8F 44 42 00 BD CB 20 0A 00 CD CC 44 42 00 BD CB 20 0B 00 8F C2 C4 42 00 BD CB 20 1B 16 (спор.данные Гр-1, ASDU<14>)
 Запрос: 10 5B 01 5C 16 (запрос данных)
 Ответ: 10 09 01 0A 16 (данные отсутствуют)
 Запрос: 10 7B 01 7C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 14 14 68 08 01 0B 84 01 01 61 00 06 00 00 09 00 00 07 00 00 87 13 00 AB 16 (данные среза Гр-2, ASDU<11>)
 Запрос: 10 5B 01 5C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 10 10 68 08 01 0E 01 03 01 0B 00 EB 51 C2 42 00 20 DD 27 8B 16 (спор.данные Гр-1, ASDU<14>)
 Запрос: 10 7B 01 7C 16 (запрос данных)
 Ответ: 10 09 01 0A 16 (данные отсутствуют)

4.4 Команда опроса (запрос полного объема или группы параметров)

С помощью команды опроса (ASDU<100>) с ПЛК можно считать значения полного объема параметров, включенных в Группы 1..16 при конфигурации, или значения параметров только одной группы.

Описатель опроса QOI может принимать следующие значения:

- 20 – полные данные;
- 21...36 – опрос групп;

По запросу полного объема или группы данные могут передаваться несколькими блоками без меток времени и с метками времени, в зависимости от выбранного типа ASDU.

Запрос данных производится с указателем опроса QOI = 20. Соответственно, то же значение имеет причина передачи COT в кадрах с данными от КП.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	3	100	6	QOI=20	
S	0				
M	11				
S	8	100	7	Подтверждение активации	Нет данных
M	11				
S	8	***	20	Данные	Только класс 2
M	11				
S	8	***	20	Данные	Только класс 2
M	11				
S	8	100	10	Завершение активации	Нет данных

Запрос группы блоков данных Группа-1 и Группа-2, состав которых установлен заранее, производится так же. Отличие заключается только в том, что указатель опроса QOI имеет значение 21 или 22. Соответственно, то же значение имеет причина передачи COT в кадрах с данными от КП.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	3	100	6	QOI=21	
S	0				
M	11				
S	8	100	7	Подтверждение активации	Нет данных
M	11				
S	8	***	21	Данные группы-1	Только класс 2
M	11				
S	8	100	10	Завершение активации	Нет данных

Пример опроса Группы-1:

Запрос: 10 5B 01 5C 16 (запрос данных)
 Ответ: 10 09 01 0A 16 (данные отсутствуют)
 Запрос: 68 09 09 68 73 01 64 01 06 01 00 00 15 F5 16 (активация опроса – ASDU<100>)
 Ответ: 10 00 01 01 16 (успешный прием запроса)
 Запрос: 10 5B 01 5C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 09 09 68 08 01 64 01 07 01 00 00 15 8B 16 (подтверждение активации опроса)
 Запрос: 10 7B 01 7C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 35 35 68 08 01 0D 89 15 01 21 00 A4 F0 66 42 30 A4 F0 66 42 30
 A4 F0 66 42 30 00 00 00 00 30 00 00 A0 40 30 00 00 A0 40 30 00 00 A0 40 30
 00 00 00 00 30 00 00 48 42 30 64 16 (параметры Группы-1, ASDU<13>)
 Запрос: 10 5B 01 5C 16 (запрос данных)
 Ответ: 68 09 09 68 08 01 64 01 0A 01 00 00 15 8E 16 (завершение активации опроса)
 Запрос: 10 7B 01 7C 16 (запрос данных)
 Ответ: 10 09 01 0A 16 (данные отсутствуют)

4.5 Опрос счётчиков

Предусмотрены два режима передачи интегральных значений ТИИ от КП:

1. ПУ передает команду на запоминание, передача ТИИ по запросу от ПУ;
2. ПУ передает команду на запоминание, спорадическая передача ТИИ.

Передается всегда группа (или полный объем) значений ТИИ (типы ASDU 15. 16 и 37), относящихся к одному моменту времени.

Команда от ПУ на запоминание содержит **QCC=45** и не является командой запроса. Запрос (режим 1) осуществляется командой типа 101, содержащей **QCC=05**. Если требуется передача не нарастающего итога, а приращения интегральных величин за интервал времени от одного опроса до другого, то состояние счетчиков запоминается для передачи и одновременно сбрасывается. Для этого вместо **QCC=45** используется значение **QCC=85**. Когда КП получает от ПУ команду на запоминание состояния счетчиков, на ПУ передается ее отражение с причиной передачи 7 – подтверждение активации.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	3	101	6	QCC=05	
S	8	101	7	Отражение запроса	
M	11				
S	8	15/16/37	37	Данные ТИИ	
M	11				
S	8	***	37	Данные ТИИ	
M	11				
S	8	101	10	Повторное отражение запроса	

Приведенная таблица соответствует полному объему. Возможна также работа с группами счетчиков – до четырех групп. В этом случае в команде запроса (режим 1) **QCC** должен иметь значение 01. Соответственно, в команде на запоминание состояния счетчиков **QCC** должен иметь значение 41 или 81.

4.6 Команда чтения (запрос данных)

На прикладном уровне доступно адресное считывание одноэлементных ТС и ТИ с помощью команды чтения (ASDU типа 102).

В направлении контроля могут возвращаться следующие типы ASDU:

Команда позволяет селективно вызвать одиночный объект информации (Таблица 5.1).

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	11				
S	9				Нет данных
M	3	102	5	Адрес запрашиваемого объекта	
S	0				
M	11				
S	8	***	5	Запрошенный объект	

Варианты использования команды чтения:

- переспрос ТИ для подтверждения состояния;
- выделение ТИ по вызову, которые вообще нормально не передаются и группой не объявлены;
- контроль значения параметров.

Пример считывания значения частоты сети (в формате ASDU типа 36):

Запрос: 10 7B 01 7C 16

(запрос канала)

Ответ: 10 09 01 0A 16

(данные отсутствуют)

Запрос: 68 08 08 68 53 01 66 01 05 01 1C 00 DD 16

(запрос данных)

Ответ: 10 00 01 01 16

(успешный прием запроса)

Запрос: 10 7B 01 7C 16

(запрос данных)

Ответ: 68 14 14 68 08 01 24 01 05 01 1C 00 00 00 48 42 30

8E C8 20 06 1B 07 0C B4 16

(значение параметра, ASDU

типа 36)

4.7 Передача срезов (периодический метод передачи)

Группа-2 может использоваться для фиксирования единовременных срезов значений ТИ в заданные моменты времени относительно начала часа.

Режим работы Группы-2 и состав ее параметров (ТИ) устанавливаются при конфигурации преобразователя.

Для формирования моментов срезов имеется две настройки (Табл.4.1, Настройки ПЛК):

- интервал времени от начала часа (мсек, мин);
- интервал времени между срезами (мсек, мин).

Изменение моментов среза должно производиться по всем объектам (ПЛК) контролируемого региона за короткое время. Для ПЛК данной серии можно использовать широкоэвентуальный режим передачи программы.

Для вывода значений параметров Группы-2 в канал используется стандартная процедура «Сбор данных при помощи опроса».

ПЛК готовит данные для среза без команды от ПУ в соответствии со встроенными астрономическими часами. Передача срезов происходит по запросу канального уровня в свободное время в канале связи. Данные должны быть переданы за время интервала между срезами.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия/Условия
M	11				
S	9				Нет данных
M	11				
S	8	***	1	Периодическая передача	Только класс 2
M	11				
S	8				Нет данных

Пример считывания значений параметров среза в формате ASDU типа 11:

Запрос: 10 7B 01 7C 16

(запрос данных)

Ответ: 10 09 01 0A 16

(данные отсутствуют)

Запрос: 10 5B 01 5C 16

(запрос данных)

Ответ: 68 20 20 68 08 01 0B 88 01 01 61 00 8D 16 30 8D 16 30 8D 16 30 00 00 30 88

13 30 88 13 30 88 13 30 00 00 30 39 16

(параметры Группы-2,

ASDU<11>)

Запрос: 10 7B 01 7C 16

(запрос данных)

Ответ: 10 09 01 0A 16

(данные отсутствуют)

4.8 Реализация функции ТУ

Реализация функции ТУ должна включать в себя две ступени выполнения.

Первая ступень **«Выбор объекта управления»** - предполагает передачу в направлении управления ASDU с идентификатором <45> (однопозиционная команда) и получение ответного ASDU в течение контрольного промежутка времени.

Вторая ступень **«Исполнение команды»** может быть инициирована на ПУ при условии успешного завершения первой ступени и с разрешения пользовательского процесса.

КП должен отказываться от выполнения исполнительной команды, если не было предварительной (выбора объекта управления). Механизм отказа в этом и других случаях: причина отраженной передачи – завершение активации, в причине передачи бит N/P=1, FC=1.

Отрицательная квитанция на первую посылку означает, что для данного объекта информации (выключателя) ТУ невозможно – запрещено либо ранее была выявлена неисправность дискретного выхода. Отрицательная квитанция на вторую посылку посылается при неуспешной автодиагностике дискретного выхода.

Универсальная процедура (технологическая, а не только протокольная), которая всегда даст правильный результат, должна быть следующей:

- при успешной автодиагностике и получении исполнительной команды замыкается выходная цепь, на ПУ отсылается «подтверждение активации»;
- выдержка времени для работы привода – обычно 2 секунды;
- отключение выходной цепи;
- выдержка времени 50 мс, чтобы датчик ТС пришел в истинное состояние;
- ввод ТС;
- передача состояния выключателя, на который подавалось управление;
- передача «завершения активации».

Если команда была неуспешной, то в причине передачи бит N/P=1.

От	FC	TI	COT	Информация	Действия / Условия
M	3	45	6	Команда, бит S/E=1	ТУ данного объекта не запрещено Начало автодиагностики
S	8	45	7	Отражение	
M	3	45	6	Команда, бит S/E=0	Автодиагностика успешная Начало исполнения
S	8	45	7	Отражение	
M	3	***	***	<i>Продолжение обмена</i>	
S	8	***	***	<i>информацией</i>	
S	8	2	11	Состояние переключенного ТС	Отключение цепей ТУ Ввод нового ТС
S	8	45	10	Отражение команды	

Процедура управления многопозиционными объектами выполняется аналогично. Отличие заключается только в значениях Идентификаторов Типа **TI**.

4.9 Передача уставок

Процедура передачи уставок используется при изменении заранее определенных параметров, таких, например, как значений порогов или пределов измеряемых величин.

Для этих целей используются группы 12, 13, 14, 15.

Процедура аналогична процедуре телеуправления. Для передачи уставок допускается одноэтапная процедура передачи команды без предварительного выбора (определяется конфигурацией ПЛК). Кроме того, завершающая передача отраженной команды с причиной передачи 10 (завершение активации) также является опциональной.

4.10 Тестовая процедура

Тестовая процедура (команда типа <104>) используется для контроля состояния ПЛК. КП отвечает на тестовую посылку зеркальным отражением тестовой команды.

При получении тестовой команды ПЛК выполняет тестирование массива настроечных данных, модулей ввода/вывода, задачи пользователя.

После проведения диагностики КП может посылать сообщение типа 151, где внутренний идентификатор = 130, затем следует 4 байта состояния (0 – норма, 1 – ошибка):

- [бит 1] – ошибка ОЗУ;
- [бит 2] – ошибка ПЗУ;
- [бит 3] – ошибка массива исходных данных;
- [биты 4, 5] – резерв;
- [бит 6] – ошибки в модулях ввода-вывода ТИТ;
- [бит 7] – ошибки в модулях ввода-вывода ТС;
- [бит 8] – ошибки в модулях ввода-вывода ТУ;
- [биты 9...14] – ошибки при выполнении задач 1,2,3,4 и т.д.;
- [биты 15, 16] – резерв;
- [биты 17...24] – счетчик рестартов;
- [биты 25...32] – резерв.

5 Перечень объектов информации Simbi-10

Таблица 5.1 – Объекты информации

Адрес (hex)	Адрес	Название	Описание
Адреса для команды чтения (ASDU – 102)			
Каналы ввода вывода			
0x7000	0	FB_AID_1	Универсальный вход 1
0x7001	1	FB_AID_2	Универсальный вход 2
0x7002	2	FB_AID_3	Универсальный вход 3
0x7008	8	FB_AI_1	Аналоговый вход 1
0x7009	9	FB_AI_2	Аналоговый вход 2
0x700A	10	FB_AI_3	Аналоговый вход 3
0x700B	11	FB_AI_4	Аналоговый вход 4
0x7010	16	FB_AO_1	Аналоговый выход 1
0x7011	17	FB_AO_2	Аналоговый выход 2
0x7012	18	FB_AO_3	Аналоговый выход 3
0x7018	24	FB_DI_1	Дискретный вход 1
0x7019	25	FB_DI_2	Дискретный вход 2
0x701A	26	FB_DI_3	Дискретный вход 3
0x701B	27	FB_DI_4	Дискретный вход 4
0x701C	28	FB_DI_5	Дискретный вход 5
0x701D	29	FB_DI_6	Дискретный вход 6
0x701E	30	FB_DI_7	Дискретный вход 7
0x701F	31	FB_DI_8	Дискретный вход 8
0x7020	32	FB_BTN_1	Кнопка
0x7022	34	FB_DIF_1	Быстрый дискретный вход 1
0x7023	35	FB_DIF_2	Быстрый дискретный вход 2
0x7024	36	FB_DIF_3	Быстрый дискретный вход 3
0x7028	40	FB_DO_1	Дискретный выход 1
0x7029	41	FB_DO_2	Дискретный выход 2
0x702A	42	FB_DO_3	Дискретный выход 3
0x702B	43	FB_DO_4	Дискретный выход 4
0x7030	48	FB_RO_1	Релейный выход 1
0x7031	49	FB_RO_2	Релейный выход 2
0x7038	56	FB_PWM	Частота ШИМ генератора
0x7039	57	FB_TMP_IN	Внутренняя температура контроллера
0x703A	58	FB_GENERATOR	Генератор сигнала
0x703C	60	FB_PID_1_OUT	Выход ПИД регулятора 1
0x703D	61	FB_PID_2_OUT	Выход ПИД регулятора 2
0x703E	62	FB_PID_1_REF	Опорное значение ПИД регулятора 1
0x703F	63	FB_PID_2_REF	Опорное значение ПИД регулятора 2
0x7040	64	FB_PID_1_FBACK	Значение обратной связи ПИД регулятора 1
0x7041	65	FB_PID_2_FBACK	Значение обратной связи ПИД регулятора 2
0x7042	66	FB_PID_1_TRACK	Значение Track ПИД регулятора 1

0x7043	67	FB_PID_2_TRACK	Значение Track ПИД регулятора 2
0x7044	68	FB_PID_1_TRACK_EN	Использование значения Track ПИД регулятора 1
0x7045	69	FB_PID_2_TRACK_EN	Использование значения Track ПИД регулятора 2
0x7046	70	FB_ENCODER_COUNT	Значение счётчика
0x7047	71	FB_ENCODER_DIR	Текущее направление счёта счётчика
0x7048	72	FB_REG1_DATA_1	Регистратор 1 – вход 1
0x7049	73	FB_REG1_DATA_2	Регистратор 1 – вход 2
0x704A	74	FB_REG1_DATA_3	Регистратор 1 – вход 3
0x704B	75	FB_REG1_DATA_4	Регистратор 1 – вход 4
0x704C	76	FB_REG2_DATA_1	Регистратор 2 – вход 1
0x704D	77	FB_REG2_DATA_2	Регистратор 2 – вход 2
0x704E	78	FB_REG2_DATA_3	Регистратор 2 – вход 3
0x704F	79	FB_REG2_DATA_4	Регистратор 2 – вход 4
0x7050	80	FB_REG1_EVENT_1	Регистратор 1 – вход события
0x7051	81	FB_REG2_EVENT_1	Регистратор 2 – вход события
0x7060	96	FM_M1_CH1	Модуль 1 – канал 1
0x7061	97	FM_M1_CH2	Модуль 1 – канал 2
		...	
0x706F	111	FM_M1_CH16	Модуль 1 – канал 16
0x7070	112	FM_M1_CH1	Модуль 2 – канал 1
0x7071	113	FM_M2_CH2	Модуль 2 – канал 2
		...	
0x707F	127	FM_M2_CH16	Модуль 2 – канал 16
		...	
0x70F0	240	FM_M10_CH1	Модуль 10 – канал 1
0x70F1	241	FM_M10_CH2	Модуль 10 – канал 2
		...	
0x70FF	255	FM_M10_CH16	Модуль 10 – канал 16
Данные пользовательской задачи – real			
0x7100	256	FA_0	
0x7101	257	FA_1	
		...	
0x71FF	511	FA_255	
Данные пользовательской задачи – bool			
0x7200	512	FB_0	
0x7201	513	FB_1	
		...	
0x72FF	767	FB_255	
Данные пользовательской задачи – uint			
0x7300	768	FC_0	
0x7301	769	FC_1	
		...	
0x737F	895	FC_127	
Адреса для чтения параметров в группах			
Группа 1			
GROUP1_ADR + 0		GROUP1_VALUE_0	GROUP1_ADR – базовый адрес группы 1 (значение по умолчанию 0x001)
GROUP1_ADR + 1		GROUP1_VALUE_1	
		...	
GROUP1_ADR + 39		GROUP1_VALUE_39	

Группа 2		
GROUP2_ADR + 0	GROUP2_VALUE_0	GROUP2_ADR – базовый адрес группы 2 (значение по умолчанию 0x101)
GROUP2_ADR + 1	GROUP2_VALUE_1	
...		
GROUP2_ADR + 39	GROUP2_VALUE_39	
Группа 3		
GROUP3_ADR + 0	GROUP3_VALUE_0	GROUP3_ADR – базовый адрес группы 3 (значение по умолчанию 0x201)
GROUP3_ADR + 1	GROUP3_VALUE_1	
...		
GROUP3_ADR + 39	GROUP3_VALUE_39	
Группа 4		
GROUP4_ADR + 0	GROUP4_VALUE_0	GROUP4_ADR – базовый адрес группы 4 (значение по умолчанию 0x301)
GROUP4_ADR + 1	GROUP4_VALUE_1	
...		
GROUP4_ADR + 39	GROUP4_VALUE_39	
Группа 5		
GROUP5_ADR + 0	GROUP5_VALUE_0	GROUP5_ADR – базовый адрес группы 5 (значение по умолчанию 0x401)
GROUP5_ADR + 1	GROUP5_VALUE_1	
...		
GROUP5_ADR + 39	GROUP5_VALUE_39	
Группа 6		
GROUP6_ADR + 0	GROUP6_VALUE_0	GROUP6_ADR – базовый адрес группы 6 (значение по умолчанию 0x501)
GROUP6_ADR + 1	GROUP6_VALUE_1	
...		
GROUP6_ADR + 39	GROUP6_VALUE_39	
Группа 7		
GROUP7_ADR + 0	GROUP7_VALUE_0	GROUP7_ADR – базовый адрес группы 7 (значение по умолчанию 0x601)
GROUP7_ADR + 1	GROUP7_VALUE_1	
...		
GROUP7_ADR + 39	GROUP7_VALUE_39	
Группа 8		
GROUP8_ADR + 0	GROUP8_VALUE_0	GROUP8_ADR – базовый адрес группы 8 (значение по умолчанию 0x701)
GROUP8_ADR + 1	GROUP8_VALUE_1	
...		
GROUP8_ADR + 39	GROUP8_VALUE_39	
Адреса для записи		
READ_ADR + 0x8000		READ_ADR – адрес параметра для чтения. Для записи адреса параметров сдвинуты на 0x8000

Наименование группы	Диапазон адресов	Причина передачи (COT)	Тип ASDU <__>		Класс/ Приоритет	Опрос/ Группа
<i>Группа-1</i> Дискретные сигналы входные	1 - 127	1	M_SP_NA_1	<1>	2/4	-
		3	M_SP_NA_1 M_SP_TA_1 M_SP_TB_1	<1> <2> <30>	2/2	-
		20	M_SP_NA_1	<1>	2/4	Общий
		21	M_SP_NA_1	<1>	2/4	1
<i>Группа-2</i> Дискретные сигналы выходные	129 - 255	1	M_SP_NA_1	<1>	2/4	-
		3	M_SP_NA_1 M_SP_TA_1 M_SP_TB_1	<1> <2> <30>	2/4	-
		20	M_SP_NA_1	<1>	2/4	Общий
		22	M_SP_NA_1	<1>	2/4	2
<i>Группа-3</i> Дискретные сигналы задачи пользователя	257 - 383	1	M_SP_NA_1	<1>	2/4	-
		3	M_SP_NA_1 M_SP_TA_1 M_SP_TB_1	<1> <2> <30>	2/4	-
		20	M_SP_NA_1	<1>	2/4	Общий
		23	M_SP_NA_1	<1>	2/4	3
<i>Группа-4</i> Аналоговые сигналы входные	385 - 511	1	M_ME_NC_1	<13>	2/5	-
		3	M_ME_NC_1 M_ME_TC_1 M_ME_TF_1	<13> <14> <36>	2/3	-
		20	M_ME_NC_1	<13>	2/5	Общий
		24	M_ME_NC_1	<13>	2/5	4
<i>Группа-5</i> Аналоговые сигналы выходные	513 - 639	1	M_ME_NC_1	<13>	2/5	-
		3	M_ME_NC_1 M_ME_TC_1 M_ME_TF_1	<13> <14> <36>	2/3	-
		20	M_ME_NC_1	<13>	2/5	Общий
		25	M_ME_NC_1	<13>	2/5	5
<i>Группа-6</i> Аналоговые сигналы задачи пользователя	641 - 767	1	M_ME_NC_1	<13>	2/5	-
		3	M_ME_NC_1 M_ME_TC_1 M_ME_TF_1	<13> <14> <36>	2/3	-
		20	M_ME_NC_1	<13>	2/5	Общий
		26	M_ME_NC_1	<13>	2/5	6
<i>Группа-7</i> Накопительные данные (Счетчики группы 1)	769 - 895	1	M_ME_NC_1	<13>	2/5	-
		3	M_IT_NA_1 M_IT_TA_1 M_IT_TB_1 M_ME_NC_1 M_ME_TC_1 M_ME_TF_1	<15> <16> <37> <13> <14> <36>	2/3	-
		37	M_IT_NA_1	<15>	2/5	Общий

		38	M_IT_NA_1	<15>	2/5	7 (1)
Резерв	897 - 1024					
Группа-12 Уставки дискретные	1153 - 1279	32	M_SP_NA_1	<1>	1/2	12
		6, 7, 8, 9, 10	C_SC_NA_1	<45>	1/2	-
Группа-13 Уставки целочисленные	1281 - 1407	33	M_ME_NA_1	<9>	2/3	13
		6, 7, 8, 9, 10	C_SE_NA_1	<48>	2/3	-
Группа-14 Уставки аналоговые	1409 - 1535	34	M_ME_NC_1	<13>	2/3	14
		6, 7, 8, 9, 10	C_SE_NC_1	<50>	2/3	-
Группа-15 Уставка коэффициентов	1537 - 1663	35	M_ME_NC_1	<13>	2/3	15
		6, 7, 8, 9, 10	C_SE_NC_1	<50>	2/3	-
Резерв	1665 -					
Телеуправление	2049 - 2175	6, 7, 8, 9, 10	C_SC_NA_1	<45>	1/1	-
Сообщения об ошибке	2177	3	M_EP_TF_1	<40>	1/1	-

Объем передаваемых данных с указанием идентификатора типа каждой группы объектов информации оформляется отдельным документом и параметризуется пользователем самостоятельно.