

ДРАЙВЕР
SU-C1.485.D2Sx

АГБР.391.10.00 РЭ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

1	НАЗНАЧЕНИЕ.....	3
2	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	4
3	УСТРОЙСТВО И РАБОТА	5
4	МАРКИРОВКА И УПАКОВКА	9
5	ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ	10
6	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	12
7	ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	13
8	РЕМОНТ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	14
9	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ	14
	ПРИЛОЖЕНИЕ А ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ.....	15
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б ПРИМЕР ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДРАЙВЕРА К СИСТЕМЕ	16

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту – «РЭ») распространяется на драйверы, предназначенные для поддержания частоты вращения гидромотора с помощью пропорционального клапана, (далее по тексту драйвер) следующих модификаций:

- SU-C1.485.D2S1,
- SU-C1.485.D2S2, выпускаемых:

620142, г. Екатеринбург, ул. Щорса, 7, ЗАО НПК «ВИП» www.zaovip.ru

РЭ предназначено для изучения принципа работы, правил эксплуатации, технического обслуживания, поверки, ремонта, хранения и транспортирования изделия.

К работе с драйвером допускаются лица, изучившие настоящее РЭ и имеющие опыт работы с приборами управления гидромоторами.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, в конструкцию могут быть включены незначительные, не отраженные в настоящем издании, изменения, не влияющие на технические характеристики.

ЧАСТЬ I ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1 НАЗНАЧЕНИЕ.

1.1 Драйвер предназначен для поддержания частоты вращения гидромотора с помощью пропорционального клапана.

Область применения – машины и механизмы, использующие гидромотор и пропорциональный клапан.

1.2 Драйвер выдает управляющее напряжение на пропорциональный клапан, направленное на приведение частоты вращения гидромотора к заданному значению.

Поддержание частоты осуществляется с помощью бесконтактного датчика обратной связи.

Драйвер имеет интерфейс контроля и управления: RS-485 ModBusRTU.

1.3 Драйверы рассчитаны на эксплуатацию при температуре окружающего воздуха от -40 до +75⁰С.

1.4 Степень защиты от драйвера от воды и пыли IP65 по ГОСТ 14254.

1.5 Электропитание осуществляется от внешнего источника постоянного стабилизированного напряжения от 10 до 30В, потребляемый ток не более 200мА.

Напряжения питания драйвера выбирается в соответствии с рабочим напряжением для пропорционального клапана.

1.6 В качестве датчиков обратной связи могут быть использованы индуктивные, оптические, емкостные и любые другие датчики с выходами PNP или NPN.

1.7 Наименование драйвера при его заказе и в технической документации

Модификации:

SU-C1.485.D2S1 – одноканальный драйвер, имеет один выход для управления пропорциональным клапаном. Возможно осуществление регулировки частоты вращения только в одном направлении;

SU-C1.485.D2S2 – двухканальный драйвер, имеет два выхода для управления двумя пропорциональными клапанами. Возможно осуществление регулировки частоты вращения в прямом и обратном направлении.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Электрические характеристики приведены в таблице 2.1

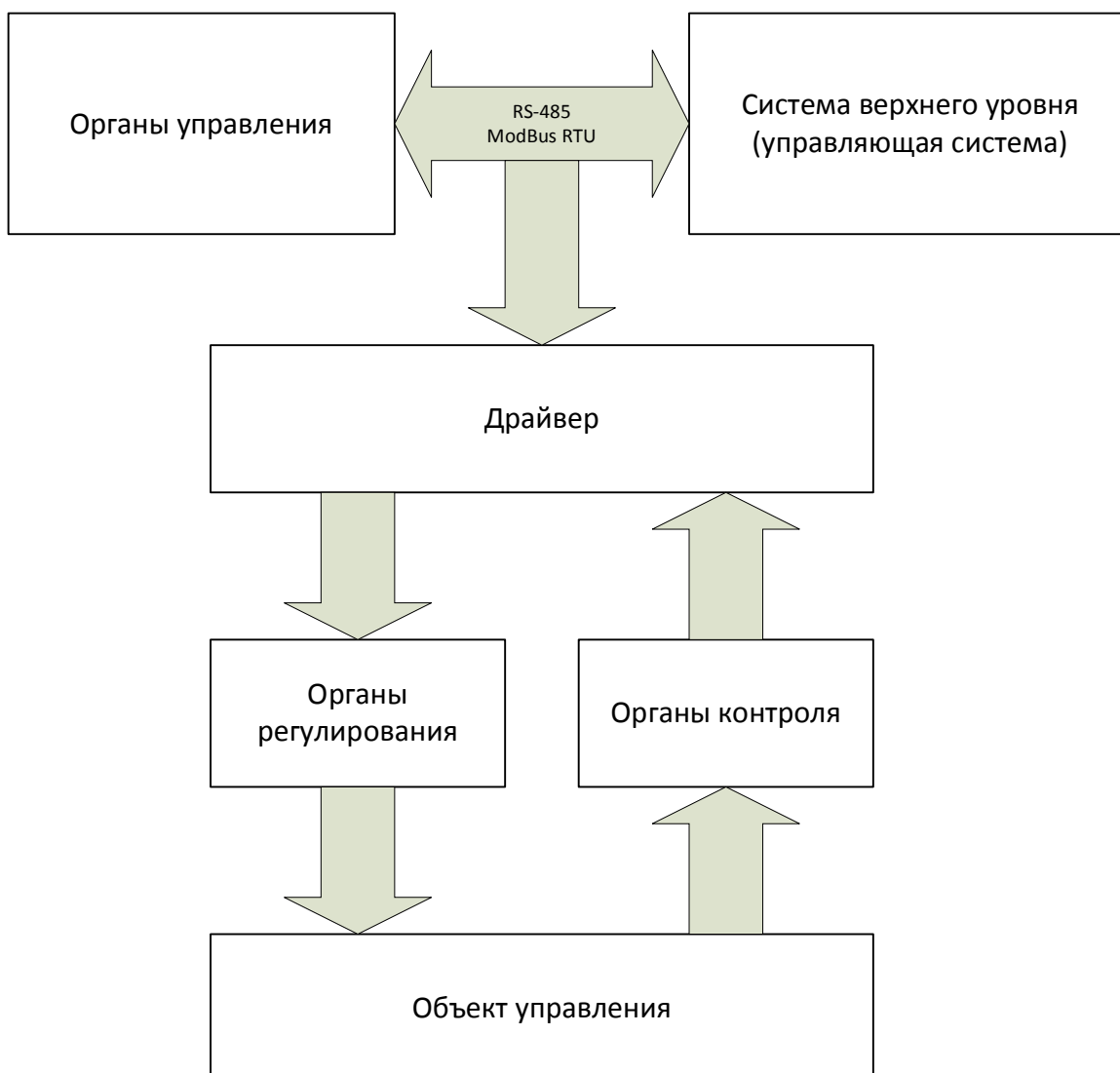
Таблица 2.1

Параметр	Значение
Напряжение питания (постоянное), В	9...35
Максимальный выходной ток, А	3
Частота выходного ШИМ сигнала, Гц	50...500
Сопротивление нагрузки (клапана), Ом	5...40
Точность поддержания оборотов, %	5
Точность измерения тока, %	2
Точность измерения частоты вращения, %	1
Типы поддерживаемых датчиков оборотов	PNP, NPN
Рабочая температура, °С	-40...+75
Степень защиты	IP65
Интерфейс связи с системой верхнего уровня	RS485
Протокол обмена с системой верхнего уровня	ModBusRTU
Тип устройства в системе	подчиненное

3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА

3.1 Типовая схема включения.

Структурная схема, показывающая основное применение драйвера в системе, приведена на рисунке 3.1.



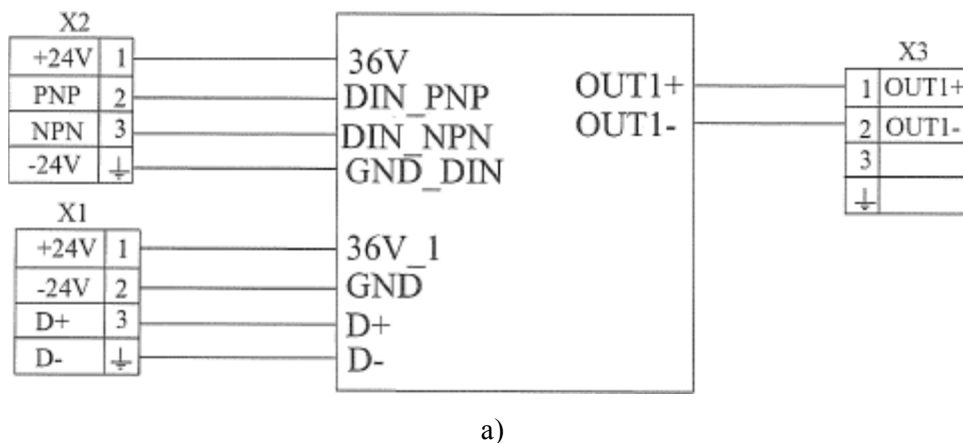
1. Органы управления – интерфейс для человека: пульты, кнопки, рукоятки, индикация.
2. Система верхнего уровня – система отвечающая за действие устройства в целом. Может оказывать согласованное управляющее воздействие на несколько органов управления одновременно.
3. Драйвер – задает и регулирует управляющее воздействие на органы регулирования и контролирует результаты управляющего воздействия.
4. Органы регулирования – механизмы, приводимые в действие с помощью управляющего воздействия, например, пропорциональный клапан.
5. Объект регулирования – механизм, выполняющий фактическую работу, например, гидромотор.
6. Органы контроля – датчики, позволяющие контролировать реальную работу объекта управления.

Рисунок 3.1

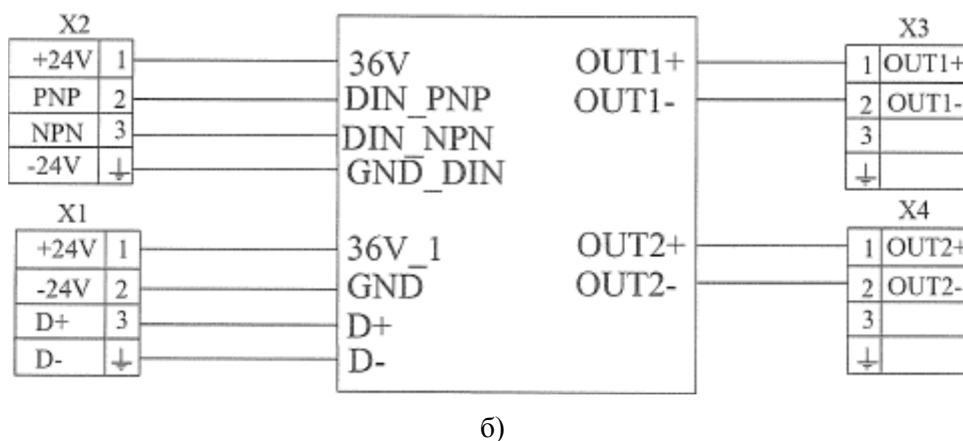
Драйвер может получать команды, как от органов управления, так и от системы верхнего уровня.

3.2 Электрическая схема подключения

Схема электрическая соединений представлена, для одноканального драйвера (SU-C1.485.D2S1) на рисунке 3.2а, для двухканального (SU-C1.485.D2S2) на рисунке 3.2б.



а)



б)

Рисунок 3.2

X1 – разъем для питания драйвера (сигналы «+24V» и «-24V») и управления по интерфейсу RS485 (сигналы «+D» и «-D»).

X2 – разъем подключения бесконтактного датчика. Вход «PNP» для подключения датчика с выходом PNP, вход «NPN» – для датчика с выходом NPN. Сигналы «+24V» и «-24V» для питания датчика.

X3 и X4 – разъемы для подключения органов регулирования (пропорциональных клапанов).

3.3 Принцип работы драйвера

Драйвер получает настроечные параметры (см. п. 2.2) от органов управления или системы верхнего уровня по интерфейсу RS485 по протоколу MODBUSRTU. Согласно этим параметрам, драйвер выдает на одном из своих выходов ШИМ сигнал заданной частоты и вычисленной скважности. Даже при использовании двухканального драйвера, активным будет только один из выходов, в зависимости от заданных параметров. ШИМ сигнал будет иметь постоянную скважность в случае не нулевого значения параметра «Уставка скважности ШИМ», в противном случае, скважность будет меняться с целью регулирования тока нагрузки или частоты вращения, в зависимости от значения параметра «Режим стабилизации тока».

Режимы «постоянной скважности» и «стабилизации тока» являются тестовыми и не находят применение в конечном устройстве. Основным режимом является «режим стабилизации частоты вращения». В этом режиме драйвер получает с датчика частоты вращения (ДЧВ) импульсы и пересчитывает их в текущую частоту вращения. Сравнивая эту частоту с заданной, драйвер изменяет скважность ШИМ сигнала на выходе по закону, определяемому параметрами для пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора.

Все измеренные и заданные значения выдаются по запросу по интерфейсу RS485 в формате MODBUSRTU. Протокол обмена представлен в ПРИЛОЖЕНИИ В.

3.4 Параметры, определяющие режим работы драйвера приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1

Наименование параметра	Описание
Адрес устройства	Определяет адрес устройства в системе. Необходим при обращении к устройству по ModBusRTU. Диапазон допустимых значений: 1-255 (по умолчанию: 10)
Скорость обмена данными	Определяет скорость работы по протоколу ModBus. Может быть одним из следующих значений: 0 – соответствует скорости 9600 бит/с; 1 – 19200 бит/с; 2 – 38400 бит/с; 3 – 57600 бит/с; 4 – 115200 бит/с (по умолчанию: 9600 бит/с)
Паритет	Определяет наличие и тип признака четности в протоколе ModBus. Может быть одним из следующих значений: 0 – нет; 1 – odd; 2 – even (по умолчанию: нет)
Стоп-биты	Определяет количество стоп-бит в протоколе ModBus. Может быть одним из следующих значений: 0 – 1 стоповый бит; 1 – 2 стоповых бита (по умолчанию: 1 стоповый бит)
Количество импульсов на один оборот привода	Определяет количество импульсов, пришедших на вход драйвера с бесконтактного датчика оборотов, за один оборот гидромотора. Служит для расчета частоты вращения гидромотора и количества

	<p>сделанных оборотов. Является передаточным коэффициентом обратной связи. Диапазон допустимых значений: 1-65535 (по умолчанию: 1имп/об)</p>
Тип бесконтактного датчика	<p>Определяет тип бесконтактного датчика оборотов. Допустимые значения: 0 – PNP; 1 – NPN (по умолчанию:PNP)</p>
Сброс количества оборотов после чтения регистра	<p>Определяет способ хранения/очистки счетчика оборотов. Возможные значения: 1 – сброс счетчика оборотов будет происходить при каждом чтении содержимого счетчика; 2 – сброс счетчика оборотов производится записью 0 в счетчик оборотов. (по умолчанию: 2)</p>
Количество оборотов	<p>Отображает текущее значение счетчика оборотов, об.</p>
Частота вращения	<p>Отображает текущее значение частоты вращения гидромотора, об/мин.</p>
Уставка частоты вращения	<p>Определяет необходимую частоту вращения гидромотора, об/мин. Для двухканального драйвера, положительное значение – 1-й канал, отрицательное – 2-ой канал, т.е. знак определяет направление вращения гидромотора. Для одноканального драйвера возможно только положительное значение. (по умолчанию: 0 об/мин)</p>
Уставка выходного минимального тока	<p>Определяет значение минимального тока управления пропорциональным клапаном, мА. (по умолчанию: 0 мА)</p>
Уставка выходного максимального тока	<p>Определяет значение максимального тока управления пропорциональным клапаном, мА. (по умолчанию: 3000 мА)</p>
Уставка частоты ШИМ выходного сигнала	<p>Определяет значение частоты ШИМ сигнала управления пропорциональным клапаном. Диапазон допустимых значений: 50-500, Гц. (по умолчанию: 100 Гц)</p>
Режим стабилизации тока	<p>Определяет режим стабилизации тока. Если значение равно 0, то включен режим стабилизации частоты вращения гидромотора. В противном случае, включается режим стабилизации тока на уровне, задаваемом этим значением в мА. Диапазон допустимых значений: 0-3000. (по умолчанию: 0 – режим стабилизации частоты вращения гидромотора)</p>
Таймаут отключения выхода при отсутствии связи	<p>Определяет интервал времени (в секундах) до отключения выхода драйвера при отсутствии связи с системой верхнего уровня по протоколу ModBus. Если значение равно 0, то выход не отключается. (по умолчанию: 0 – выход не отключается)</p>
Текущее значение тока	<p>Отображает текущее значение тока, проходящего через пропорциональный клапан, мА</p>
Код ошибки работы устройства	<p>Отображает ошибки драйвера. Коды ошибок: 0 – нет ошибок; 1 – modbus; 2 – датчик; 4 – частота вращения; 8 – ШИМ; 16 – выходной ток; 32 – таймаут</p>

	Возможно отображение нескольких ошибок одновременно.
Коэф. ПИД регулятора «Kp»	Определяет пропорциональный коэффициент ПИД регулятора. (по умолчанию: 0,005)
Коэф. ПИД регулятора «Ki»	Определяет интегральный коэффициент ПИД регулятора. (по умолчанию: 0,00015)
Коэф. ПИД регулятора «Kd»	Определяет дифференциальный коэффициент ПИД регулятора. (по умолчанию: 0,002)
Уставка скважности ШИМ	Определяет режим постоянной скважности ШИМ на выходе драйвера. Если значение равно 0, то включен режим стабилизации частоты вращения гидромотора. В противном случае, на выходе драйвера будет ШИМ сигнал с заданной скважностью в процентах. Диапазон допустимых значений: 0-100. (по умолчанию: 0 – режим стабилизации частоты вращения гидромотора)
Выход ПИД регулятора	Отображает целую часть значения выхода ПИД регулятора в процентах. Может быть в диапазоне значений 0-100%
Суммарная ошибка регулятора	Отображает суммарную (накопленную) ошибку ПИД регулятора.
Текущая ошибка регулятора	Отображает текущее значение ошибки ПИД регулятора.
Пропорциональная составляющая регулятора	Отображает текущее значение пропорциональной составляющей ПИД регулятора.
Интегральная составляющая регулятора	Отображает текущее значение интегральной составляющей ПИД регулятора.
Дифференциальная составляющая регулятора	Отображает текущее значение дифференциальной составляющей ПИД регулятора.

4 МАРКИРОВКА И УПАКОВКА

4.1 Маркировка

На крышке корпуса драйвера находится шильдик (маркировочная табличка) с указанием наименования драйвера и маркировкой разъемов. На рисунке 4.1 представлены используемые шильдики.

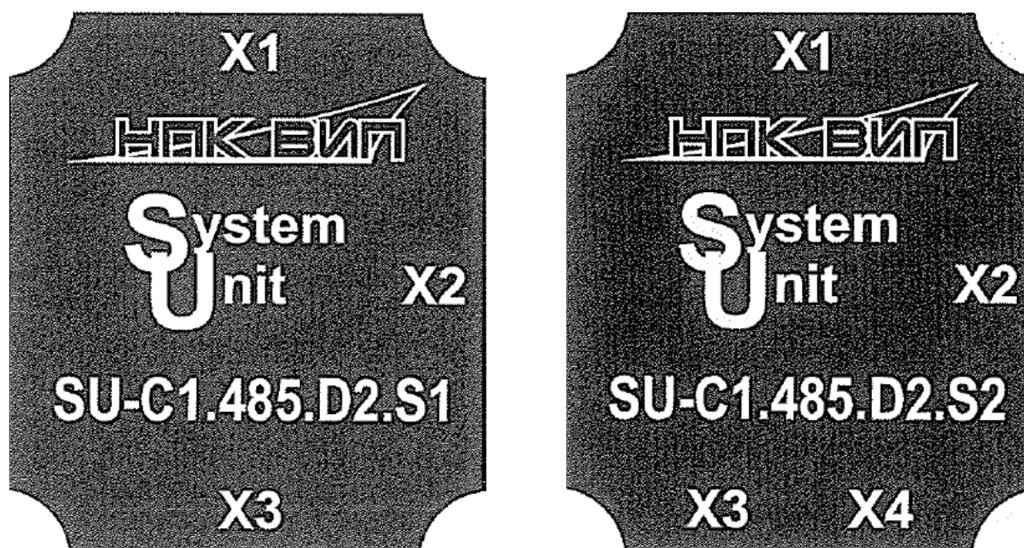


Рисунок 4.1

4.2 Тара и упаковка

Упаковка изделий производится в картонные коробки (ГОСТ 9142).

Маркировка транспортной тары производится основными и дополнительными знаками в соответствии с ГОСТ 14192.

ЧАСТЬ II ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

5 ПОДГОТОВКА К ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1 Меры безопасности

5.1.1 К работе с драйвером допускаются лица, прошедшие инструктаж на рабочем месте и имеющие группу по электробезопасности не ниже 2.

5.1.2 Запрещается эксплуатация драйвера с повреждениями, которые могут вызвать нарушение изоляции соединений.

5.1.3 Все работы по монтажу и ремонту драйвера необходимо осуществлять при отключенном питании. При установке на подвижные единицы двигатель должен быть остановлен.

5.2 Подготовка к монтажу

5.2.1 Транспортировка драйвера к месту монтажа должна осуществляться в заводской таре. После транспортировки драйвера к месту установки при отрицательной температуре и внесении его в помещение с положительной температурой необходимо выдержать его в упаковке не менее 1 часа.

5.2.2 После распаковывания необходимо провести внешний осмотр изделия, при этом следует проверить:

- отсутствие видимых механических повреждений, препятствующих применению устройства;
- комплектность в соответствии с паспортом на драйвер

5.3 Выбор места установки

5.3.1 Место установки должно обеспечивать удобство выполнения монтажных работ.

5.3.2 Присоединительные кабели должны прокладываться в кабельные каналы или гофрированные трубы и надежно закрепляться на корпусе установки.

5.3.3 Расстояние от драйвера до органов регулирования (пропорционального клапана) не должно превышать 0,8 длины соединительных кабелей.

5.3.4 Габаритные и присоединительные размеры представлены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

5.3.5 Пример подключения драйвера к системе представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

5.4 Установка и настройка

5.4.1 Установка драйвера производится в следующем порядке:

- закрепить драйвер с помощью винтов и гаек из комплекта поставки;
- подключить кабели к органам регулирования;

- подключить кабель от ДЧВ;
- подключить кабель питания и RS485

5.4.2 Настройка производится в следующем порядке:

- подключить персональный компьютер к системе через преобразователь USB/RS485, с установленной программой для настройки драйвера;
- подать питание на драйвер и убедиться в наличии связи компьютера с драйвером;
- проверить значения параметров системы, таких как «число импульсов от ДЧВ на один оборот», «тип датчика ДЧВ»;
- задавая параметр «установка частоты вращения» проверить различные скорости вращения двигателя. При необходимости можно отрегулировать значения параметров ПИД регулятора по методике [1] или [2] для получения более стабильных или более скоростных характеристик;
- отключить питание;
- отключить компьютер и преобразователь от системы.

5.4.3 Настройка драйвера с помощью программы «ModBusанализатор»

Настройки драйвера поможет сделать программа «ModBusанализатор». Установочный файл программы называется «VIPModBusTools_v_xxx.exe», где «xxx» - версия программы. Для настройки драйвера с помощью этой программы необходим файл конфигурации «SU-C1.485.D2.modbus.cfg». Его необходимо открыть в этой программе выбрав «Файл→Открыть». Далее необходимо нажать на значок «Настройки соединения», и проверить правильность выбора порта компьютера, к которому подключен драйвер. По умолчанию, драйвер имеет адрес 10 на шине ModBus, скорость 9600, 8 бит, 1 стоп-бит. Установив галочку «Читать в цикле», программа прочитает все текущие настройки драйвера. Для однократного чтения предназначена кнопка «↑», для записи – «↓». При записи, галочка «Читать в цикле» должна быть убрана. Внешний вид программы показан на рисунке 5.1.

Также, для удобства настройки драйвера, программа позволяет строить графики по полученным данным, и экспортировать эти данные в MSExcel используя значок «Экспорт данных в Excel». Пример построения графиков приведен на рисунке 5.2.

Обязательные параметры для работы драйвера:

- тип используемого бесконтактного датчика (PNP/NPN);
- количество импульсов, которые приходят с датчика за один оборот гидромотора;
- правильно рассчитанные коэффициенты ПИД регулятора (K_p , K_i , K_d);
- частота вращения гидромотора; это значение действительно только до выключения питания. Устанавливать это значение в драйвере должна управляющая система (master)каждый раз после включения питания и при необходимости во время работы.

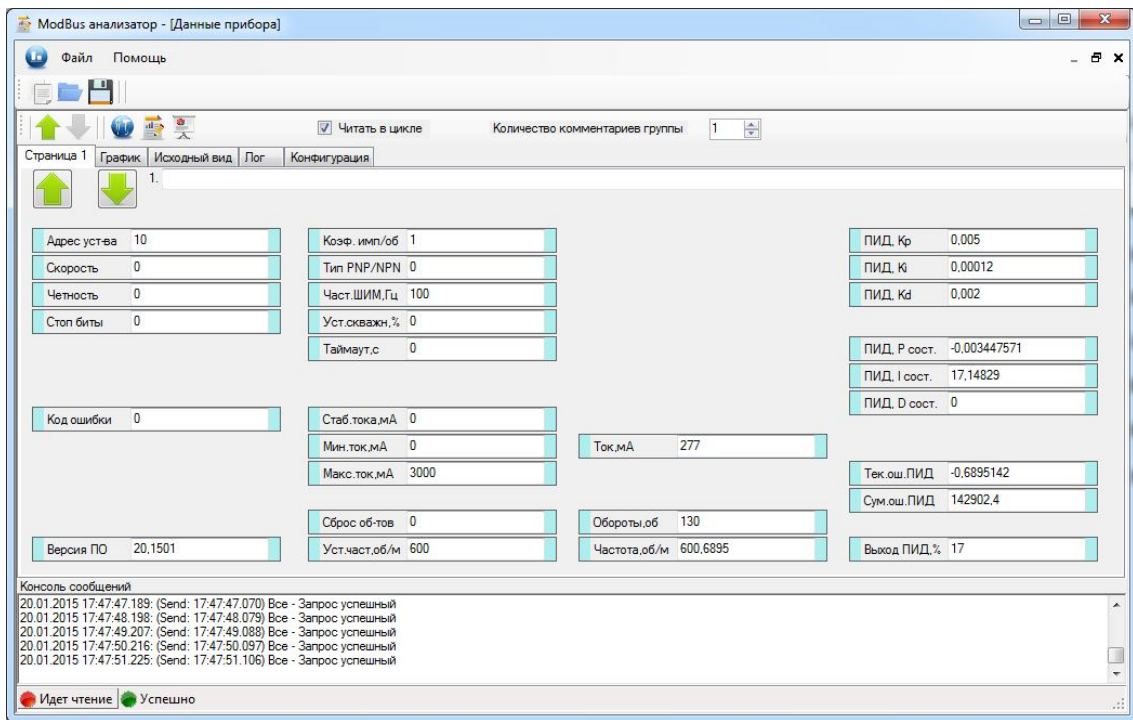


Рисунок 5.1

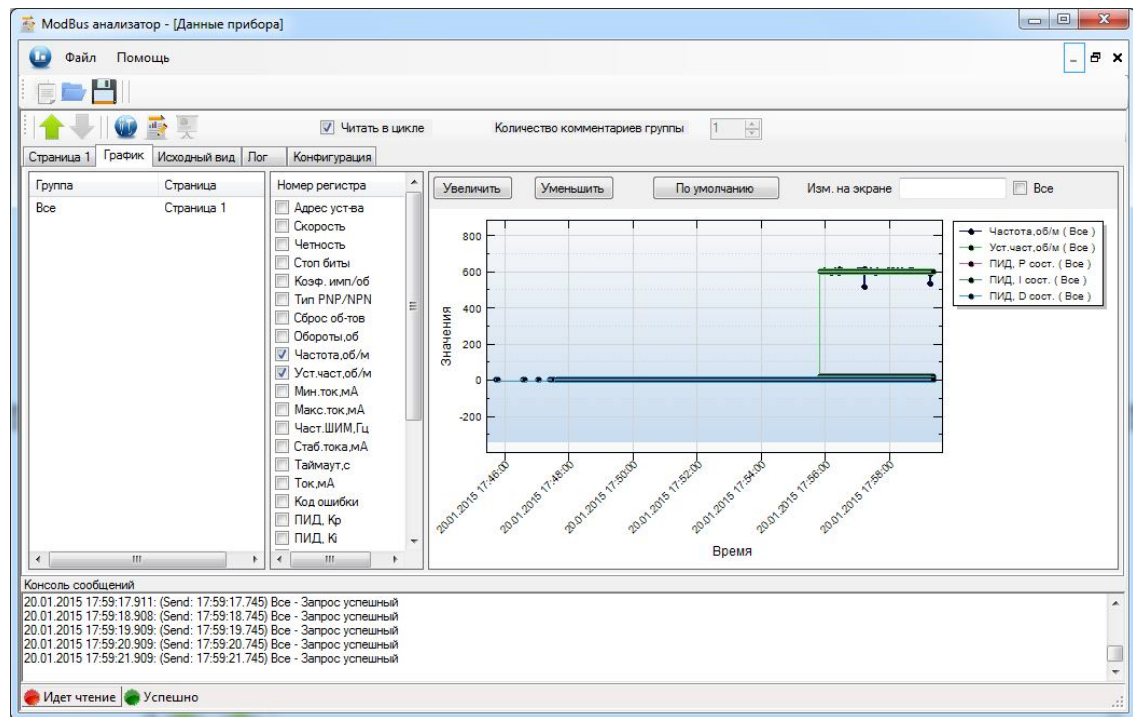


Рисунок 5.2

6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

6.1 Техническое обслуживание драйвера проводится с целью обеспечения технических характеристик изделия и включает в себя следующие виды работ:

- внешний осмотр во время эксплуатации;
- контроль выходного сигнала (при необходимости);

- периодическая поверка;

- консервация при снятии с эксплуатации на продолжительное хранение.

6.2 При внешнем осмотре, который рекомендуется производить не реже одного раза в месяц, проверяется состояние крепления корпуса, целостность соединительных кабелей и других повреждений, препятствующих использованию драйвера.

6.3 Визуально сигнал на выходе можно проконтролировать осциллографом с входным сопротивлением не менее 1 МОм.

6.4 Периодическая поверка производится аналогично методике настройки п.5.4.2

6.5 При снятии драйвера для продолжительного хранения необходимо убедиться в целостности корпуса, кабелей и разъемов. Хранить драйвер следует в условиях, оговоренных в разделе «Транспортирование и хранение»

7 ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Возможные неисправности драйвера и способы их устранения приведены в таблице 8.1

Таблица 8.1

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
После включения гидромотор включается на максимальные обороты	Аппаратная неисправность	Ремонт неисправного драйвера
Не нулевое значение «Уставки частоты вращения» приводит к максимальным оборотам гидромотора, а нулевое значение отключает гидромотор	Нет сигнала от датчика частоты вращения (ДВЧ)	Проверить соединение, устранить неисправность. Проверить правильность задания параметра «тип датчика» PNP/NPN
Гидромотор работает не на максимальных оборотах, значение «уставки частоты вращения» на частоту вращения не влияет	Включены режимы «постоянной скважности ШИМ» или «стабилизации тока»	Отключить режимы «постоянной скважности ШИМ» и/или «стабилизации тока», установив соответствующие параметры в ноль
Гидромотор не выходит на максимальную частоту вращения, значение «выход ПИД» равно 100	Не хватает напряжения питания для открытия пропорционального клапана или не хватает мощности с гидронасоса	Установить напряжение питания драйвера не ниже рабочего напряжения пропорционального клапана. Проверить гидронасос
Нет связи с драйвером по интерфейсу RS485	- нет напряжения питания - обрыв кабеля RS485 - неверно заданы параметры связи для MODBUSRTU	Проверить напряжение питания Проверить целостность кабеля Проверить правильность параметров для MODBUSRTU
Очень медленная реакция гидромотора на изменение параметра «уставка частоты вращения»	Неправильная настройка ПИД регулятора	Настроить ПИД регулятор (п.5.4.2)
Гидромотор не может настроиться на стабильную частоту вращения. Наблюдаются постоянные изменения частоты (биения)	Неправильная настройка ПИД регулятора	Настроить ПИД регулятор (п.5.4.2)

8 РЕМОНТ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

8.1 Ремонт драйвера допускается производить только представителям предприятия-изготовителя или организацией, имеющей на это право. О всех ремонтах должна быть сделана отметка в паспорте драйвера с указанием даты, причины выхода из строя и характере произведенного ремонта.

Внимание! После ремонта драйвер подвергается обязательной калибровке.

8.2 При ремонте следует принимать меры по защите электронных компонентов от статического электричества.

9 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

9.1 Драйвер транспортируют в упакованном виде на любые расстояния автомобильным и железнодорожным транспортом (в закрытых транспортных средствах), авиационным транспортом (в герметизированных отсеках), водным транспортом (в трюмах судов). Транспортирование осуществляется в соответствии с правилами перевозок, действующими на каждом виде транспорта. Перевозка через районы с холодным климатом должна осуществляться только с соблюдением требований по климатическим условиям транспортирования по ГОСТ 15150.

9.2 Условия транспортирования драйвера должны соответствовать в части воздействия:

- климатических факторов - группе 2 (С) по ГОСТ 15150-69;
- механических нагрузок - группе С по ГОСТ 23216-78.

9.3 Хранение драйвера осуществляется в таре потребительской в закрытых помещениях с условиями хранения в части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 2(С) по ГОСТ 15150-69.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

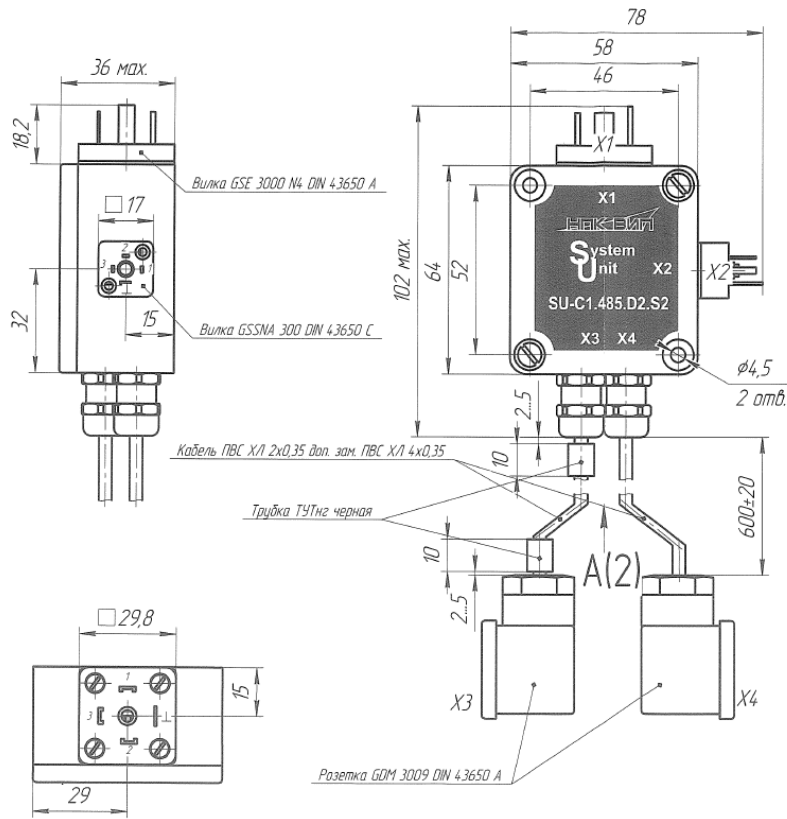
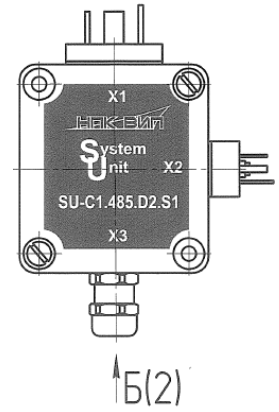


Рисунок А.1а
SU-C1.485.D2.S2

Разетка X3 и провод условно не показаны.
Остальное см. рис. 1

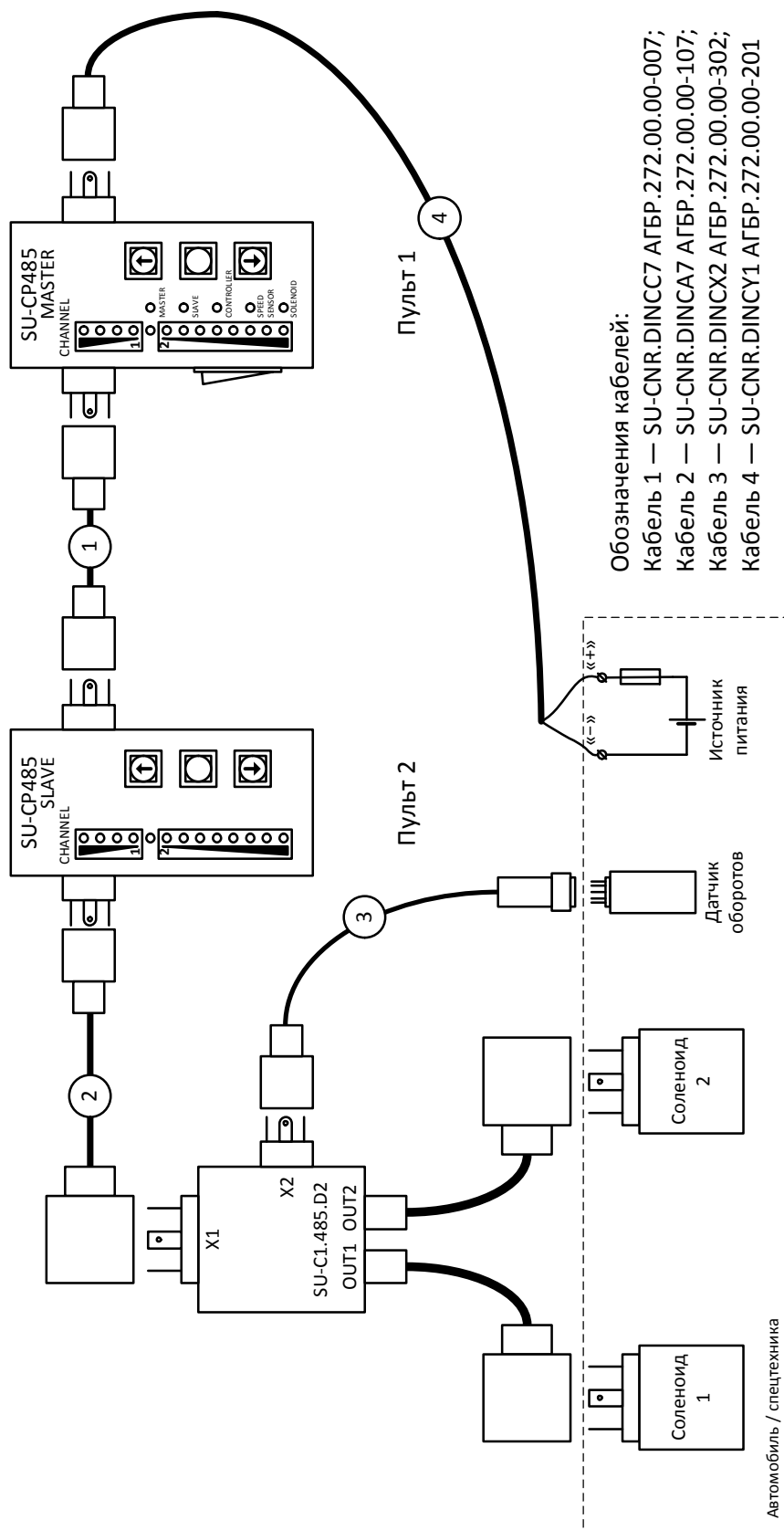


1. Размеры для справок.

Рисунок А.1б
SU-C1.485.D2.S1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИМЕР ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДРАЙВЕРА К СИСТЕМЕ



ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРОТОКОЛ ОБМЕНА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА MODBUS RTU

1 Описание протокола ModBus RTU

1.1 Протокол ModBus RTU (далее ModBus) определяет структуру сообщений, которая используется и распознается устройствами, подключенными к каналу передачи данных (магистрала или линии связи).

1.2 ModBus описывает способ запроса устройством доступа к другим устройствам, способ ответа на запросы, методы определения ошибок и реакции на ошибки.

1.3 ModBus устанавливает, как устройства распознают предназначенные для них сообщения, определяют предписанные им действия, выделяют данные или информацию из сообщений, а также как устройства формируют формат ответного сообщения.

1.4 ModBus предполагает одно активное (запрашивающее) устройство в линии (мастер — Master), которое может опрашивать множество пассивных подчиненных устройств (Slave), обращаясь к ним по уникальному в линии адресу.

1.5 Синтаксис команд ModBus позволяет адресовать 247 устройств, подключенных к линии. Ограничение адресного пространства (247 вместо 255) принято для возможности реализации дополнительных функциональных возможностей (поиск устройств, поиск новых устройств и т.п.).

2 Физические характеристики канала передачи данных

2.1 Способ передачи данных — асинхронный полудуплекс.

2.2 Скорость передачи выбирается из ряда значений 1,2 кбод; 2,4 кбод; 4,8 кбод; 9,6 кбод; 19,2 кбод; 38,4 кбод; 57,6 кбод; 115,2 кбод.

2.3 Формат посылки (кадра) фиксирован (см. раздел 4).

2.4 Максимальное количество устройств в одной сети без повторителей — 32.

2.5 Максимальное расстояние передачи без повторителей — не более 1200 м.

2.6 По умолчанию скорость передачи установлена в значении 9,6 кбод, адрес — 01, если иные значения не заданы в заказе.

3 Обмен сообщениями в линии связи (режимы MASTER и SLAVE)

3.1 Modbus подразумевает наличие в линии только одного ведущего устройства (MASTER) и множества (возможно также только одно) подчиненных или ведомых устройств (SLAVE).

3.2 Командно-информационный обмен сообщениями в линии связи реализуется по методу ведущий-ведомый (MASTER-SLAVE) в пакетном режиме по принципу «команда-ответ», при котором только MASTER может начать обмен (выдать запрос). Подчиненные устройства (SLAVE) по запросу ведущего принимают данные, передают запрашиваемые данные или выполняют указанные ведущим действия.

3.3 MASTER может обращаться только к конкретно адресуемому устройству. Инициатива проведения обмена всегда исходит от MASTER. Ведомые устройства всегда «слушают» линию связи. MASTER подаёт запрос (посылка, последовательность байт) в линию и переходит в состояние прослушивания линии связи. Ведомое устройство отвечает на запрос, пришедший в его адрес.

3.4 Окончание ответной посылки MASTER определяет по временному интервалу между окончанием приема предыдущего байта и началом приема следующего. Если этот интервал превысил время, необходимое для приема 1,5 байт на заданной скорости передачи, прием кадра ответа считается завершенным.

3.5 MASTER может передавать следующее сообщение (другому узлу или тому же) сразу по получению ответа на предыдущее (либо окончанию времени ожидания).

3.6 При невозможности выполнить предписанные действия SLAVE формирует сообщение об ошибке и отправляет его как ответное сообщение.

3.7 Информация передается 8-битными символами и используется весь диапазон допустимых значений (0–255).

4 Формат кадра

4.1 Кадры запроса и ответа по протоколу Modbus имеют фиксированный формат и содержат следующие поля, приведенные в таблице В.1.

Т а б л и ц а В.1

Поле кадра	Длина в байтах
адрес подчиненного устройства	1
номер функции	1
данные	$N < 254$
контрольная сумма	2

– **адрес подчиненного устройства** — первое однобайтное поле кадра. Оно содержит адрес подчиненного устройства, к которому адресован запрос. Подчиненные устройства отвечают только на запросы, поступившие в их адрес. Ответ также начинается с адреса отвечающего устройства. Может изменяться от 1 до 247;

– **номер функции** — это следующее однобайтное поле кадра. Оно говорит подчиненному устройству, какие данные или выполнения каких действий требует от него ведущее устройство. Описание поддерживаемых функций приводится в разделе 6;

– **данные** — поле содержит информацию, необходимую подчиненному устройству для выполнения заданной мастером функции или (в ответе) информацию о выполнении указанных действий. Длина и формат поля зависит от номера функции;

– **контрольная сумма** — заключительное двухбайтное поле кадра, содержащее циклическую контрольную сумму CRC-16 всех предыдущих полей кадра. Контрольная сумма завершает как кадр запроса, так и ответа и используется принимающей стороной для контроля принятой информации на предмет обнаружения ошибок передачи. CRC добавляется к сообщению последним полем младшим байтом вперед.

4.2 Формат каждого байта указан в таблице В.2.

Т а б л и ц а В.2

Характеристика	Значение
Система кодирования	8-битовая двоичная, шестнадцатеричная
Старт бит	1 старт бит
Число бит на символ	8 бит данных, младшим значащим разрядом вперед
Четность	1 бит четности или без бита четности, в зависимости от требований
Стоп бит	1 или 2 стоповых бита, в зависимости от требований

Сообщение начинается с интервала тишины равного времени передачи 3,5 символов при данной скорости передачи в сети. Первым полем передается адрес устройства.

Вслед за последним передаваемым символом также следует интервал тишины продолжительностью не менее 3,5 символов. Новое сообщение может начинаться после этого интервала. Фрейм сообщения передается непрерывно.

Если интервал тишины продолжительностью 1,5 символа возник во время передачи фрейма, принимающее устройство заканчивает прием сообщения и следующий байт будет воспринят как начало следующего сообщения.

5 Расчет контрольной суммы и возможные ошибки

5.1 Во время обмена данными могут возникать ошибки двух типов:

– коммуникационные ошибки, связанные с искажениями при передаче

(транспортировке) данных;

– ошибки функционирования.

5.2 Коммуникационные ошибки обнаруживаются при помощи фреймов символов, контроля четности и циклической контрольной суммы CRC-16. При обнаружении любой из этих ошибок сообщение считается недостоверным и в случае приема его SLAVE, ответ не выдается. В этом случае MASTER, не получив за установленное время ответ, считает сообщение не переданным и может организовать повторную передачу, либо предпринять другие действия.

5.3 Контрольная сумма рассчитывается стандартным для Modbus способом. Результат вычисления передается в линию связи, начиная с младшего байта.

6 Пример вычисления CRC-16 для сообщения:

6.1 Заполнить значение 16-разрядного регистра «1».

6.2 Произвести операцию «исключающее ИЛИ» первых 8 бит (первого байта) со старшими разрядами (старшим байтом) 16-разрядного регистра. Результат поместить в 16-разрядный регистр.

6.3 Сдвинуть 16-разрядный регистр на один бит вправо.

6.4a Если выдвинутый бит = «1», то произвести операцию «исключающее ИЛИ» 16-разрядного регистра с полиномом 1010 0000 0000 0001. Результат поместить в 16-разрядный регистр.

6.4b Если выдвинутый бит = «0», то переход к пункту 3.

6.5 Повторить пункты 3–4 восемь раз (сдвинуть весь байт).

6.6 Произвести операцию «исключающее ИЛИ» следующих 8 бит (следующий байт) со старшими разрядами (старшим байтом) 16-разрядного регистра. Результат поместить в 16-разрядный регистр.

6.7 Повторить пункты 6.3–6.6, пока не обработаются все сообщения.

6.8 Содержимое 16-разрядного регистра — искомое значение CRC-16.

Фрагмент программы, используемой для расчета контрольной суммы

```
//Выход из программы – сумма CRC-16, которая передается в линию  
связи //начиная с младшего байта
```

```
//*mas - указатель на массив информации  
// dl - длина массива
```

```

    unsigned short int RunCRC (unsigned char *mas, int dl) {
unsigned char *ab, rabb;
    int i, j;
    unsigned short int Rc;
    void *av;
        av=&Rc;
        ab=av;
        Rc=0xFFFF;
        for(i=0; i< dl; i++) {
            rabb=mas[i];
            ab[0]= ab[0] ^ rabb;
            for(j=0; j< 8; j++) {
                if (Rc & 0x0001) {
                    Rc=Rc>>1;
                    Rc = Rc ^ 0xA001;
                } else {
                    Rc=Rc>>1;
                }
            }
        }
        return(Rc);
    }
// ----- //
    unsigned int AnswerModbusSlave(char cCmd[], int Len)
    {
        unsigned int h,l;
        h= RunCRC (cCmd,Len);
        l=h&0xff; h=h>>8;
        h=h&0xff;
        cCmd[Len]=l;
        cCmd[Len+1]=h;
        return(l+256*h);
    }

```



```

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40
};

```

```

/* CRC16 Table Low byte */
static char CRC16Lo[] = {
0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2,
0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4, 0x04,
0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E,
0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09, 0x08, 0xC8,
0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A,
0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD, 0x1D, 0x1C, 0xDC,
0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6,
0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3, 0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10,
0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32,
0x36, 0xF6, 0xF7, 0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4,
0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE,
0xFA, 0x3A, 0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38,
0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA,
0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C,
0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0,
0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62,
0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4,
0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F, 0x6E, 0xAE,
0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68,
0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA,
0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C,
0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5, 0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76,
0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0,
0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92,

```

```

0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54,
0x9C, 0x5C, 0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E,
0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98,
0x88, 0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A,
0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86,
0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80, 0x40
};
unsigned GetCRC16(unsigned char *puchMsg, int DataLen)
{
    unsigned Index ; /* will index into CRC16 lookup table */

    CRCHi = 0xFF ; /* high byte of CRC16 initialized */
    CRCLo = 0xFF ; /* low byte of CRC16 initialized */
    while (DataLen--){
        Index = CRCHi ^ *puchMsg++ ; /* calculate the CRC16 */
        CRCHi = CRCLo ^ CRC16Hi[Index] ;
        CRCLo = CRC16Lo[Index] ;
    }
    return ((unsigned)CRCLo << 8 | CRCHi) ;
}
// ----- //
unsigned int AnswerModbusSlavet(char cCmd[], int Len)
{
    unsigned int h,l;
    h=GetCRC16(cCmd,Len);
    l=h&0xff; h=h>>8;
    h=h&0xff;
    cCmd[Len]=l;
    cCmd[Len+1]=h;
    return (l+256*h) ;
}

```

Пример запроса с контрольной суммой

<i>Имя поля</i>	<i>(Hex)</i>
Адрес подчиненного	02
Функция	03
Начальный адрес ст.	00
Начальный адрес мл.	00
Кол-во регистров ст.	00
Кол-во регистров мл.	5F
Контрольная сумма мл.	05
Контрольная сумма ст.	C1

7 Сообщения об ошибках

7.1 Для сообщений об ошибках функционирования Modbus предусматривает, что устройства могут отсылать ответы, свидетельствующие об ошибочной ситуации. Признаком того, что ответ содержит сообщение об ошибке, является установленный в 1 старший бит кода функции (команды). Пример такого ответа с описанием полей приведен ниже:

Т а б л и ц а В.3

Сетевой адрес	Код команды	Код ошибки	CRC-16
01	81	02	C1 91

Могут быть отправлены ответы, имеющие следующие коды:

Т а б л и ц а В.4

Код ошибки	Название	Комментарий
01	Недействительная функция	Недопустимый номер функции в SLAVE
02	Недействительный адрес данных	Запрошенный адрес некорректный
03	Недействительное значение данных	Указанное значение данных не поддерживается в SLAVE

8 Команды протокола Modbus

8.1 Программное обеспечение драйвера поддерживает две команды из стандартного подмножества команд протокола Modbus.

В примерах для каждой команды первая таблица показывает состав запроса, вторая — правильного ответа. Значения должны быть описаны в шестнадцатеричной системе. Одноразрядные значения заполняют байты ответа с младших битов, начиная со значения первого запрошенного адреса. Оставшиеся биты заполнены нулями. 16-разрядные значения должны быть посланы старшим байтом вперед. Циклическая контрольная сумма CRC-16 передается младшим байтом вперед.

8.2 Чтение состояния регистров хранения (16-разрядных целочисленных переменных) — функция 03h.

Запрос, посылка устройства MASTER:

Т а б л и ц а В.5

Сетевой адрес	Код функции	Номер первого регистра		Число регистров для чтения (N)		CRC-16	
		старший байт	младший байт	старший байт	младший байт	младший байт	старший байт
01	03						

Ответ, посылка устройства SLAVE:

Т а б л и ц а В.6

Сетевой адрес	Код функции	Число байт в ответе	Данные (N×2 байт)				CRC-16	
			Значения 1-го регистра		...	Значения N-го регистра		младший байт
01	03	N×2	старший байт	младший байт		старший байт	младший байт	

8.3 Изменение состояния регистров хранения (16-разрядных целочисленных переменных) — функция 10h.

Запрос, посылка устройства MASTER:

Т а б л и ц а В.7

Сетевой адрес	Код функции	Номер первого регистра		Число регистров для записи (N)		Кол-во записываемых байт (2×N)
		Старший	Младший	Старший	Младший	
01	10					

		байт	байт	байт	байт	
--	--	------	------	------	------	--

Т а б л и ц а В.8

Записываемые данные ($N \times 2$ байт)				CRC-16				
Значения 1-го регистра		...	Значения N -го регистра		младший байт		старший байт	
стар. байт	млад. байт		стар. байт	млад. байт				

Ответ, посылка устройства SLAVE:

Т а б л и ц а В.9

Сетевой адрес	Код функции	Номер первого регистра		Кол-во записанных регистров (N)		CRC-16	
		Старший байт	Младший байт	Старший байт	Младший байт	Младший байт	Старший байт
01	10						

8.4 Формат передачи данных

Bool — логическая переменная, (1 двоичный разряд). Передаётся в любом бите регистра.

Byte — число в диапазоне от 0 до 255 (8 двоичных разрядов).

Char — символ в кодировке ASCII (8 двоичных разрядов). Передаются в младшем байте регистра.

Word — в диапазоне от 0 до 65 535 (16 двоичных разрядов).

Int — знаковое целое число в диапазоне от $-32\,768$ до $32\,767$ (16 двоичных разрядов).

Старший — 16 разряд определяет знак числа (0 — положительное, 1 — отрицательное). Старший байт передаётся в старшем байте регистра, младший в младшем байте (по стандарту Modbus).

Float — число с плавающей точкой в диапазоне от $1,5 \times 10^{-45}$ до $3,4 \times 10^{38}$ (32 двоичных разрядов). Соответствует международному стандарту IEEE-754 Floating-Point Conversion.

Байты переменной передаются от старшего к младшему, т.е. первый передаваемый байт содержит показатель степени числа, следующий — старший байт мантииссы, затем, соответственно – средний и младший байты мантииссы.

Пример:

Ответ подчинённого устройства с адресом 1 на команду чтения переменной типа float (имеющей десятичное значение равное минус 15,94 или C17F0A3D (float)) находящейся в регистре 0x07.

<i>Имя поля</i>	<i>Значение</i>
Адрес подчинённого	0x01
Функция	0x03
Счётчик байт	0x04
Данные (регистр 0x07) ст. байт	0xC1
Данные (регистр 0x07) мл. байт	0x7F
Данные (регистр 0x08) ст. байт	0x0A
Данные (регистр 0x08) мл. байт	0x3D
Контрольная сумма ст. байт	0x31
Контрольная сумма мл. байт	0x66

9 Описание команд

9.1 Описание регистров драйвера

9.2 Описание доступных регистров приведено в таблице В.10.

Т а б л и ц а В.10

Адрес регистра	Чтение/запись	Описание
0000h	Чтение/запись	Адрес устройства: 1-255, (по умолчанию 10)
0001h	Чтение/запись	Скорость обмена данными: 0 – 9600 ; 1 – 19200; 2 – 38400; 3 – 57600; 4 – 115200
0002h	Чтение/запись	Паритет: 0 – нет ; 1 – odd; 2 – even
0003h	Чтение/запись	Стоп-биты: 0 – 1 стоповый бит ; 1 – 2 стоповых бита
0004h	Чтение/запись	Количество импульсов на один оборот привода: 1-65535, (по умолчанию 1)
0005h	Чтение/запись	Тип бесконтактного датчика: 0 – rpr ; 1 – npr
0006h	Чтение/запись	Сброс количества оборотов после чтения регистра: 1 – сброс; 0 – сброс записью
0007h 0008h	Чтение/запись	Количество оборотов: об (число с плавающей запятой)
0009h 000Ah	Чтение	Частота вращения: об/мин (число с плавающей запятой)
000Bh 000Ch	Чтение/запись	Уставка частоты вращения: об/мин (по умолчанию 0) (число с плавающей запятой)
000Dh	Чтение/запись	Уставка выходного минимального тока: мА (по умолчанию 0)
000Eh	Чтение/запись	Уставка выходного максимального тока: мА

		(по умолчанию 3000)
000Fh	Чтение/запись	Уставка частоты ШИМ выходного сигнала: 50-500 Гц, (по умолчанию 100)
0010h	Чтение/запись	Режим стабилизации тока: мА 0 – режим стабилизации оборотов
0011h	Чтение/запись	Таймаут отключения выхода при отсутствии связи: значение, сек 0 – выключено (выход не отключается)
0012h	Чтение	Текущее значение тока: мА
0013h	Чтение	Код ошибки работы устройства: 0 – нет ошибок; 1 – modbus; 2 – датчик; 4 – частота вращения; 8 – ШИМ; 16 – выходной ток; 32 – таймаут
0014h 0015h	Чтение/запись	Коэффициент ПИД регулятора «Kp» (по умолчанию 0,005) (число с плавающей запятой)
0016h 0017h	Чтение/запись	Коэффициент ПИД регулятора «Ki» (по умолчанию 0,00015) (число с плавающей запятой)
0018h 0019h	Чтение/запись	Коэффициент ПИД регулятора «Kd» (по умолчанию 0,002) (число с плавающей запятой)
001Ah	Чтение/запись	Уставка скважности 0-100% ШИМ: % (0 – режим отключен)
001Bh	Чтение	Выход ПИД регулятора: %
001Ch 001Dh	Чтение	Суммарная ошибка регулятора (число с плавающей запятой)
001Eh 001Fh	Чтение	Текущая ошибка регулятора (число с плавающей запятой)
0020h 0021h	Чтение	Пропорциональная составляющая регулятора (число с плавающей запятой)
0022h 0023h	Чтение	Интегральная составляющая регулятора (число с плавающей запятой)
0024h 0025h	Чтение	Дифференциальная составляющая регулятора (число с плавающей запятой)

Литература

1. http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1.aspx
2. <http://vent2b.ru/ventilyaciya/prostaya-metodika-nastrojki-pid-regulyatora.html>