

Е. Пример 5 (pupena_san@ukr.net).**Управление преобразователями частоты
Altivar 71 с ПЛК Modicon M340 по сети MODBUS RTU on RS485 с
использованием профиля CiA402**

DRIVE	Altivar 71 (Schneider Electric)+интегрированный порт Modbus/CANOpen
FIELDBUS	MODBUS RTU on RS485
DRIVE PROFILE	CiA 402
PLC HARD	Modicon M340 (Schneider Electric) +интегрированный порт Modbus
PLC SOFT	UNITY PRO 5.0

В данном материале не рассматриваются вопросы конфигурирования преобразователя частоты под конкретный электродвигатель. Подразумевается, что пользователь имеет опыт работы, как с преобразователями частоты, так и с программными пакетами UNITY PRO.

Е1. Постановка задачи.**Управление с ПЛК:**

- включение/отключение силовой части частотника;
- запуск/останов двигателя;
- управление скоростью в разомкнутом режиме;

Контроль работы привода:

- контроль режима работы привода (функционирование, наличие ошибки, местный/дистанционный);
- текущая скорость;
- заданная частота;
- ток двигателя;
- момент на двигателе;
- напряжение на двигателе

Дополнительные задачи.

- обеспечение возможности переключения источника управления частотным преобразователем между ПЛК (по сети MODBUS RTU) и местным пультом (лицевая панель); переключение должно осуществляться с помощью переключателя, подключенного к дискретному входу преобразователя частоты; переключение должно быть безударным в обоих направлениях;
- останов двигателя кнопкой STOP с местной панели, независимо от режима работы.

Требование к организации управления.

- профиль управления CiA402.

Е2. Особенности управления ПЧ по сети MODBUS RTU (теоретическая часть).

Е.2.1. Общие положения. Частотные преобразователи Altivar 71 оснащены встроенным портом Modbus/CANOpen с разъемом RJ-45. Данный порт предназначен для конфигурирования ATV 71, управления и контроля его работы как по сети Modbus RTU так и по CANOpen. Режим работы порта определяется конфигурационными настройками частотного преобразователя, которые проводятся через специальную панель (пульт), прикрепленную на его фронтальной стороне. По сети Modbus RTU частотный преобразователь является MODBUS RTU Ведомым (Slave) и поддерживает следующие функции MODBUS Сервера:

Code	Modbus name	Function name	Broadcast	Max. value of N
3 = 16#03	Read Holding Registers	Read N output words	NO	63 words max.
6 = 16#06	Write Single Register	Write one output word	YES	–
8 = 16#08	Diagnostics	Diagnostics	NO	
16 = 16#10	Write Multiple Registers	Write N output words	YES	61 words max.
23 = 16#17	Read/Write Multiple Registers	Read/write N words	NO	20/20 words max.
43 = 16#2B	Read Device Identification	Identification	NO	–

Таким образом, данные для управления и контроля частотным преобразователем, а также все параметры доступны как Holding Registers (выходные/внутренние регистры). Распределение параметров ПЧ Altivar 71 в области MODBUS регистров дано в [1].

Е2.2. Функциональные профили управления частотным преобразователем Altivar 71.

Altivar 71 поддерживает три функциональных профиля управления состоянием привода:

1. I/O Profile, поддерживается коммуникациями Modbus, CANopen а также карты Ethernet, Fipio, ModbusPlus, Modbus, Uni-Telway, Profibus DP, DeviceNet и INTERBUS .
2. CiA 402 Profile, поддерживается коммуникациями Modbus, CANopen а также карты Ethernet, Fipio, ModbusPlus, Modbus, Uni-Telway, Profibus DP, DeviceNet и INTERBUS .
3. ODVA Profile поддерживается только DeviceNet

Детальнее о профилях можно прочитать в части В2.2 данного пособия.

В приведенном примере используется функциональный профиль управления CiA 402 Not Separate, где силовая и управляющая часть запитаны одним питанием (аналогично примеру 2).

В частотных преобразователях Altivar названия индексов соответствуют DRIVECOM, совместимого с профилем CiA 402 в части управления приводом. В таблице Е.2 показано соответствие индексов DRIVECOM названием параметров CiA 402.

Таблица Е.2.

Параметр	CiA 402	DRIVECOM
Control word – слово управления	Controlword (6040 ₁₆)	Control word (CMD)
Status Word – слово состояния	Statusword (6041 ₁₆)	Status Word (ETA)
заданная скорость	Target velocity (6042 ₁₆)	Speed Reference (LFRD)
текущая скорость	Velocity actual value (6044 ₁₆)	Output Speed (RFRD)

Для управления частотным преобразователем доступны 2 канала, между которыми можно переключаться. При управлении CiA 402 Not Separate, выбор канала для команд управления и уставки (задания) производится одновременно. Для I/O Profile и CiA 402 Separate переключение каналов для слова управления и уставки можно производить независимо либо с терминала (дискретным входом), либо с MODBUS RTU (в I/O Profile возможно смешивать).

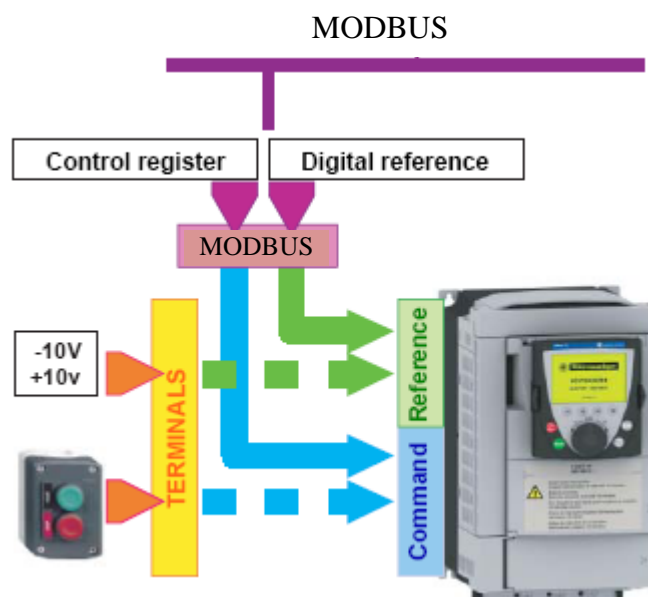


Рис.Е.1. Пример Not Separate для 2-х каналов: Channel1 – Modbus, Channel2 – Terminal.

При переключении канала источник команды и уставка может быть выбрана либо с терминала либо с Modbus

Детальнее о принципах переключения между каналами можно прочитать в части В2.2 данного пособия.

Основные биты слова управления (CMD) и статуса (ETA) в Altivar71 с выбранным профилем CiA402 совпадают с таблицами 6 и 7 (См. часть 1 данного пособия). Следует обратить внимание на наличие в слове ETA Altivar71 14-го бита, сигнализирующего о нажатой кнопке STOP с пульта или терминала (см. таблицу Е.3)

Таблица Е.3.

Status word (ETA)

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Warning	Switch on disabled	Quick stop	Voltage enabled	Fault	Operation enabled	Switched on	Ready to switch on
Alarm	Power section line supply disabled	Emergency stop	Power section line supply present	Fault	Running	Ready	Awaiting power section line supply

bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
Direction of rotation	Stop via STOP key	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Internal limit active	Target reached	Remote	Reserved (=0)
				Reference outside limits	Reference reached	Command or reference via network	

Control word (CMD)

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Fault reset	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Enable operation	Quick stop	Enable voltage	Switch on
Ack. fault				Run command	Emergency stop	Authorization to supply AC power	Contacteur control

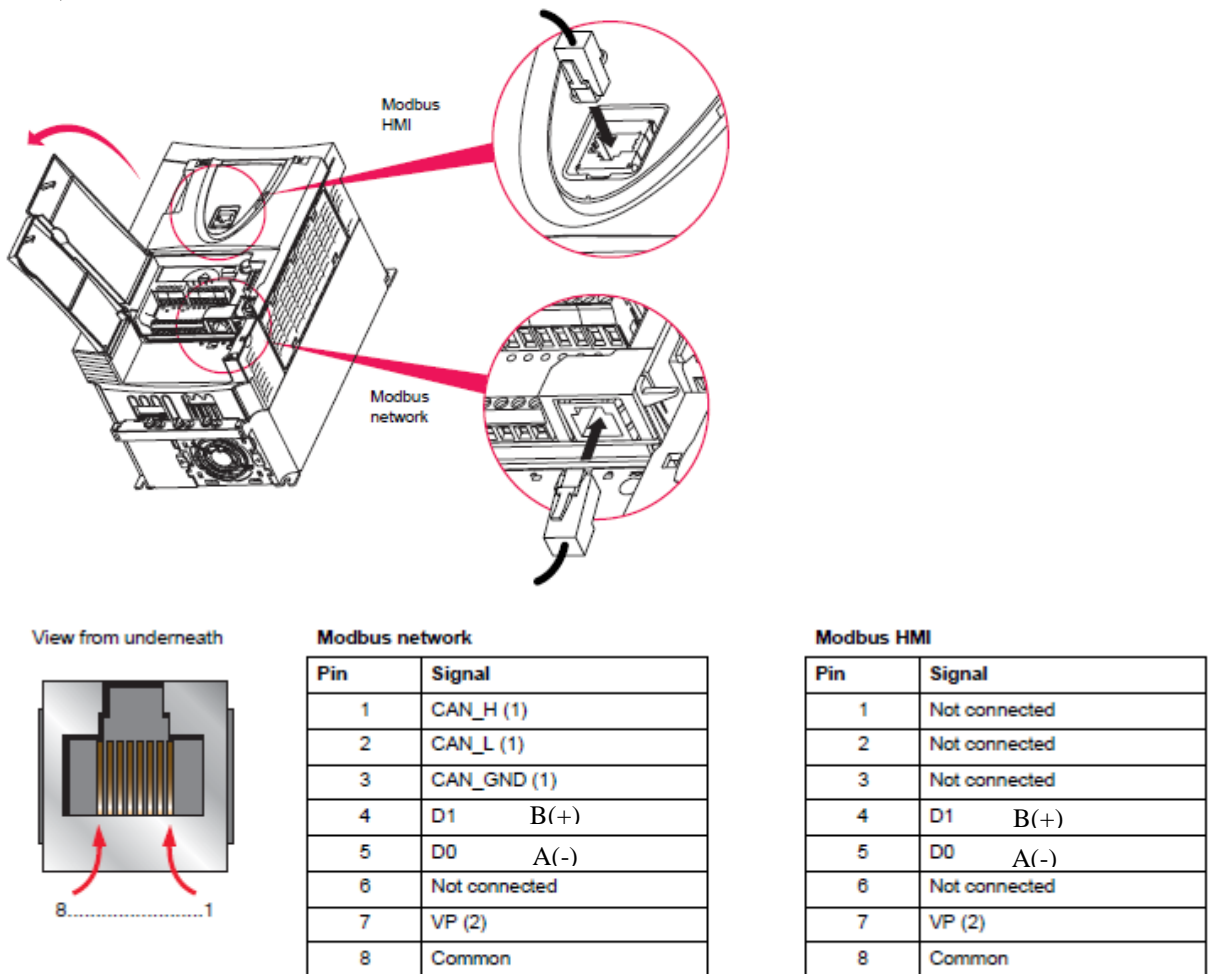
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
Assignable	Assignable	Assignable	Assignable	By default, direction of rotation command.	Reserved (=0)	Reserved (=0)	Halt
							Halt

Последовательность действий системного интегратора, для организации управления преобразователем частоты по сети Modbus RTU.

1. Подключение и конфигурирование преобразователя частоты (конфигурирование параметров связи для преобразователя).
2. Подключение и конфигурирование коммуникационного порта M340.
3. Программирование M340 в UNITY PRO.
 - 3.1. Обеспечение коммуникационного обмена M340 и ПЧ.
 - 3.2. Разработка производного функционального блока DFB для управления ПЧ в UNITY;
 - 3.3. Разработка приложения для управления преобразователем частоты.

Е3. Подключение и конфигурирование преобразователя частоты Altivar 71

Е3.1. Подключение. В примере используется вариант подключения через интегрированный порт Modbus с RJ-45 разъемом (рис.Е.2). Для подключения можно использовать ответвление от магистрального кабеля длиной до 20 м. Правила подключения ПЧ Altivar 71 к сети Modbus RTU проводятся согласно стандарту MODBUS Organization (www.modbus.org). Следует обратить внимание на обязательное наличие защитного смещения (асимметрии, поляризации линии) на стороне Ведущего устройства, правила прокладки кабелей Modbus, наличие терминальных резисторов при длинах порядка >200 м (этими правилами часто пренебрегают).



(1) CANopen signal.

(2) Power supply (≐ 10 V 20 mA) for an RS232/RS485 converter (to PowerSuite) or for the graphic display terminal.

Рис.Е.2. Подключение к интегрированным портам ATV71

Е3.2. Настройка частотного преобразователя для работы с Modbus RTU. Для уменьшения количества запросов на операции чтения и записи параметров, адреса регистров MODBUS которых разнесены в адресном пространстве, в ПЧ Altivar 71 предусмотрена возможность объединение их в группы (таблицы) *Communication Scanner*. Наполнение таблицы параметрами для записи конфигурируется в меню [1.9 - COMMUNICATION] (COM-) подменю [COM. SCANNER OUTPUT] (OCS-), для чтения – в подменю [COM. SCANNER INPUT] (ICS-). Наполнение таблиц будем проводить согласно постановки задачи.

Таблица Е.4.

Параметр	Имя DRIVECOM	Адрес регистра MODBUS для параметра	Адрес регистра MODBUS в таблице
Наполнение COM. SCANNER OUTPUT (запись в ПЧ)			
Слово управления	Command word (CMD)	8501	12761 (31D9 ₁₆)
Заданная скорость (уставка)	Speed target (LFRD)	8602	12762
Наполнение COM. SCANNER INPUT (чтение с ПЧ)			
Слово состояния	Status word (ETA)	3201	12741 (31C5 ₁₆)
Скорость (текущее значение)	Output speed (RFRD)	8604	12742
Заданное значение частоты	Frequency reference before ramp	3203	12743
Ток двигателя	Motor current	3204	12744
Момент на двигателе	Torque-Actual-Value	3205	12745
Напряжение на двигателе	Power supply voltage	3207	12746

Конфигурирование частотного преобразователя может производиться с использованием панели настройки, параметры которой отображены в таблице Е.5.

Таблица Е.5.

1.DriveMenu -> 1.9.Communication -> ModbusNetwork	[Modbus Address]	[1]	адрес узла, в примере выбираем адрес 1
	[Modbus baud rate]	[19.2 Kbps]	битовая скорость, в примере выбираем 19200 бит/с
	[Modbus format]	[8 E 1]	формат символа, в примере выбираем 8 бит данных (RTU), паритет четный, 1 стоп-бит
1.DriveMenu -> 1.6.COMMAND	[Profile]	[not separate]	функциональный профиль частотного преобразователя, выбираем профиль CiA 402 Not Separate
	[Ref. 1 channel]	[Modbus]	источник задания и команд управления для канала 1, выбираем Modbus
	[Ref. 2 channel]	[HMI]	источник задания и команды управления для канала 2, выбираем управление с панели
	[Cmd switching]	[LI6]	переключатель между каналами, выбираем – режим переключения 6-м дискретным входом частотного преобразователя (LI6)
	[Copy Channel 1<->2]	[CMD+REF]	Копирование уставки и команд управления с канала 1 на 2, выбираем – копировать и уставку и команды для безударности перехода
1.DriveMenu -> 1.9.Communication -> [COM. SCANNER OUTPUT]	[Scan.Out1 address]	8501	адрес первого регистра в таблице Communication Scanner для записи (начало таблицы в 12761), в примере адрес CMD (см.таб.Е4)
	[Scan.Out2 address]	8602	см.таб.Е4
1.DriveMenu -> 1.9.Communication -> [COM. SCANNER INPUT]	[Scan. In1 address]	3201	адрес первого регистра в таблице Communication Scanner для чтения (начало таблицы в 12741), в примере адрес ETA см.таб.Е4
	[Scan. In2 address]	8604	см.таб.Е4
	[Scan. In3 address]	3203	см.таб.Е4
	[Scan. In4 address]	3204	см.таб.Е4
	[Scan. In5 address]	3205	см.таб.Е4
	[Scan. In6 address]	3207	см.таб.Е4

Е4. Подключение и конфигурирование коммуникационного порта М340.

Е4.1. Подключение. В примере проводилось непосредственное подключение интегрированного порта ПЧ и интегрированного порта ЦПУ М340 (ВМХ Р342000), то есть без использования дополнительных устройств. Были соединены между собой соответствующие контакты согласно MODBUS on RS-485: D1, D0 и Common. Порт М340 в режиме Ведущего (Master) реализует защитное смещение (асимметрию, поляризацию линии), однако отсутствие гальваноразвязки требует на длинах >15 м использования изолирующей коробки типа TWDXAISO.

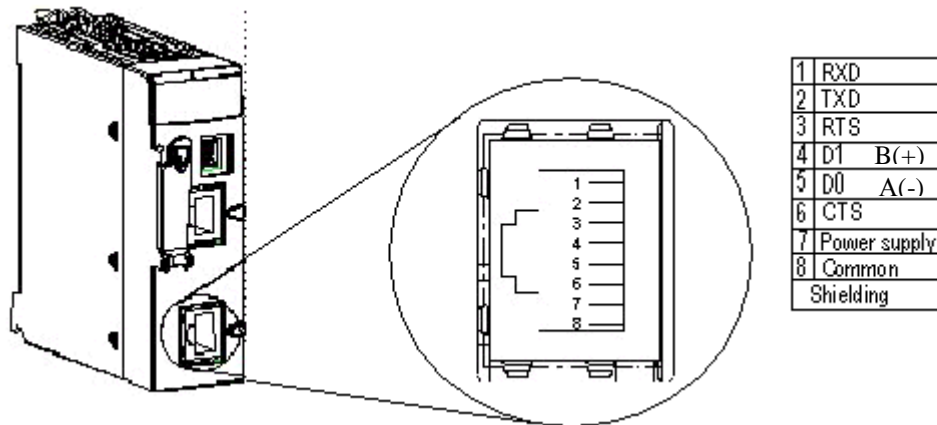


Рис.Е.3. Распиновка интегрированного последовательного порта ЦПУ М340

Е4.2. Конфигурирование порта.

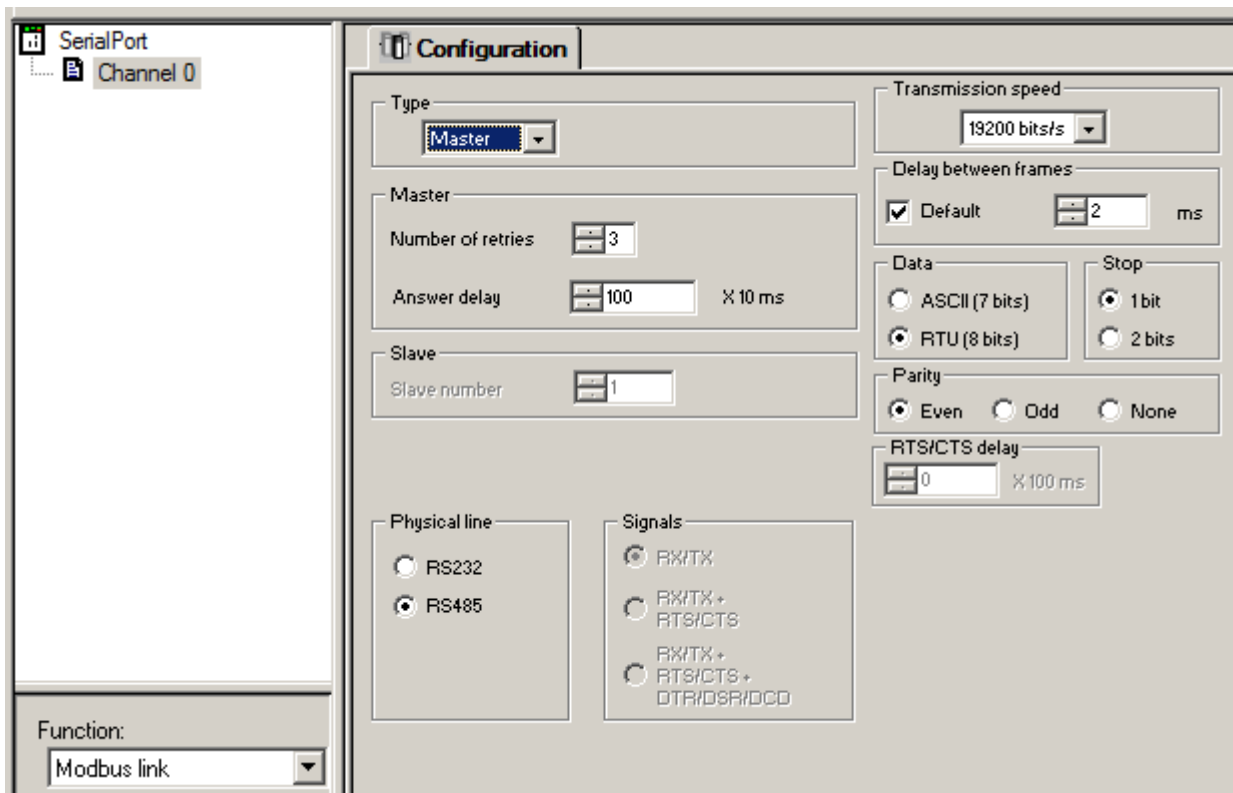


Рис.Е.4. Конфигурирование интегрированного последовательного порта ЦПУ М340

Е5. Программирование M340 в UNITY PRO.

Е5.1. Обеспечение коммуникационного обмена M340 и ПЧ. Нужные параметры для управления и контроля привода сгруппированы в ПЧ в таблицах COM. SCANNER (см. таб. Е.4). Доступ к переменным ПЧ как MODBUS Ведомого устройства производится с помощью функций чтения, записи или чтения/записи Holding Registers (см. таб.Е.1). Для чтения регистров в M340 можно воспользоваться универсальной функцией READ_VAR, для записи - WRITE_VAR. Для реализации остальных клиентских функций Modbus в M340 используется коммуникационная функция DATA_EXCH.

Учитывая поддержку в Altivar 71 функции 23 (17₁₆) Read/Write Multiple Registers, есть смысл использовать именно ее, поскольку операции чтения и записи производится в один запрос (одну транзакцию). Для реализации функции чтения/записи в примере использован DFB Type RW_MODBUS_M340. Содержание и работа производного функционального блока, а также экспортный файл для UNITY PRO доступны тут:

<https://sites.google.com/site/fieldbusbook/seti/modbus/funkcia17hex-ctenie-zapis>

Функциональный блок предназначен для чтения и записи регистров в количестве от 1 до 20. Управляющий вход START_REQ функции запускает запросы с максимально-возможной производительностью. Данные для записи, а также прочитанные данные доступны в виде массива типа INT. Структура типа DFB показана на рис.Е.5, программная секция на языке ST - на рис.Е.6.

Name	no.	Type	V	Comment
RW_MODBUS_M340		<DFB>		DFB для чтения и записи до 20-ти выходных/внутренних регистров
<inputs>				
START_REQ	1	BOOL		=1, чтение/запись с максимальной производительностью
ADDR_RW	2	ARRAY[0..7] OF INT		адрес Ведомого в формате M340
NUM_R	3	INT		адрес 1-го регистра для чтения
NB_R	4	INT		количество считываемых регистров (1-20)
NUM_W	5	INT		адрес 1-го регистра для записи
NB_W	6	INT		количество записуемых регистров (1-20)
EMIS_W	7	ARRAY[0..19] OF INT		массив значений для записи
<outputs>				
COM_ERR	1	INT		номер коммуникационной ошибки. 0 - нет ошибки
MODBUS_ERR	2	INT		номер ошибки Modbus протокола. 0 - нет ошибки
NB_BYTE_R...	3	INT		количество прочитанных байт по Modbus
RECP	7	ARRAY[0..19] OF INT		массив для считываемых значений
<inputs/outputs>				
GEST_RW	9	ARRAY[0..3] OF INT		массив параметров коммуникационного обмена, аналогичен как у всех ком. функций
<public>				
<private>				
<sections>				
PROG		<ST>		

Рис.Е.5. Структура DFB Type RW_MODBUS_M340.

```

if NOT GEST_RW[0].0 AND STARTED_REQ then (*если функция DATA_EXCH обработана*)
  STARTED_REQ:=FALSE;
  COM_ERR:=GEST_RW[1]; (*в 1-м слове ком параметров содержится отчет о обработке функции*)
  if COM_ERR=0 then (*если функция обработана без ошибок*)
    if (RECV_BUFER[0] and 16#00FF)=16#17 then (*если 1-й байт ответа равен номеру ф-ции*)
      NB_BYTE_READ:=ROL((RECV_BUFER[0] and 16#FF00),8); (*количество прочитанных байт во 2-м байте*)
      (*----- значение считываемых регистров -----*)
      for INDEX:=0 to NB_BYTE_READ/2 do
        RECP[INDEX]:=ROL((RECV_BUFER[INDEX+1]),8); (*преобразование BIG/LITTLE ENDIAN *)
      end_for;
    else (*если 1-й байт не равен номеру функции, то вернулась ошибка*)
      MODBUS_ERR:=ROL((RECV_BUFER[0] and 16#FF00),8); (*номер ошибки во 2-м байте ответа*)
    end_if;
  end_if;
end_if;

if START_REQ and NOT GEST_RW[0].0 then (*----- запуск запроса-----*)
  SEND_BUFER[0]:= 16#0017 or NUM_R and 16#FF00; (*1байт-адр 1-го рег чтения (HI);2байт-функция*)
  SEND_BUFER[1]:= NUM_R and 16#00FF; (*3байт-адр 2-го рег чтения (LO), 4байт-количество (HI) всегда = 0*)
  SEND_BUFER[2]:= NB_R and 16#00FF or (*5байт-количество рег чтения (LO)*)
  NUM_W and 16#FF00; (*6байт-адр 1-го рег для записи (HI)*)
  SEND_BUFER[3]:= NUM_W and 16#00FF; (*7байт-адр 1-го рег для записи (LO), 8байт-кол (HI) всегда=0*)
  SEND_BUFER[4]:= NB_W and 16#00FF or (*9байт-количество рег для записи (LO)*)
  NB_W*2+16#100; (*10байт-кол последующих байт = кол_регистров*2 => в старш байт*)
  (*----- значение регистров для записи -----*)
  for INDEX:=0 to NB_W do
    SEND_BUFER[INDEX+5]:=ROL ((EMIS_W[INDEX]),8); (*преобразование BIG/LITTLE ENDIAN *)
  end_for;

  GEST_RW [3]:= NB_W*2+10; (*в последнее слово таблиц параметров нужно записать*)
  (*количество передаваемых с запросом байт, за исключением адреса Slave*)
  (*----- вызов функции -----*)
  DATA_EXCH (ADR := ADDR_RW ,
  TYP := 1, (*тип запроса, 1 - отправить запрос и ждать ответа*)
  EMIS :=SEND_BUFER (*данные для передачи*),
  GEST := GEST_RW (*параметры управления*),
  RECP => RECV_BUFER (*данные для приема*));
  STARTED_REQ:=TRUE; (* метка запуска запроса*)
end_if;
if not START_REQ then modbus err:=0; end_if;

```

Рис.Е.6. Программная секция RW_MODBUS_M340.

Программа для периодического (период=500 мс) считывания с ПЧ, 6-ти регистров, начиная с 12741 (COM. SCANNER INPUT), и записи 2-х регистров, начиная с 12761(COM. SCANNER OUTPUT), показана на рис.Е.7.

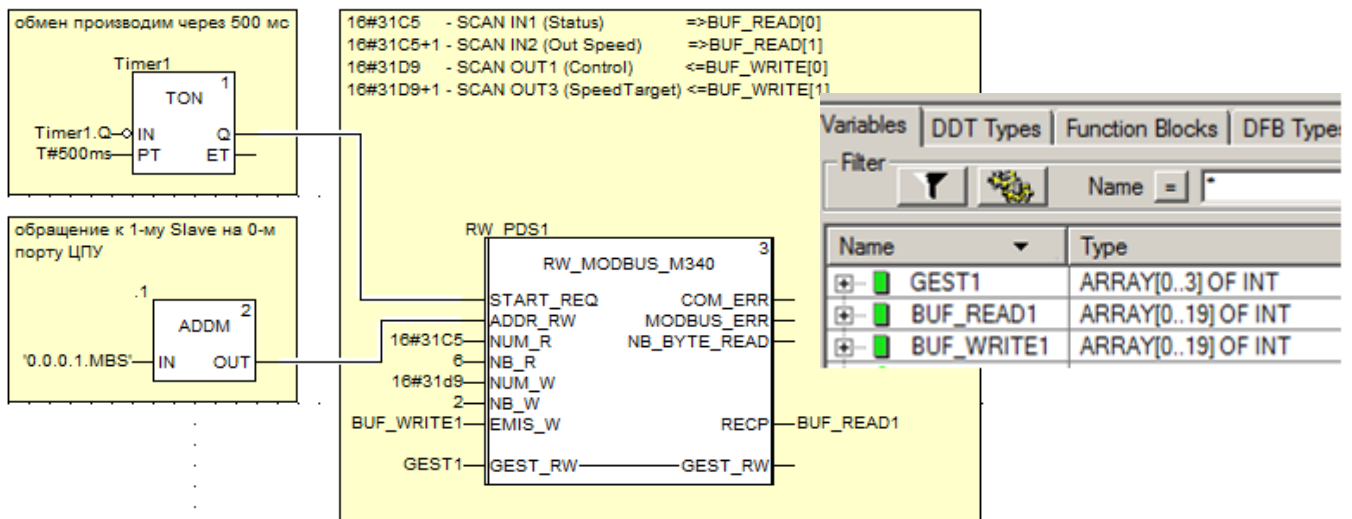


Рис.Е.7. Программа для периодического считывания/записи регистров (слева) и таблица переменных (справа)

Таким образом, данные для управления и контроля ПЧ будут доступны в следующих переменных M340:

Таблица Е.6.

Параметр	Имя DRIVECOM	ПЛК
ПЧ ← ПЛК		
Слово управления	Command word (CMD)	BUF_WRITE[0]
Заданная скорость (уставка)	Speed target (LFRD)	BUF_WRITE[1]

ПЧ --> ПЛК		
Слово состояния	Status word (ETA)	BUF_READ1[0]
Скорость (текущее значение)	Output speed (RFRD)	BUF_READ1[1]
Заданное значение частоты	Frequency reference before ramp	BUF_READ1[2]
Ток двигателя	Motor current	BUF_READ1[3]
Момент на двигателе	Torque-Actual-Value	BUF_READ1[4]
Напряжение на двигателе	Power supply voltage	BUF_READ1[5]

Е5.2. Разработка производного функционального блока DFB для управления ПЧ в UNITY. Для управления частотным преобразователем по профилю CiA402 используется функциональный блок DriveCiA402, который описан в примере 2 (см. В5.1).

Е5.3. Разработка приложения для управления преобразователем частоты.

На рис. Е.8 показан фрагмент программы использования экземпляра DFB Type DriveCiA402 с именем Drive1. Программа работы с ПЧ по Modbus аналогична как для CANOpen, поскольку используется тот же профиль CiA 402 при той же постановке задачи.

Входные и выходные данные с частотных преобразователей соответствуют словам управления и статуса, а также заданию (уставке) и текущему значению скорости. Перевод в операционный режим ПЧ а также запуск на вращение двигателя осуществляется одной переменной START. Безударность перехода с источника задания и управления ПЛК (канал 1) на панель (канал 2) обеспечивается копированием, определенным в настройках преобразователя частоты (см. таблицу Е.5). Безударность обратного перехода обеспечивается программным путем по инвертированному сигналу RemoteControl. Если не организовать отключение сигнала START по команде STOP с локальной панели, двигатель остановится, но потом снова запустится.

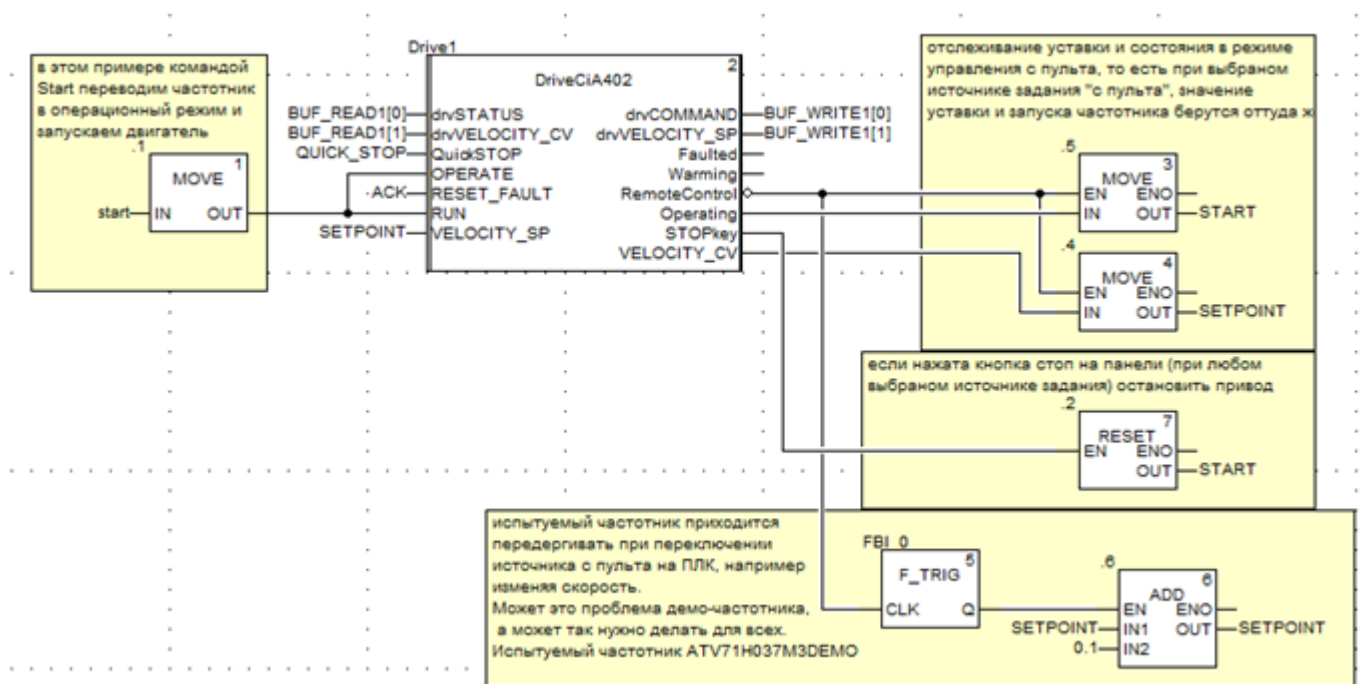


Рис.Е.8. Фрагмент программы секции управления.

Список литературы.

1. Altivar 71. Communication parameters Specification 383. Software V2.4. User's manual. (atv71_parameters_S383_en_v4). 2007-11. <http://www.schneider-electric.com>
2. Altivar. CANOpen. Integrated Modbus. User's manual. (atv71_Modbus_Int_EN_V1). 2005-2. <http://www.schneider-electric.com>