

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**
Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент

_____/А.Н. Шишков/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Лабораторный стенд «Управление преобразователем частоты
по сети ModBus »

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ (РАБОТЕ)

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893 ВКП (ВКР)

Руководитель проекта:
Доцент, к.т.н.

_____/А.С. Нестеров/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы _____ ПЗ-576 _____

_____/С.П. Турушев/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Нормоконтролер:
Доцент, к.т.н.

_____/Т.А. Функ/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Челябинск 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Турушев С.П. Лабораторный стенд «Управление преобразователем частоты по сети *ModBus*». – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ; 2017, 51 с., 23 ил., 14 табл., библиографический список – 10 наим.

В данном выпускном квалификационном проекте разработан и воплощен в жизнь проект лабораторного стенда, позволяющего получить навыки управления и настройки совместного оборудования для автоматизации электропривода.

В качестве объекта управления выступил АД с короткозамкнутым ротором. Управление работой двигателя осуществляется частотным преобразователем (ПЧ) *VFD002E21A* фирмы «*Delta Electronics*» и программируемым логическим контроллером (ПЛК) «*DL-05*» фирмы «*Direct Logic*». Рассмотрен алгоритм настройки связи между ПЧ и ПЛК с помощью *SCADA*-системы *TRACE MODE 6* фирмы *AdAstra Research*. Разработаны методические рекомендации для проведения лабораторных работ.

					ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат				
Разраб.		Турушев С.П.			Лабораторный стенд «Управление преобразователем частоты по сети <i>ModBus</i> »	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Нестеров А.С.					4	51
Реценз						ЮУрГУ		
Н. Контр.		Функ Т.А.				Кафедра «АЭП»		
Утверд.		Шишков А.Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ТРЕБОВАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОМУ СТЕНДУ.....	9
1.1 Особенности выполнения требований техники безопасности при эксплуатации.....	11
2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	11
3 ВЫБОР СИЛОВОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	13
3.1 Расчет мощности двигателя.....	13
3.2 Кинематическая схема электропривода.....	14
3.3 Описание цикла работы двигателя.....	14
3.4 Асинхронный двигатель.....	15
3.5 Выбор преобразователя частоты.....	16
3.5.1 Преобразователь частоты <i>VFD002E21A</i>	16
4 ВЫБОР ИССЛЕДУЕМЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ	19
4.1 Программируемый логический контроллер	19
4.1.1 Устройство микроконтроллеров <i>DL06</i>	19
4.1.2 Общие характеристики микроконтроллеров <i>DL06</i>	21
4.1.3 Входы и выходы микроконтроллеров <i>DL06</i>	21
4.2 Выбор энкодера.....	22
4.3 Выбор блока питания.....	23
4.4 Выбор <i>SCADA</i> -системы.....	24
5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.....	26
6 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА <i>SCADA</i> -СИСТЕМЫ.....	27
6.1 Общие положения.....	27
6.2 Краткие сведения о <i>SCADA</i> -системе <i>TRACE MODE</i>	27
6.3 Разработка методических указаний для проведения лабораторных работ.....	35

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

6.4	Порядок разработки системы автоматизации на базе SCADA-системы TRACE MODE и преобразователя частоты VFD002E21A.....	36
6.5	Порядок разработки системы автоматизации на базе SCADA-системы TRACE MODE 6 и программируемого контроллера ПЛК DL05.....	42
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	50
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью выпускной квалификационной работы является разработка и монтаж лабораторного стенда автоматизированного электропривода, а также получения навыков управления и настройки современного оборудования.

Разрабатываемый лабораторный стенд предназначен для учебного практикума студентов и проведения лабораторных работ по направлению «Автоматизированный электропривод», «Автоматизация типовых технологических процессов», «Системы управления электроприводов», а также диспетчерское управление и сбор данных.

Механизация, электрификация, автоматизация ведут к повышению производительности труда, уменьшению количества брака выпускаемой продукции и, следовательно, к увеличению прибыли во всех без исключения отраслях промышленности. Важная роль в деле электрификации и механизации производства отводится электроприводу как основному виду привода самых разнообразных машин и механизмов. Электроприводом потребляется более 60% электроэнергии, вырабатываемой в стране. Главные достоинства электропривода: малый уровень шума при работе, отсутствие загрязнения окружающей среды, широчайший диапазон мощностей (от сотых долей ватта до десятков тысяч киловатт) и угловых скоростей вращения (от долей оборота вала в минуту до нескольких сотен тысяч оборотов в минуту), возможность регулирования угловой скорости вращения, высокий коэффициент полезного действия, легко автоматизируем и прост в эксплуатации.

Производственный агрегат или, как его называют иначе, современное машинное устройство состоит из огромного числа разнообразных деталей, отдельных аппаратов и машин, выполняющих разнообразные функции. В совокупности все они совершают работу, обеспечивающую определенный производственный процесс.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

Для подготовки качественных специалистов необходимы глубокие знания о назначении отдельных элементов, составляющих устройство машины, так как без этого нет возможности проектировать и создавать машину, а также не представляется возможным правильно ее обслуживать в процессе эксплуатации.

Также в настоящее время получает все большее распространение частотное управление асинхронными двигателями. Оно применяется как для машин, спроектированных с учетом особенностей частотного управления, так и для машин общего назначения, рассчитанных на питание напряжением с неизменяемой частотой (50 Гц).

Имея ввиду все вышеперечисленное в проектируемом лабораторном стенде были применены такие современные устройства управления и автоматизации как: промышленный логический контроллер *DL05* фирмы «*Direct Logic*», преобразователь частоты *VFD002E21A* фирмы «*Delta Electronics*», асинхронный электродвигатель *AB-052-2M* мощностью 0,09 Вт. Для организации связи между персональным компьютером и электронными устройствами использован открытый коммуникационный протокол *Modbus* через последовательные линии связи *RS-485*. Для точного управления скоростью вращения асинхронного двигателя переменного тока посредством частотного преобразователя было принято решение поставить на вал АД энкодер *TRD-S500VD* фирмы *Automation direct*. Диспетчерское управление и сбор данных осуществляется посредством *SCADA*-Системы «*Trace Mode*» фирмы *AdAstra Research*.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

1 ТРЕБОВАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОМУ СТЕНДУ

Лабораторный стенд «Средства автоматизации и управления DL-05 «САУ-DL05» предназначен для обучения студентов различных специальностей, изучающих дисциплины, связанные с автоматизацией различных отраслей промышленности. Стенд позволяет изучить:

- технические характеристики и основы программирования промышленных средств автоматизации (программируемого логического контроллера, панели оператора, программируемого реле, преобразователя частоты);
- основы построения систем управления с использованием распределенной периферии;
- основы реализации систем автоматизации на базе современных средств автоматизации;

Стенд может быть использован также для обучения учащихся техникумов и слушателей отраслевых учебных центров повышения квалификации.

Стенд выполнен для работы в лабораторных условиях (невзрывоопасная окружающая среда, не содержащая агрессивных газов и паров, ненасыщенная водяными парами и токопроводящей пылью).

1.1 Особенности выполнения требований техники безопасности при эксплуатации

Лабораторный стенд содержит в своем составе цепи напряжением 220 вольт, а также вращающиеся части электромашинного агрегата, тем самым является источником повышенной опасности. К работе со стендом не допускаются лица, не ознакомившиеся с техникой безопасности при проведении лабораторных занятий. Функциональные возможности стенда и его долговечность требуют соблюдения мер по эксплуатации, направленных на безопасность проведения исследований и обеспечивающих долговечность работы самого стенда:

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

1) Запрещается подключать цепи электромашинного агрегата к сторонним источникам питания, не предусмотренным составом стенда, так как это может привести к выходу из строя электрической машины.

2) Запрещается перегружать элементы стенда повышенными токами и напряжениями.

3) Для измерительных приборов и датчиков запрещается превышать измеряемый диапазон.

4) При срабатывании защиты или возникновении сигнала о защите в одном или нескольких модулей необходимо незамедлительно прекратить выполнение лабораторной работы и обесточить лабораторный стенд. При следующем включении необходимо ликвидировать причину, вызвавшую срабатывание защиты.

5) Сборку и разборку схемы, переключение проводов, а также некоторые оперативные переключения, не оговоренные в методических указаниях, необходимо выполнять исключительно при выключенном питании.

6) Стенд имеет различные уровни слабotoчного напряжения: +5В, +24В. При неправильном подключении слабotoчных напряжений возможен выход из строя оборудования.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

2 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

На рисунке 2.1 изображена функциональная схема проектируемого лабораторного стенда.

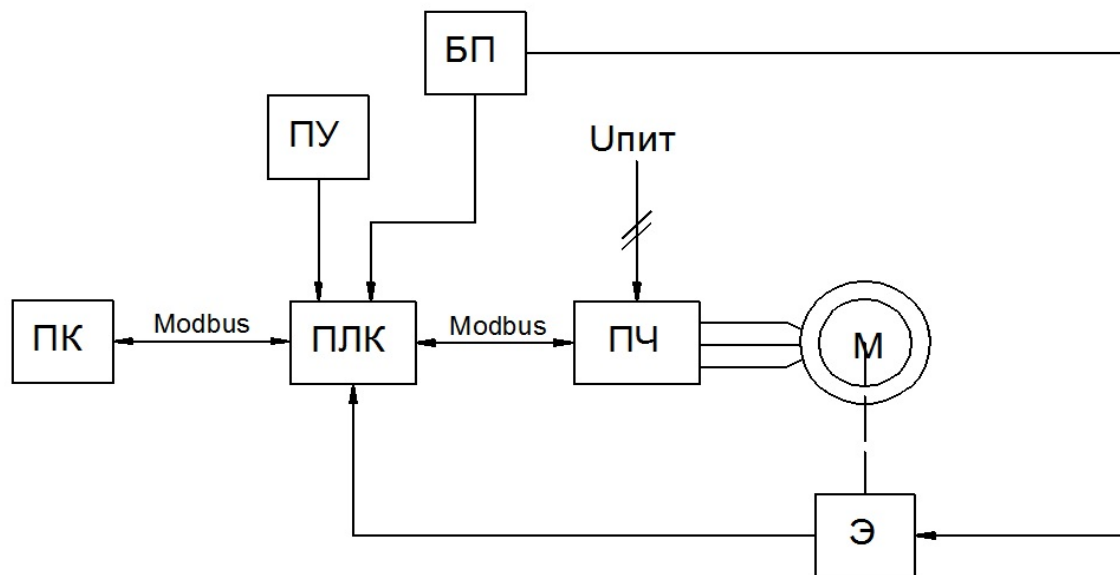


Рисунок 2.1 – Функциональная схема лабораторного стенда

На рисунке 4.1 представлена функциональная схема лабораторного стенда.

В состав стенда входит:

ПУ – пульт управления;

ПЧ – преобразователь частоты;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

БП – блок питания программируемого логического контроллера (=24 В);

Э – энкодер;

М – асинхронный двигатель;

ПК – персональный компьютер;

$U_{пит}$ – напряжение питания (~220 В, 50 Гц).

Modbus – шинный интерфейс;

Лабораторный стенд состоит из асинхронного двигателя, на вал которого закреплен маховик.

Для измерения скорости в ходе лабораторной работы на валу асинхронного двигателя будет установлен инкрементный энкодер Э.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист

11

Управление двигателем осуществляется посредством преобразователя частоты (далее ПЧ), программируемого логического контроллера (далее ПЛК) с помощью коммуникационной карты Modbus. Связь персонального компьютера (далее ПК) с ПЛК также осуществляется посредством коммуникационной карты Modbus с использованием специального программного обеспечения.

Питание ПЛК осуществляется блоком питания БП (=24 В). Преобразователь частоты получает питание от сети $U_{\text{пит}}$ (~220 В, 50 Гц).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

3 ВЫБОР СИЛОВОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

3.1 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

На валу асинхронного двигателя будет установлен маховик диаметром $D=100$ мм и массой $m=0,1$ кг.

Вращающий момент, необходимый для вращения маховика рассчитывается по формуле (1)

$$T = F \cdot \frac{D}{2}. \quad (1)$$

Тогда:

$$T = 1\text{Н} \cdot \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ Нм}.$$

Для вращения данного маховика подойдет двигатель малой мощности. Выбираем асинхронный двигатель АВ-052-2М с номинальными мощностью 90 Вт и частотой вращения 2800 об/мин. Данный двигатель самый массовый и дешёвый в производстве, надёжен в работе и менее требователен в эксплуатации, потому что не имеет в конструкции механических коллекторов и контактных колец. Регулирование скорости данного электродвигателя еще в середине прошлого века было экономически невыгодно из-за большой стоимости механизмов её регулирования.

Однако появление IGBT – транзисторов и разработка высокопроизводительных микропроцессорных схем управления позволило создать современные преобразователи частоты с доступной стоимостью.

Рассчитаем номинальный момент на валу электродвигателя по формуле (2):

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}. \quad (2)$$

Тогда номинальный момент на валу выбранного АД равен:

$$M_H = \frac{90 \cdot 9,55}{2800} = 0,3 \text{ Нм}.$$

$$M_H > T. \quad (3)$$

Как видно из тождества (3) данный двигатель удовлетворяет условиям работы.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

3.2 Кинематическая схема электропривода

На валу асинхронного двигателя установлен маховик, поэтому нагрузка на валу проектируемого электропривода небольшая и ее смело можно приравнять к кинематической схеме вентилятора, указанной на рисунке 3.1.

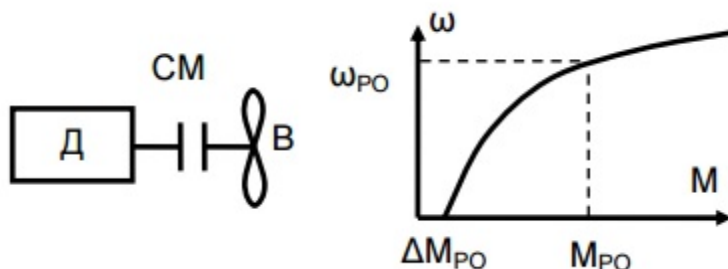


Рисунок 3.1 – Кинематическая схема и механическая характеристика вентилятора

3.3 Описание цикла работы двигателя

На рисунке 3.2 приведен график одного цикла работы выполняемого асинхронным двигателем в ходе лабораторных работ:

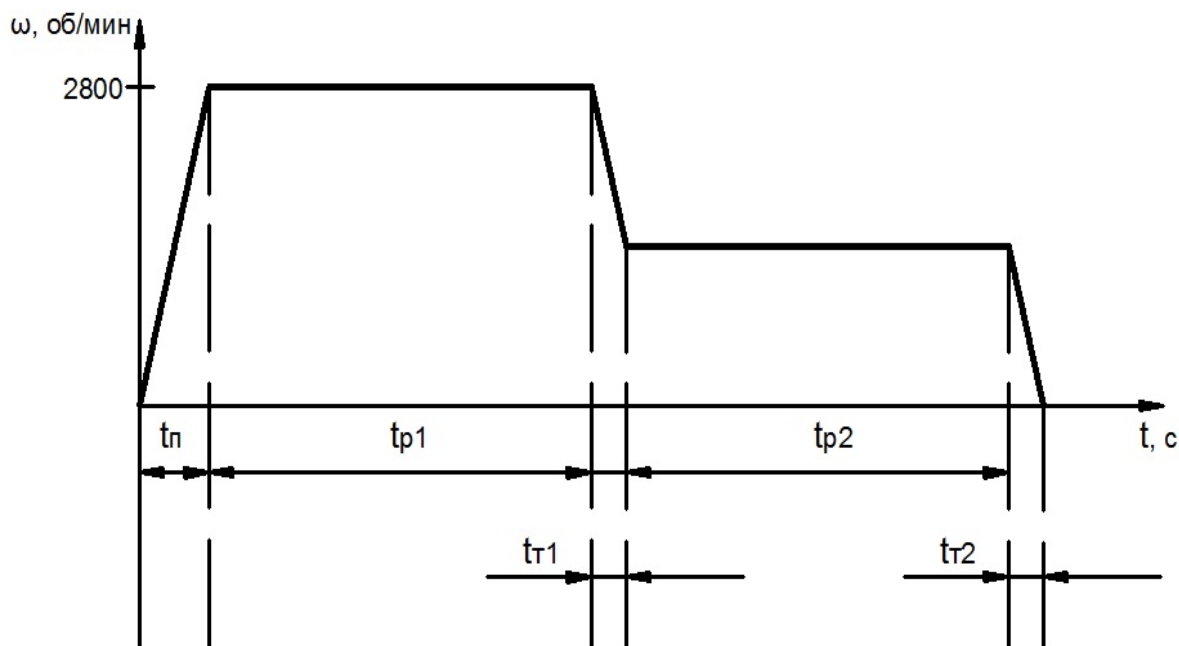


Рисунок 3.2 – Цикл работы асинхронного двигателя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист

14

В цикл входят:

$t_{\text{П}}$ – время пуска, $t_{\text{П}}=0,5$ с;

t_{P1} – время работы двигателя на номинальной скорости, $t_{\text{P1}} = 5$ с;

t_{T1} – время переключения на пониженную скорость, $t_{\text{T1}}= 0,25$ с;

t_{P2} – время работы на пониженной скорости, $t_{\text{P2}} = 5$ с;

t_{T2} – время остановки двигателя, $t_{\text{T1}} = 0,25$ с.

Найдем время работы двигателя за один цикл по формуле (4):

$$t_{\text{Ц}} = t_{\text{П}} + t_{\text{P1}} + t_{\text{T1}} + t_{\text{P2}} + t_{\text{T2}}. \quad (4)$$

Следовательно:

$$t_{\text{Ц}}=0,5+5+0,25+5+0,25=11 \text{ с.}$$

3.4 Асинхронный двигатель

Выбираем для лабораторного стенда асинхронный двигатель АВ-052-2М с короткозамкнутым ротором фирмы ОАО «Армавирский электротехнический завод» (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Асинхронный двигатель электродвигатель АВ-052-2М

Технические характеристики двигателя представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики асинхронного двигателя АВ-052-2М с короткозамкнутым ротором

Параметр	Единица измерения	Значение
Номинальная мощность	Вт	90
Номинальное напряжение	В	220/380
Номинальный потребляемый ток	А	0,45/0,26
Номинальная частота вращения	Об/мин	2800
К.П.Д.	%	75
Кратность пускового момента	2,6	2,6
Кратность максимального момента	3	3
Фазосдвигающая емкость напряжением не менее 400 В	мкФ	–
Средний уровень звука	дБА	60
Среднее квадратичное значение виброскорости	мм·с ⁻¹	2,8
Масса	кг	3,4

3.5 Выбор преобразователя частоты

Исходя из технических характеристик двигателя, используемого в лабораторном стенде, и возможности реализации необходимых режимов управления в данной системе установлен преобразователь частоты фирмы «*Delta Electronics*».

3.5.1 Преобразователь частоты VFD002E21A

Преобразователь частоты VFD002E21A (рисунок 3.4) предназначен для управления трехфазными асинхронными и с напряжением питания от 220В и мощностью до 0,02 кВт (Вход - одна фаза 220В, Выход 3 фазы 380В).

Характеристики преобразователя приведены в таблице 1.2

Достоинства:

- Допускают плотную установку;
- Простота обслуживания;
- Модульная конструкция;
- Встроенный порт *RS-485 (MODBUS)*;
- Дополнительные коммуникационные модули;
- Гибкое расширение входов/выходов;
- Совместное использование шины *DC BUS*;
- Соответствие директивам *RoHS*
- Встроенный РЧ-фильтр.



Рисунок 3.4 – Преобразователь частоты VFD002E21A

Таблица 3.2 – Технические характеристики преобразователя частоты VFD002E21A

Входные характеристики	
Напряжение питания, В	180...264
Частота питающей сети, Гц	47...63
Число входных фаз	1
Номинальный входной ток, А	4.9
Ток предохранителя или автоматического выключателя (тип В), А	10

Продолжение таблицы 3.2

Выходные характеристики	
Номинальная мощность двигателя, кВт	0,2 кВт
Выходное напряжение	0... $U_{вх}$.
Выходная частота	0,1...600 Гц
Число выходных фаз	3
Номинальный выходной ток	1,6 А
Перегрузочная способность	1,5 x I_n в течение 60 сек.
Частота ШИМ	1 – 15 кГц
Комплектация и масса	
Тормозной ключ	опция
Пульт управления	опция
Фильтр ЭМС	встроенный
Масса	1,1 кг
Охлаждение	Естественное

4 ВЫБОР ИССЛЕДУЕМЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

4.1 Программируемый логический контроллер

Для управления асинхронным двигателем используется программируемый логический контроллер *DL-05* фирмы «*Direct logic*» (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Программируемый логический контроллер *DL-05*

Серия микроконтроллеров *DL05* фирмы *Automation Direct* включает в себя шесть различных моделей. Они отличаются параметрами каналов ввода/вывода информации (родом тока и уровнем допустимых напряжения и тока). Все они имеют один и тот же внешний вид и одинаковые характеристики процессора. Они имеют небольшие размеры, но включают систему команд, обычно присущую более большим, дорогостоящим системам.

4.1.2 Устройство микроконтроллеров *DL06*

На рис. 4.2 представлен микроконтроллер серии *DL06* исполнения *DO-06DD1*. На нём показаны основные элементы микроконтроллера (табл. 4.1).

					ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

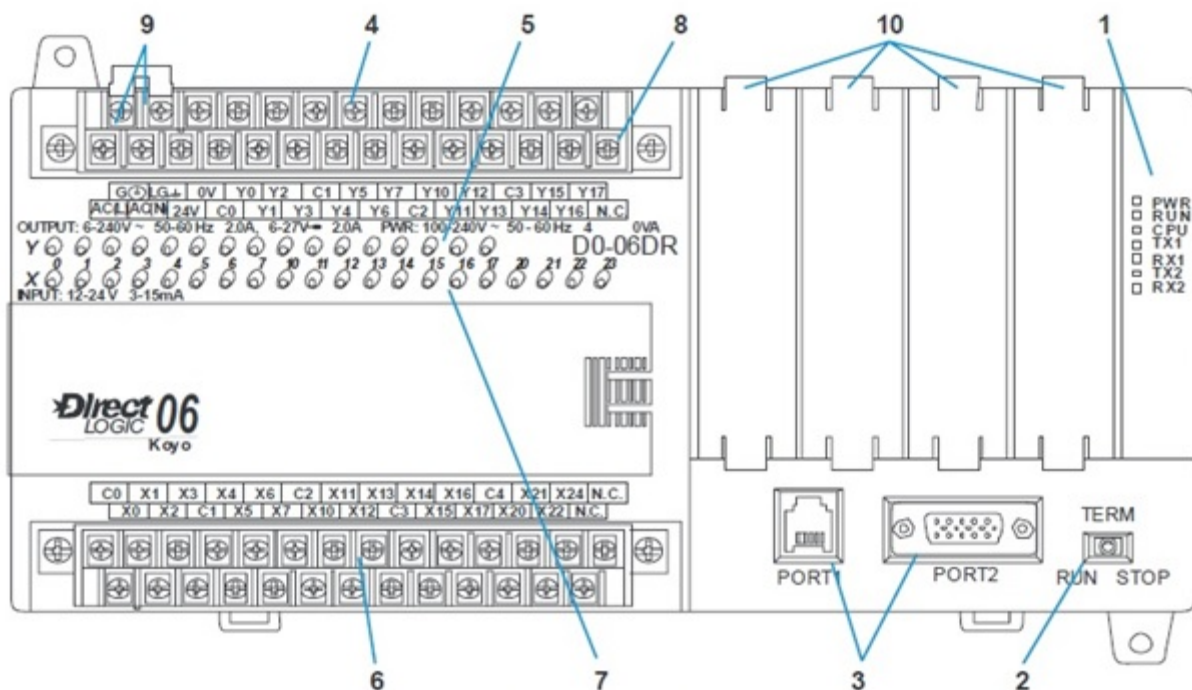


Рисунок 4.2 микроконтроллер серии DL06 исполнения DO-06DD1

Таблица 4.1 – Характеристики ПЛК DL-05

№ п/п	Объект		Описание
1	Индикаторы состояния контроллера	Питание (PWR)	Отображает состояние питания системы
		Работа (RUN)	Отображает состояние работы: ВКЛ, ВЫКЛ, СТОП
		Ошибка (CPU)	Отображает неполадки в работе процессора
		Передача данных (TxD1, TxD2)	Отображают процесс передачи информации при программировании либо при связи с другим контроллером
		Прием данных (RxD1, RxD2)	Отображают процесс приема информации при программировании либо при связи с другим контроллером
2	Переключатель режимов		Переключатель режимов работы контроллера – RUN: выполнение программы – STOP: останов выполнения программы – TERM: программирование контроллера
3	Коммуникационные порты		Порты для связи с ПЭВМ (при программировании или с другим контроллером (при параллельной работе))
4	Дискретные выходы		Контакты выходов контроллера
5	Индикаторы состояния выходов		Отображают состояние выходов контроллера
6	Дискретные входы		Контакты входов контроллера
7	Индикатор состояния входов		Отображают состояние входов контроллера

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист

20

Продолжение таблицы 4.1

№ п/п	Объект	Описание
8	Контакт для подключения внешнего напряжения +24В	Питание входов/выходов контроллера
9	Контакты для подключения напряжения ~220 В	Питание внутренних цепей контроллера
10	Модули расширения	Дополнительные модули дискретных входов контроллера (В данном исполнении нет)

4.1.3 Общие характеристики микроконтроллеров *DL06*

В табл. 4.2 приведены характеристики единые для всех контроллеров *DL06*

Таблица 4.2 – Характеристики контроллеров семейства *DL06*

Характеристика	Описание
Инструкций (команд)	229, в том числе тригонометрические
Память программы (слов)	7680
Память данных (слов)	7616
Входы (бит)	512
Выходы (бит)	512
Внутренние переменные (бит)	1024
Стадии (бит)	1024
Таймеры (бит)	256
Счетчики (бит)	128
Режимы работы	Работа (<i>RUN</i>), Стоп (<i>STOP</i>), Программирование (<i>TERM</i>)
Дополнительно	Встроенные часы реального времени
	Арифметика с плавающей запятой

4.1.4 Входы и выходы микроконтроллеров *DL06*

Технические характеристики входов микроконтроллера сведены в табл. 4.3

Таблица 4.3 технические характеристики входов микроконтроллера

Количество входов	50 (включая 30 входов дополнительных модулей)	
Потенциальное разделение	Оптопара	
Тип входов	Транзисторные (потребитель или источник)	
	X0-X3	X4-X23
Постоянное напряжение	10.8/26,4 В	
Ток	6/13 мА	4/8,5 мА
Напряжение/ток логической 1	10 В/5 мА и выше	10 В/4 мА и выше
Напряжение/ток логической 0	2 В/0,5 мА и ниже	2 В/0,5 мА и ниже
Входное сопротивление	1,8 кОм	2,8 кОм
Время срабатывания	70 мкс	4 мкс

4.2 Выбор энкодера

Для измерения скорости в системе регулирования используется энкодер *TRD – S500VD* фирмы *Automation direct*, изображенный на рисунке 4.3.

Параметры инкрементального датчика скорости представлены в таблице 4.4.



Рисунок 4.3 – Инкрементальный энкодер *TRD – S500VD*

Таблица 4.4 – Параметры инкрементального энкодера *TRD – S500VD*

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	5
Максимальная частота, кГц	200
Разрешающая способность, имп/об	500

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист

22

Продолжение таблицы 4.4

Параметр	Значение
Тип выхода/тип логического сигнала	Линейный драйвер/положительная
Тип выхода	Квадратурный + Z-импульс

4.3 Выбор блока питания

В проектируемом стенде нам нужно питание напряжением 5 вольт для энкодера и 24 вольта для программируемого логического контроллера. Выбираем блок питания *PD-65B* фирмы «*MEAN WELL*» как самый надежный и экономически выгодный импульсный источник питания (рисунок 4.4).

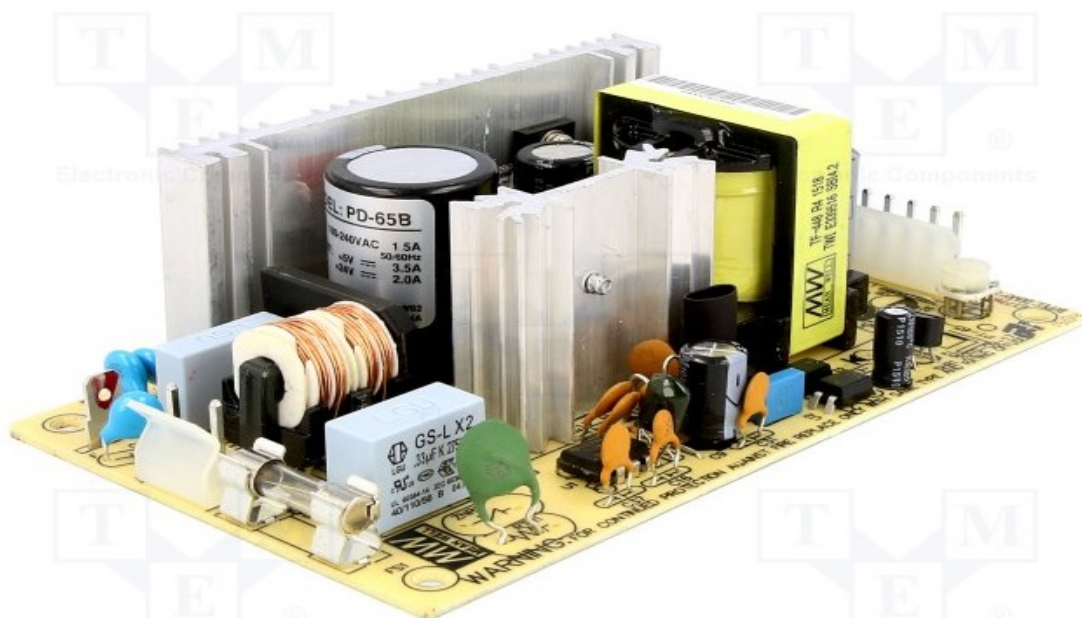


Рисунок 4.4 – Блок питания *PD-65B* фирмы «*MEAN WELL*»

В табл. 4.5 приведены технические характеристики блока питания *PD-65B*

Таблица 4.5 технические характеристики блока питания *PD-65B*

Характеристика	Описание
Выходная мощность (ном.)	65 Вт
Выход	5 В, 24 В
Напряжение 1 канала	4,75...5,5 В

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист

23

Продолжение таблицы 4.5

Характеристика	Описание
Выходной ток 1 канала	0,4...6 А
Тип стабилизации	напряжение
Конструктивное исполнение	открытый
Количество выходов	2
Входное напряжение AC	90...264 В
Входное напряжение DC	120...370 В
КПД	81 %
Габаритные размеры	127×76×28 мм
Вес брутто	250 г.

4.4 Выбор SCADA-системы

Ознакомившись с возможностями различных SCADA-систем для автоматизации и управления электроприводов наш выбор пал на SCADA TRACE MODE 6 – высокотехнологичную российскую программную систему для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов (АСКУЭ, АСКУГ) и автоматизации зданий.

Преимущества SCADA TRACE MODE 6:

- 1) SCADA TRACE MODE - безусловный технологический лидер – основные технологии, применяемые в SCADA, впервые применены в TRACE MODE.
- 2) В состав программы входят встроенные драйверы для более чем 2572 ПЛК и УСО.
- 3) Единый инструмент программирования контроллеров и АРМ операторов с технологией автоматического построения проекта.
- 4) Масштабируемость от 16 до 1000000 точек ввода/вывода. Специальные технологии работы с крупными проектами.
- 5) Средства разработки систем телемеханики.
- 6) Самая быстрая система реального времени.
- 7) Самая быстрая СУБД РВ (свыше 1000000 записей в секунду).

					ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

8) Высокая надежность. 100% резервирование контроллеров, сетей, интерфейсов, архивов, АРМ с безударным рестартом.

9) Самые большие библиотеки готовых компонентов (более 1000 штук).

10) Адаптивная самонастройка ПИД регуляторов, основанная на оригинальной российской патентованной технологии.

11) Не использует устаревшие стандарты *OPC* и *DCOM* в качестве внутренних интерфейсов.

12) Лучшая техническая поддержка.

13) Сделано в России. Полностью на русском языке.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В выпускном квалификационном проекте для проведения исследований разработана принципиальная электрическая схема лабораторного стенда.

Преобразователь частоты *UZI (VFD002E21A)*, и блок питания *G* получают питание от сети ~ 220 В. Программируемый логический контроллер *DL05* получают питание от блока питания *G (PD-65B)*.

Общая защита *UZI* и *G* осуществляется вводным автоматическим выключателем *QF1 (IEK BA47-29 3P 32A)*. Для обеспечения защиты и безопасной работы все аппараты и устройства имеют подключение к шине заземления *PE*.

Учебный АД с короткозамкнутым ротором *M* получает питание ~ 380 В от преобразователя частоты. На валу АД *M* установлен инкрементальный датчик скорости *BR (TRD-S500VD)*, который подключен к выводам ПЛК *DL05*.

Программируемый логический контроллер и преобразователь частоты связаны между собой и управляют двигателем по шине Modbus. ПЧ подключен к персональному компьютеру PC через USB – порт, а ПЛК по шине Modbus.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

6 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА SCADA-СИСТЕМЫ

6.1 Общие положения

В лабораторном стенде представлены ПЛК и ПЧ, имеющие интерфейс RS485, что дает им возможность работы в составе распределенной системы автоматизации на базе SCADA-системы:

- программируемый контроллер DL05;
- преобразователь частоты VFD002E21A.

6.2 Краткие сведения о SCADA-системе TRACE MODE

Комплексная программа, цель которой разработка или обеспечение работы в реальном времени систем сбора, архивирования, обработки и отображения информации об объекте управления или мониторинга называется SCADA (от англ. *Supervisory Control And Data Acquisition* – диспетчерское управление и сбор данных).

SCADA-система может входить в состав АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом), АСКУЭ (автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии), экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д. Данные системы нашли применение во всех отраслях промышленности и хозяйства, где стоит задача обеспечить операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени.

Данная комплексная программа использует OPC/DDE серверы или драйверы ввода-вывода для связи с объектом и устанавливается на компьютеры. Программный код можно сгенерировать либо в среде разработки, либо же написать на языке программирования (например, на C++).

Иногда SCADA-системы дополняются более широким программным обеспечением для записи программ в промышленные контроллеры. Такие SCADA-системы дополняют термином *SoftLogic* и называют интегрированными.

Определение SCADA имеет неоднозначное толкование.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

Наиболее распространено понимание *SCADA* как комплексной программы, иначе говоря, приложения, обеспечивающего выполнение заданных функций, а также инструментальных средств для создания этого комплекса программ. Также распространено понимание под *SCADA*-системой программно-аппаратного комплекса, что больше соответствует разделу телеметрия.

Одновременно с усовершенствованием технологий автоматизации и управления технологическими процессами изменилось и значение определения *SCADA*. В 80-е годы обычно полагали под *SCADA*-системами программно-аппаратные комплексы сбора информации в реальном времени. С 90-х годов для названия только программной части человеко-машинного интерфейса АСУ ТП распространилось определение *SCADA*.

SCADA-системы решают следующие задачи:

- обмен информацией с устройствами связи с объектом (то есть с промышленными контроллерами и платами ввода/вывода) в реальном времени через драйверы;
- обработка информации в реальном времени;
- логическое управление;
- отображение информации в удобной и понятной для человека форме на экране монитора;
- ведение базы данных с технологической информацией в режиме реального времени;
- управление тревожными сообщениями и аварийная сигнализация;
- подготовка и создание отчетов о протекании технологического процесса;
- осуществление сетевого взаимодействия между ПК и *SCADA*;
- Установка и поддержание связи с внешними приложениями (текстовые процессоры СУБД, электронные таблицы и т. д.). В системе управления предприятием такими приложениями чаще всего являются приложения, относимые к уровню *MES*;

– SCADA-системы дают возможность разработки автоматических систем управления ТП в клиент-серверной или в распределенной архитектуре.

В SCADA-системах имеются подсистемы, указанные ниже:

1) Драйверы или серверы ввода-вывода - программы, устанавливающие и поддерживающие связь SCADA с счётчиками, АЦП, промышленными контроллерами и другими устройствами ввода-вывода информации.

2) Система реального времени - программа, дающая возможность обработки данных в границах установленного временного цикла и учитывает приоритеты.

3) Человеко-машинный интерфейс (HMI) - инструмент, который представляет информацию о протекании процесса оператору, позволяя оператору контролировать процесс и управлять им. Приложение-редактор для создания человеко-машинного интерфейса.

4) Система логического управления - программа, дающая возможность логического управления посредством пользовательских программ (скриптов) в SCADA-системе. Набор приложений для создания пользовательских программ.

5) База данных реального времени - программа, позволяющая сохранять истории процесса в режиме реального времени.

6) Система управления тревогами - программа, делающая возможным автоматический контроль технологических событий, определяющая их к категории нормальных, предупреждающих или аварийных, и более того, обработку событий оператором или компьютером всех событий.

7) Генератор отчетов - программа, позволяющая создавать пользовательские отчеты о событиях в технологическом процессе. Набор приложений для их создания.

8) Внешние интерфейсы - типовые интерфейсы обмена информацией между SCADA и другими программами. Обычно *DLL*, *ODBC*, *DDE*, *OPC* и т. д.

SCADA-система *TRACE MODE 6* (*Adastra Research Group, LTD*) дает возможность для автоматизации систем энергоучета, объектов транспорта, интеллектуальных зданий, энергетических объектов, промышленных предприятий и т.д.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

В *TRACE MODE 6* можно разрабатывать системы автоматизации сколь угодно сложности – от независимо работающих администрирующих контроллеров и рабочих мест операторов (АРМ) до разбитых по территориям систем управления, имеющих в своем составе десятки контроллеров и АРМ, обменивающихся информацией посредством широкого спектра коммуникаций – *GSM/GPRS*-сети, радиоканалы, выделенные и коммутируемые телефонные линии, локальные сети, интранета/интернета и последовательных шин на основе *RS232/485*. Стоит отметить что благодаря наличию в составе комплексной программы *TRACE MODE 6* компонентов *T-Factory.exe*, то становится возможной комплексная автоматизация администрирования как технологическими, так и бизнес-процессами производства, что делает возможным достижение высокой экономической эффективности и как результат - быстрый возврат инвестиций.

TRACE MODE 6 имеет в своем составе встроенные драйверы, дающие возможность подключать более 2500 различных устройств ввода/вывода – промышленных сетей, программируемых логических контроллеров, плат ввода/вывода и удаленных УСО. Возможность поддержки спецификаций *OPC DA* и *HDA*, протоколов *DDE* и *NetDDE*, и, вместе с тем, общедоступный формат драйвера ввода/вывода и возможность непосредственного обращения к динамическим библиотекам (*DLL*) посредством языка программирования *ST* определяют большие возможности по присоединению в состав систем автоматизации, создаваемых в *TRACE MODE*, различного оборудования и обмен информацией с внешними программами.

Создаваемые в среде *TRACE MODE 6* системы могут быть как информационно-измерительными (наблюдение), так и управляющими (ИЦУ). Архитектура выше указанных систем в свой черед может быть как распределенной, так и централизованной, в зависимости от установленных требований.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

Особенное место занимают системы, использующие свободно-программируемые контроллеры (*PC-based* и/или *PAC*-контроллеры), так как в данном случае в *TRACE MODE 6* применяется общий инструмент создания информационного и математического обеспечения, причем как для АРМ, являющейся верхней ступенью, так и для контроллеров, составляющих низшую ступень в иерархии систем автоматизации.

Применение технологии автоматического построения и подход к разработке проекта распределенной системы автоматизации как единого проекта заметно повышают производительность труда разработчиков систем, при этом уменьшая объем операций, выполняемых вручную, тем самым снижая возможность допущения ошибок, которые неизбежно имеют место быть в больших проектах.

Безотказный и скоростной обмен информацией между контроллерами и АРМ в *TRACE MODE 6* достигается использованием логического сетевого протокола *I-Net* (поверх *TCP/IP*), или *M-Link*. Хранение и доступ к собираемой информации воплощаются через быструю систему архивирования технологических параметров систем управления баз данных *PB SIAD 6*.

Скоростные характеристики и безотказность разрабатываемого в *TRACE MODE* комплекса программ дают возможность внедрять разработанные системы автоматизации в большинстве отраслей промышленности. В частности это и нефтехимия, металлургия, энергетика, машиностроение, коммунальное хозяйство, пищевая промышленность, транспорт, а также при проведении исследований в научной области.

Программная среда *TRACE MODE 6* имеет в своем составе интегрированную среду разработки и исполнительные модули (исполнительную среду).

Система инструментов *TRACE MODE* (среда разработки) устанавливается на рабочем месте инженера-разработчика АСУ и применяется для разработки системы автоматизации и настраивании всех ее компонентов. Сохраняемое в файл с расширением **.prj* графическое изображение создаваемой системы автоматизации является объектом среды *TRACE MODE*.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

Модули исполнения *TRACE MODE* (среда исполнения) применяются для включения проекта в реальном времени, т.е. для работы на действующем объекте автоматизации. Основным таким модулем *TRACE MODE* для АРМ считается монитор реального времени (МРВ), воплощающий такие основные функции, как постоянный сбор данных, их математическую обработку и графическую визуализацию. Команда «Старт» запускает проект в контроллерах, используя исполнительные модули МикроМРВ, которые имеют различия в зависимости от типа исполнения контроллеров (разрядность процессора, операционная система, использование сетевого взаимодействия и др.).

Всем компьютерам/контроллерам, запускаемым при администрировании исполнительным модулем в проекте *TRACE MODE*, сопоставлен особый узел. Максимально возможное число узлов в проекте – 255.

В границах узла создаются каналы – главные информационные единицы для ввода и первичной обработки данных. Каналы в границах узла могут сливаться в группы, группы могут делиться на подгруппы, в единстве своем, представляя иерархическую информационную структуру случайной вложенности. Каналы разбиваются на классы по типу обрабатываемой информации, например, для данных, выраженных в целых числах – *HEX16* и *HEX32*, для вещественных – *FLOAT* и *DOUBLE FLOAT*.

Каналы имеют в своем составе и атрибуты. Они могут быть вычисляемыми в реальном времени и не вычисляемыми, общими и специализированными, т.е. определяющими специфику класса канала.

Атрибуты канала, назначаемые при изменении в ИС это Базовое имя, Комментарий, Кодировка. Это общие атрибуты каналов всех классов.

Атрибуты «Верхний предел», «Нижний предел» – не вычисляемые специализированные аргументы канала класса *FLOAT*, атрибут «Достоверность» является вычисляемым атрибутом, сигнализирующим в реальном времени состояние обмена информацией с аппаратурой для каналов класса *HEX16* и *FLOAT*.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Значения не вычисляемых атрибутов можно редактировать в реальном времени, например, менять параметры внутренней обработки в канале класса *FLOAT* с помощью атрибутов «Множитель» и «Смещение» при исполнении линейного преобразования – перехода от кодов АЦП к физическим величинам и т.д.

Каналы делятся на два типа – *INPUT* и *OUTPUT*. Обычно каналы типа *INPUT* имеют возможность получать данные от источников информации, каналы типа *OUTPUT* – посылать управляющие сигналы в приемники данных.

Источники и приемники информации являют собой описатели точек ввода-вывода, иначе говоря, связей с контроллерами, платами УСО, «умными» датчиками и т.д. Любая точка ввода-вывода может являть собой один аналоговый сигнал или группу (до 16-ти) дискретных сигналов.

Связи с тэгами во внешних *OPC*-серверах и программными компонентами по протоколам *DDE/NetDDE* тоже являются точками ввода-вывода.

Более того, такие компоненты проекта как экраны, программы, связи с внешними реляционными СУБД и документы создаются как стандартные форматы. Для соединения форматов с атрибутами каналов применяются аргументы. Вызов форматов в узлах проекта выполняется с помощью специализированных каналов класса *CALL* (Вызов). Один формат может быть вызван многократно на разных узлах с передачей в аргументы различных атрибутов различных каналов. Возможны связи между аргументами вызываемых форматов, если они определены в границах одного узла.

Для следующего применения в повторных проектах различных составляющих проекта – шаблонов экранов, программ, связей с СУБД, документов, источников/приемников и узлов в целом предназначена пользовательская библиотека.

Число проектов, разрабатываемых с помощью одной системы инструментов *TRACE MODE*, как и длительность работы в ней безграничны.

В состав системы инструментов *TRACE MODE 6* включены:

1) Интегрированная среда разработки *TRACE MODE 6 IDE* (файл *tmdevenv.exe*).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

2) Профайлеры – отладочные МРВ (файл *rtc.exe* – с поддержкой графических экранов. Файл *rtmg32.exe* – без поддержки графических экранов).

3) Имеющий свободный доступ комплекс драйверов устройств ввода\вывода.

4) Библиотека komponующих частей – файл *tmdevenv.tmul* и широкий спектр ресурсов – обои, логотипы, анимации в списке *\Lib* папки инструментальной системы.

5) Электронная документация (встроенная система справки).

6) Демонстрационные проекты *TRACE MODE* (примеры систем автоматизации, имеющие своим фундаментом имитацию технологического процесса).

Создание проекта АСУ выполняется в общей интегрированной среде разработки (ИС) *TRACE MODE 6*, работающей под администрированием операционной системы *MS Windows*. Манипуляции по созданию компонентных составляющих проекта, их изменению и обеспечению взаимосвязей между ними осуществляются в навигаторе проекта ИС. Разрабатываемый проект представляется в виде дерева компонентов. Создание дерева проекта облегчается применением различных технологий автопостроения.

При создании программ, экранов, связей с СУБД, документов и других компонентов вызываются соответствующие редакторы. Разработанные шаблоны могут быть применены для повторного использования, как в текущем проекте, так и в последующих при условии их сохранения в пользовательской библиотеке компонентов.

Конечным результатом работы инструментальной системы *TRACE MODE 6* является набор файлов, предназначенных для исполнения задач АСУ в мониторах реального времени на АРМ и в контроллерах. В рассматриваемых далее случаях в качестве МРВ для АРМ будет использоваться профайлер с поддержкой графических экранов *rtc.exe*, а для контроллера – без поддержки графических экранов *rtmg32.exe*, расположенные в директории инструментальной системы *TRACE MODE 6*. Профайлер позволяет запускать на компьютере с установленной инструментальной системой один узел разработанного проекта.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

Узлы проекта, запущенные в отладчиках *TRACE MODE 6* на разных компьютерах, могут обмениваться данными как по сети, так и по последовательным коммуникациям. На одном компьютере с несколькими сетевыми адаптерами, соединенными через *hub* или *switch*, можно одновременно запускать соответствующее количество узлов, обменивающихся данными по сети. На одном компьютере с несколькими последовательными портами, соединенными соответствующим образом (для двух – нуль-модемным кабелем), можно запускать также несколько узлов, обменивающихся данными по интерфейсам *RS232/485*.

6.3 Разработка методических указаний для проведения лабораторных работ

Для упрощения задачи в лабораторной работе студентам предлагается несколько вариантов систем автоматизации. Каждый вариант включает в себя использование только одного устройства совместно со *SCADA*-системой *TRACE MODE*:

– *SCADA*-система *TRACE MODE* + преобразователь частоты ПЧ *VFD002E21A*.

– *SCADA*-система *TRACE MODE* + программируемый логический контроллер *DL05*;

Общий порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

- 1) Конфигурирование устройства и разработка управляющей программы.
- 2) Разработка и настройка в инструментальной среде следующих компонентов:

- системы визуализации (экрана контроля и управления);
- области «Источники/приёмники»;
- области «Каналы»;
- привязка источников к каналам.

- 3) Создание исполнительного файла для среды исполнения.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

4) Отладка.

Далее представлены примеры реализации указанных систем автоматизации.

6.4 Порядок разработки системы автоматизации на базе SCADA-системы *TRACE MODE* и преобразователя частоты *VFD002E21A*

1) Конфигурирование преобразователя частоты. Выполняется в соответствии с таблица 6.1

Таблица 6.1

Номер	Параметр	Значение
02.01	Источник команд управления приводом	Интерфейс RS-485 или USB [4]
02.00	Источник задания выходной частоты	Интерфейс RS-485 или USB [3]
09.12	Выбор коммуникационного порта	Интерфейс RS-485 [0]
09.04	Используемый протокол	<i>Modbus</i> [2]
09.01	Скорость передачи данных порта, бод	9600 [1]

2) Разработка исполнительной среды (исполнительного файла) SCADA-системы *TRACE MODE* выполняется в следующей последовательности:

- запустить инструментальную систему *TRACE MODE* б двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке «*TRACE MODE*» рабочего стола *Windows* или из меню «Пуск»;

- в открывшемся окне выбрать *Файл* → *Новый*;

- в окне навигатора проекта представлены слои проекта. В слое «Система» создать новый узел *RTM_1*, нажав правую клавишу мыши и выбрав в открывшемся меню *Новый узел* → *RTM*;

- в созданном узле установить один экран и один *COM*-порт. Для этого необходимо нажать правую клавишу мыши на узле *RTM_1* и выбрать *Создать компонент* → *Экран* для создания нового экрана и *Создать группу* → *COM порты* – для создания нового *COM*-порта, соответственно. Окно навигатора проекта примет вид, представленный на рисунке 6.1;

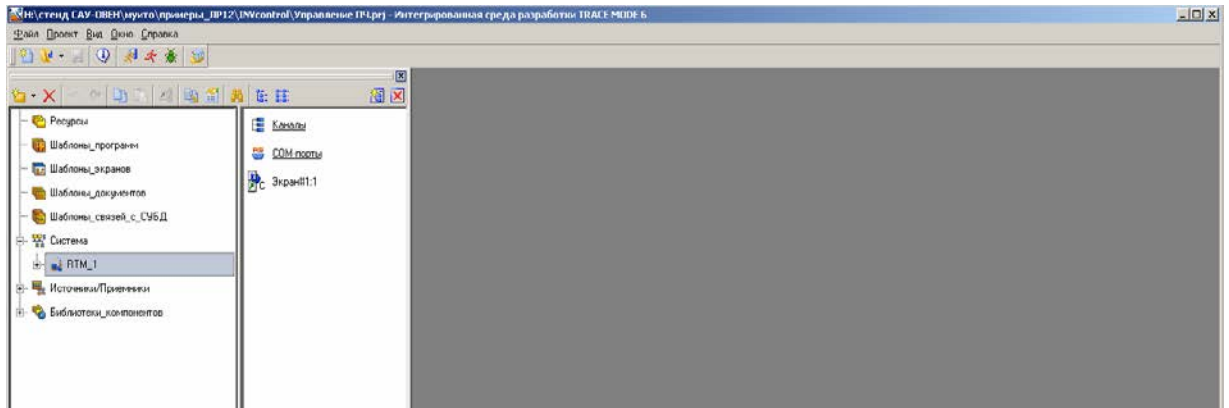




Рис. 6.1 – Внешний вид проекта

- дважды щелкнув левой клавишей мыши по элементу «COM-порт#1» открыть свойства порта и настроить их (рисунок 6.2) в соответствии с таблицей 1;
- дважды щелкнув левой клавишей мыши по элементу «Экран#1:1» открыть созданный экран. В нем, используя графические элементы «Кнопка»  и «Текст» , создать экран для визуализации обмена между SCADA-системой TRACE MODE и преобразователем частоты VFD002E21A (рисунок 6.4.3);

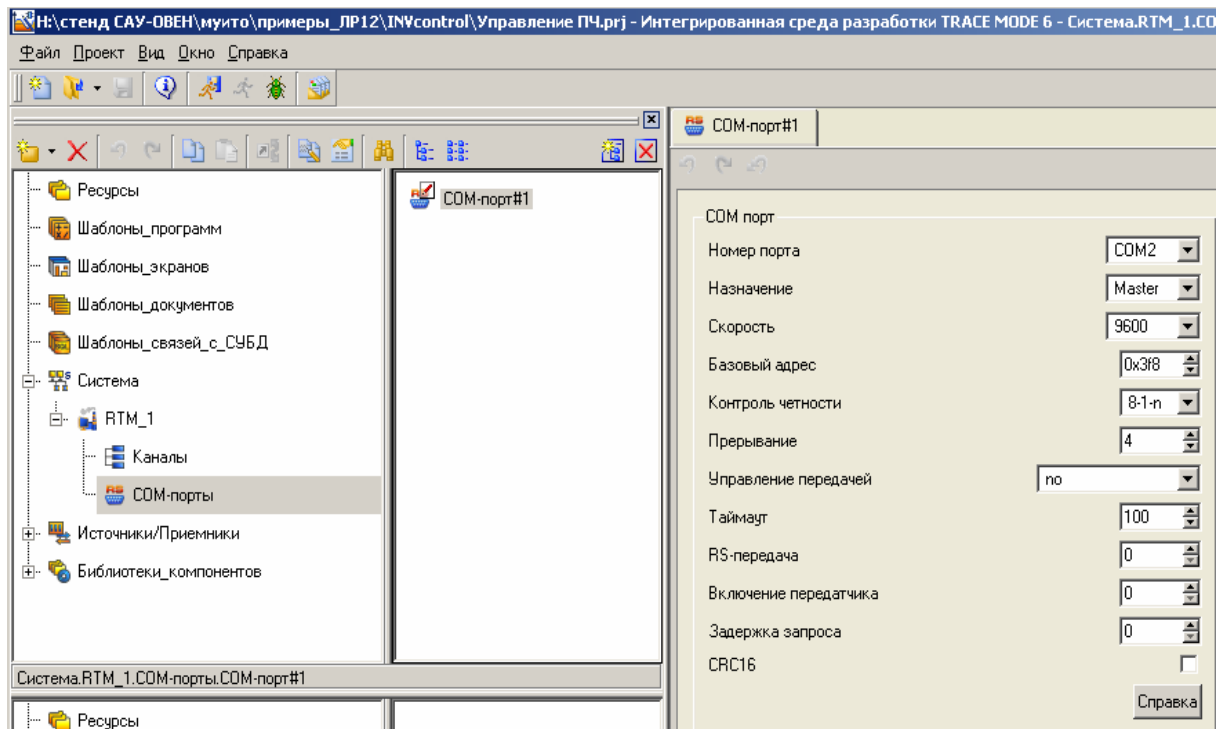


Рисунок 6.2 – Настройка свойств COM-порта

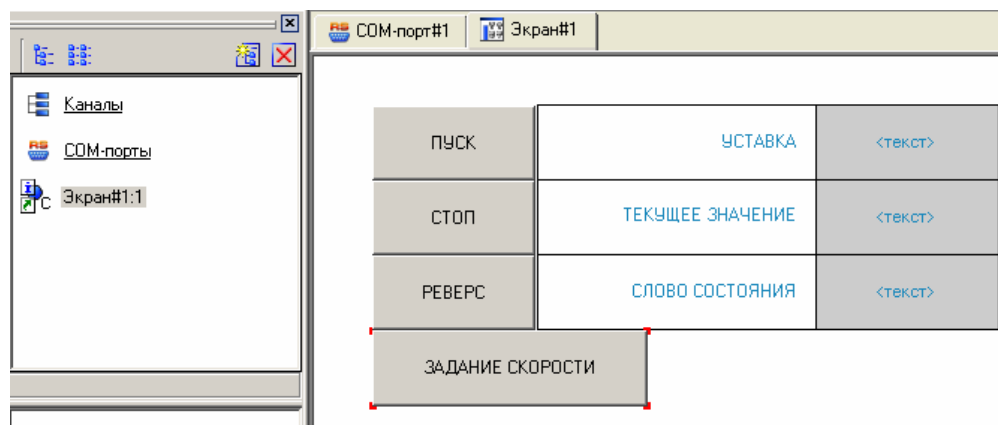



Рисунок 6.3 – Экран визуализации обмена между SCADA-системой и преобразователем частоты

– в слое «Источники/приемники» создать группу «*MODBUS_1*», для чего необходимо выбрать «Источники/приемники» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать группу* → *MODBUS*;

– в группе «*MODBUS_1*» создать точки ввода/вывода. Для этого необходимо выбрать «*MODBUS_1*» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать компонент* → *W_word(6)*. Аналогично создать еще 4 точки, описание которых представлено в таблице 6.2; Окно проекта примет вид, представленный на рисунке 6.4;

– настроить свойства созданных точек ввода/вывода, для чего два раза щелкнуть левой клавишей мыши по необходимой точке ввода/вывода и в открывшемся окне задать настройки для точки в соответствии с таблице 6.2;

– создать каналы. Для этого необходимо открыть дополнительное окно навигатора, нажав кнопку «Открыть дополнительное окно навигатора» . Используя указатель мыши последовательно перетащить созданные точки ввода/вывода в группу «Каналы» узла *RTM_1* (рисунке 6.5);

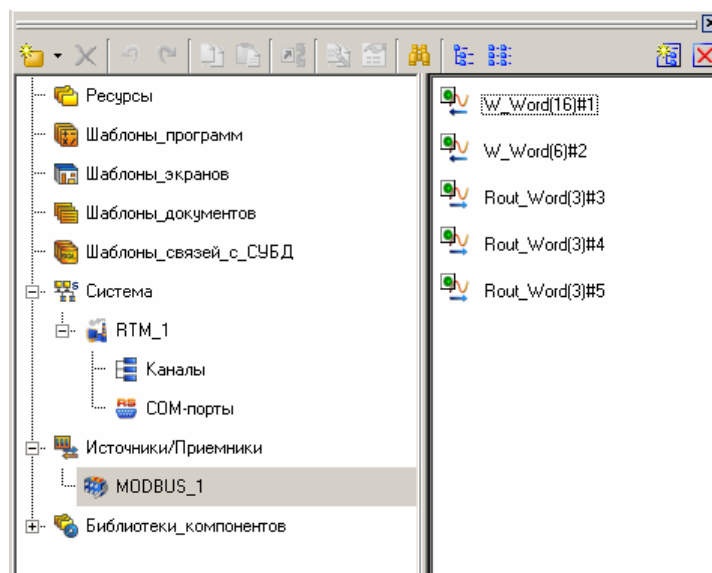


Рисунок 6.4 – Создание точек ввода/вывода в слое «Источники/приемники»

Таблица 6.2

№	Точка	Номер порта	Адрес	Канал	Направление	Формат
1	<i>W_Word(6)_#1</i>	0x1	0x3	0xc34f	<i>Output</i>	Аналог
2	<i>W_Word(6)_#2</i>	0x1	0x3	0xc359	<i>Output</i>	Аналог
3	<i>Rout_Word(3)_#3</i>	0x1	0x3	0xc359	<i>Input</i>	Аналог
4	<i>Rout_Word(3)_#4</i>	0x1	0x3	0x3f01	<i>Input</i>	Аналог
5	<i>Rout_Word(3)_#5</i>	0x1	0x3	0x3e9d	<i>Output</i>	Аналог

– открыв экран, в меню «Вид» выбрать «Аргументы экрана». В открывшееся окно последовательно перетащить созданные каналы (смотреть рисунок 6.5).

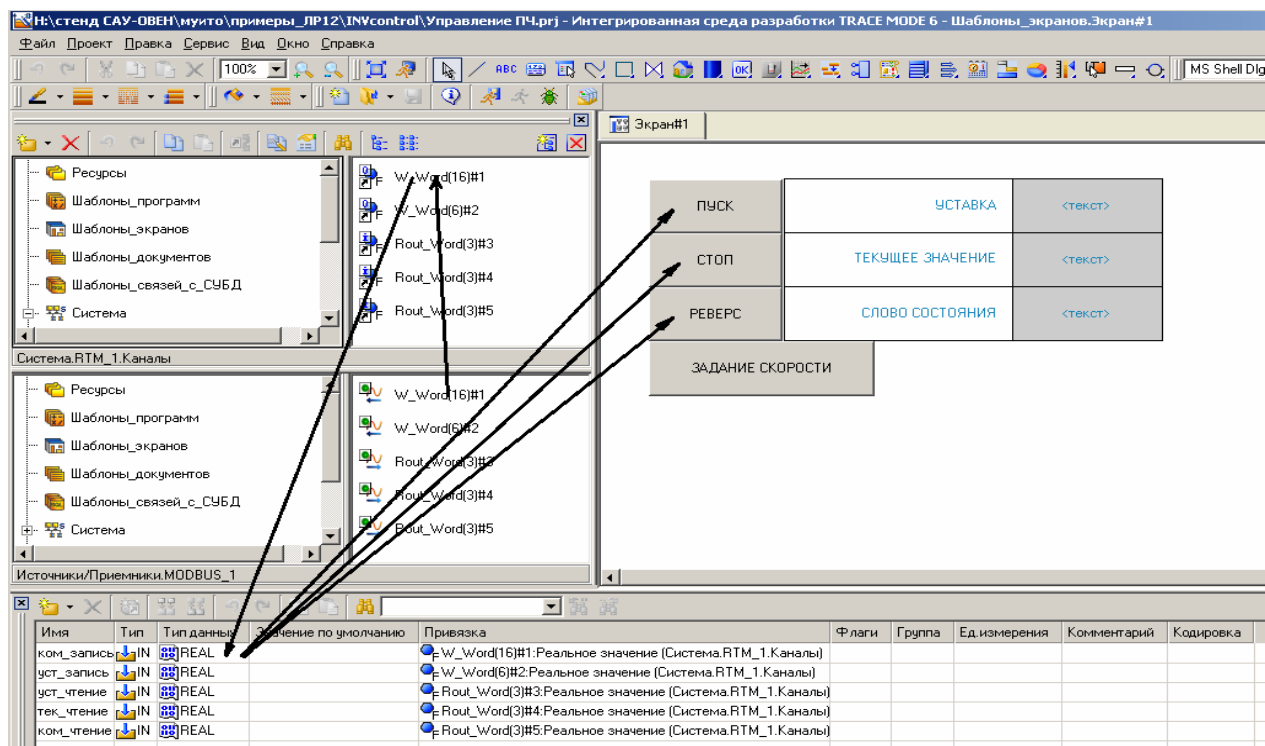


Рисунок 6.5 – Создание каналов и их привязка

После этого созданные аргументы необходимо привязать к элементам экрана, последовательно перетаскивая аргументы на изображения элементов в соответствии с таблицей 6.3;

Таблица 6.3

№	Точка	Канал	Аргумент	Элементы экрана
1	W_Word(6)_#1	W_Word(6)_#1	ком_запись	кнопки «ПУСК», «СТОП», «РЕВЕРС»
2	W_Word(6)_#2	W_Word(6)_#2	уст_запись	Кнопка «ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ»
3	Rout_Word(3)_#3	Rout_Word(3)_#3	уст_чтение	текст «УСТАВКА»
4	Rout_Word(3)_#4	Rout_Word(3)_#4	тек_чтение	текст «ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ»
5	Rout_Word(3)_#5	Rout_Word(3)_#5	ком_чтение	текст «СЛОВО СОСТОЯНИЯ»

– настроить свойства элементов экрана. Для этого дважды щелкнуть левой клавишей мыши по требуемому элементу. В открывшемся окне свойств для кнопки выбрать закладку «События» (рисунок 6.6), а для текстового поля – «Общие свойства» (рис. 6.7).

Для кнопки необходимо настроить свойства передачи в закладке «Передать значение» в соответствии с таблицей 6.4, а для текстового поля в закладке «Текст» проверить правильность привязки элемента экрана и канала в соответствии с таблицей 6.3;

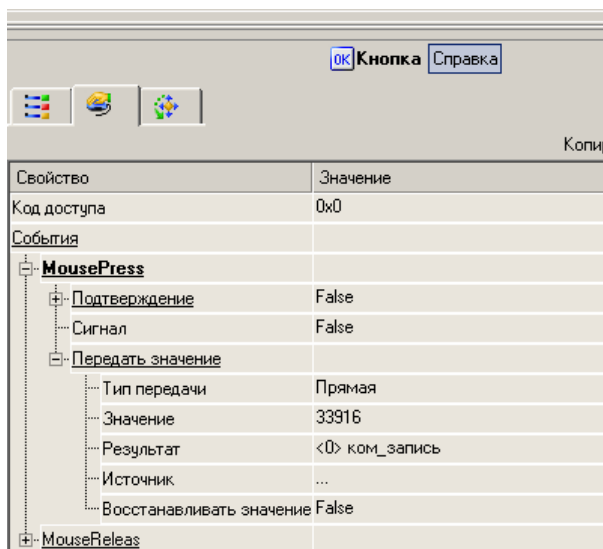


Рисунок 6.6 – Создание каналов и их привязка

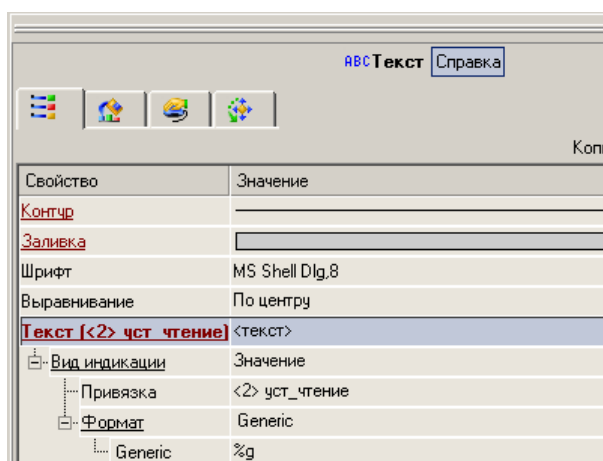


Рис. 6.7 – Настройка свойств графических элементов


– выделить узел *RTM_1* и нажать кнопку «Сохранить для МРВ»  на панели меню для создания исполнительного файла для монитора реального времени (МРВ). В результате выполнения этой процедуры в папке с файлом проекта должна появиться папка с таким названием, в которой располагается папка «*RTM_1*». В этой папке находится исполнительный файл для профайлера (исполнительной среды), имеющий имя «*Имя файла_0*».

Таблица 6.4

Графический элемент	Тип передачи	Значение	Результат
Кнопка «ПУСК»	Прямая	33916	<0> ком_запись
Кнопка «СТОП»	Прямая	33838	<0> ком_запись
Кнопка «РЕВЕРС»	Прямая	17532	<0> ком_запись
Кнопка «ЗАДАНИЕ СКОРОСТИ»	Ввести и передать	0	<1> уст_запись

3) Проверка правильности работы системы выполняется в следующей последовательности:

- подключить к клеммам преобразователя частоты обмотки электродвигателя, а разъём *RS-485* на лицевой панели преобразователя частоты – к соответствующему разъёму адаптера *RS-485/USB* на лицевой панели модуля сопряжения сигналов;

- подать питание на лабораторный стенд и используемые в лабораторной работе модули. Перевести преобразователь частоты в режим «Пуск/Дист.», нажав соответствующую кнопку на лицевой панели преобразователя;

- запустить исполнительный файл дважды щелкнув по названию файла. В открывшемся окне для запуска профайлера необходимо нажать кнопку «Запуск»



- используя кнопки на экране монитора, запустить в работу преобразователь частоты и с помощью потенциометра установить требуемую частоту вращения. С помощью текстовых полей наблюдать значения командного

слова, уставки и текущего значения частоты вращения;

- при необходимости исправить ошибки, заново сохранить, нажав кнопку «Сохранить для MPB» и проверить в профайлере.

6.5 Порядок разработки системы автоматизации на базе *SCADA*-системы *TRACE MODE 6* и программируемого контроллера ПЛК *DL05*

Для создания программ для микроконтроллеров *DL* служит специальный пакет программ *DirectSoft32*. *DirectSoft32* запускается через соответствующий ярлык на рабочем столе или в меню «Пуск» персонального компьютера. Напишем простую программу для микроконтроллера *DL05*, имитирующую связь с контроллером (рисунок 6.8).

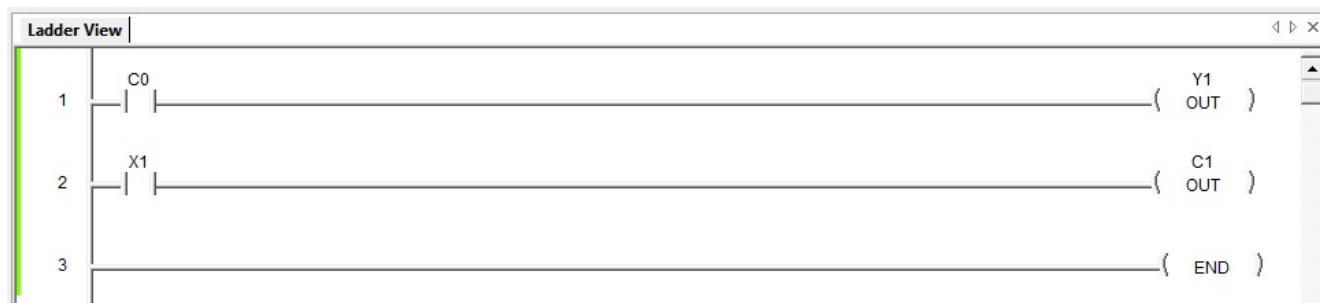


Рисунок 6.8 – Программа для ПЛК *DL05*

Запишем программу в контроллер. Подключим ПЛК через адаптор *RS-485/USB* к персональному компьютеру. Своего *OPC*-сервера у данного контроллера нет, поэтому воспользуемся программой *KepserverEX 5* фирмы *Kerware*. Далее представлен порядок настройки *OPC*-сервера.

- запустить *KepserverEX 5* двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке рабочего стола Windows или из меню «Пуск»;
- в левой части открывшегося окна дважды щелкнуть *click to add a channel*, в результате откроется окно мастера создания нового канала;
- Нажать кнопку *Далее* и выбрать в выпадающем списке *Device driver* → *Automationdirect K Sequense* (рисунок 6.8)
- Открыть созданный канал двойным щелчком на *channel* выбрать в качестве ПЛК *DL05*;
- С помощью кнопки *New Tag* на панели инструментов создать теги, обозначив их как *in* и *out* (рисунок 6.9).

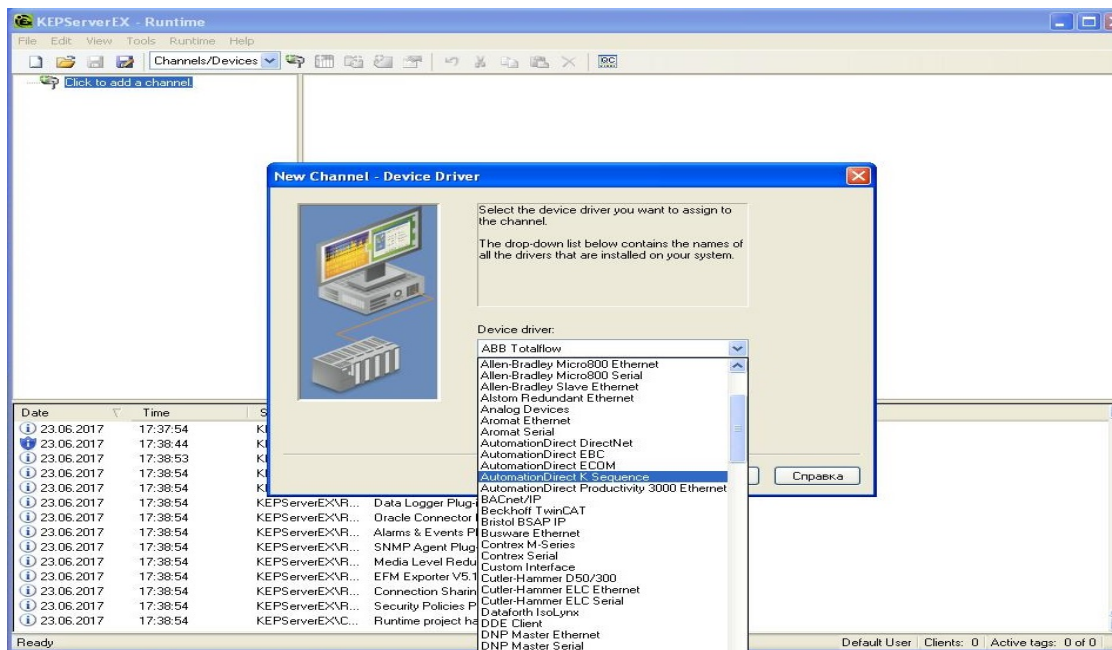


Рисунок 6.8 – Выбор ПЛК

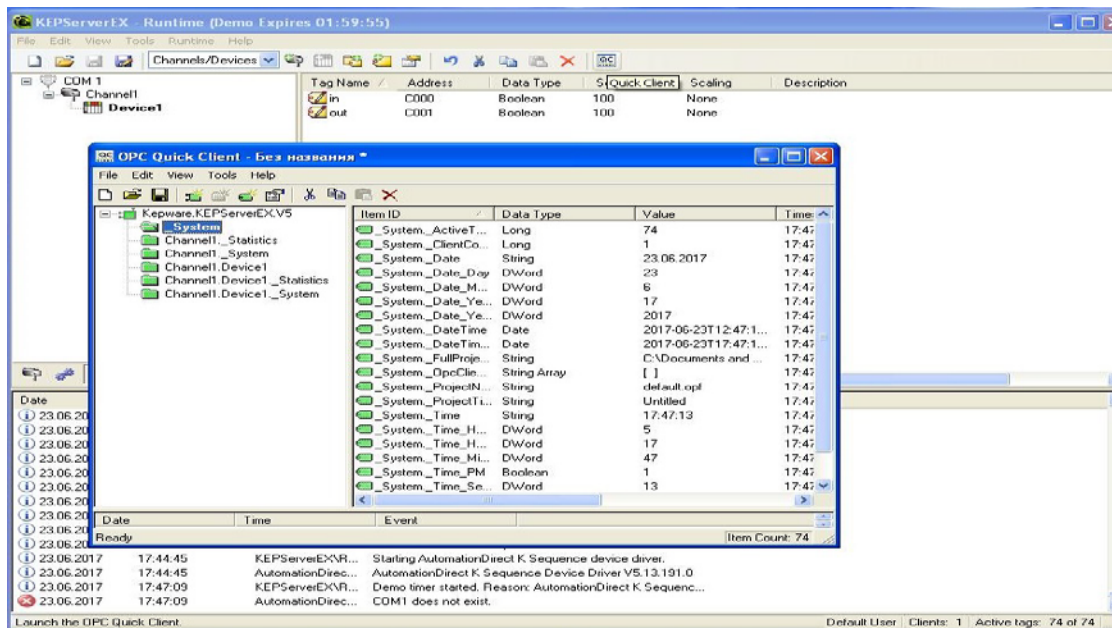


Рисунок 6.9 – Создание тегов

4) Разработка исполнительной среды (исполнительного файла) SCADA-системы *TRACE MODE* выполняется в следующей последовательности:

- запустить инструментальную систему *TRACE MODE* б двойным щелчком левой кнопки мыши по иконке «*TRACE MODE*» рабочего стола *Windows* или из меню «Пуск»;
- в открывшемся окне выбрать *Файл* → *Новый*;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

- в окне навигатора проекта представлены слои проекта. В слое «Система» создать новый узел *RTM_1*, нажав правую клавишу мыши и выбрав в открывшемся меню *Новый узел → RTM*;
- в созданном узле установить один экран. Для этого необходимо нажать правую клавишу мыши на узле *RTM_1* и выбрать *Создать компонент → Экран*.
Окно навигатора проекта примет вид, представленный на рис. 21;

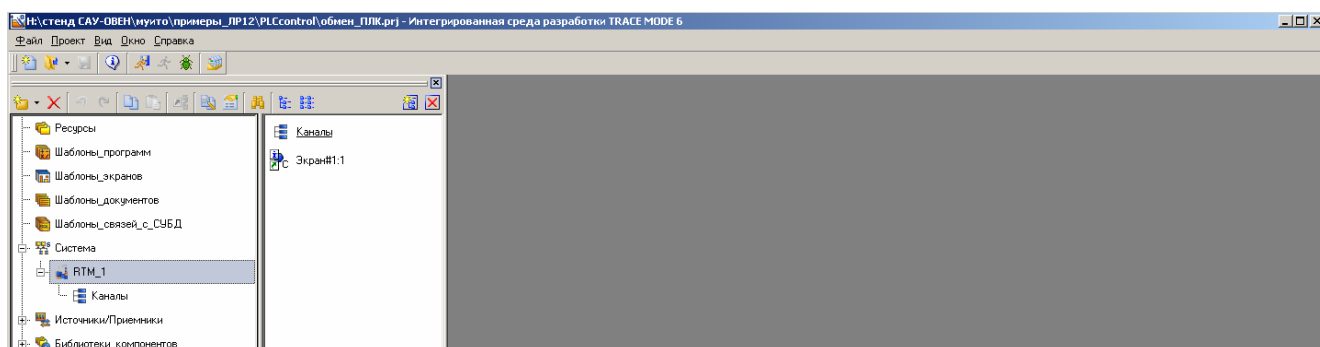




Рис. 21 – Внешний вид проекта

- дважды щелкнув левой клавишей мыши по элементу «Экран#1:1» открыть созданный экран. В нем, используя графические элементы «Кнопка» , выключатель , создать экран для визуализации обмена между SCADA-системой *TRACE MODE* и программируемым контроллером *DL05*;
- в слое «Источники/приемники» создать группу «*OPC_1*», для чего необходимо выбрать «Источники/приемники» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать группу → OPC*;
- в группе «*OPC_1*» создать группу «*OPC Сервер*» (рис. 23а). Для этого необходимо выбрать «*OPC_1*» и, нажав правой клавишей мыши, в открывшемся окне выбрать *Создать группу → OPC Сервер* (Рисунок 6.10);

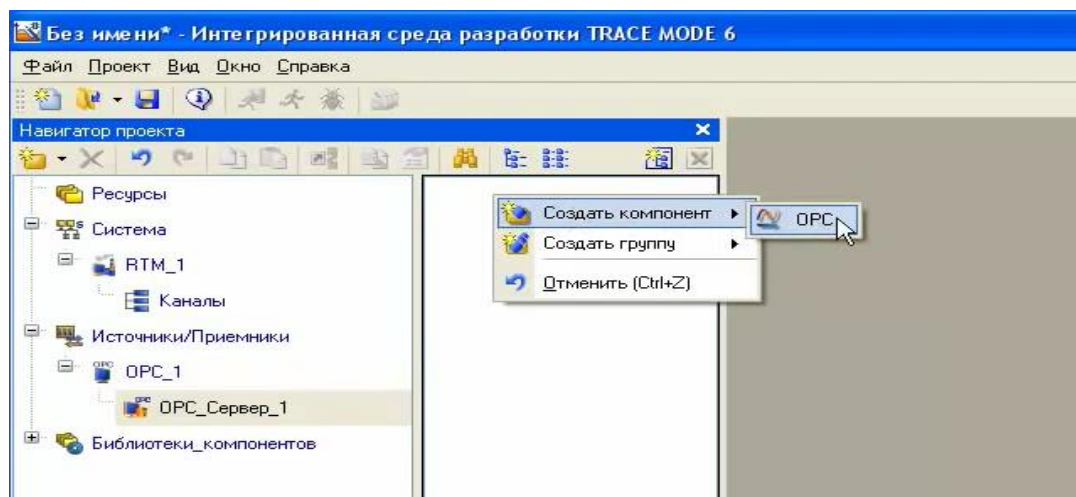



Рисунок 6.10 – Создание компонента *OPC*

– правой клавишей мыши нажать на группе «*OPC_Сервер_1*» и в выпадающем меню выбрать пункт «Редактировать». В окне «Содержимое группы» (рис. 23б) в строке «Сервер» нажать кнопку «Обзор» и в открывшемся окне выбрать требуемый сервер *OPC – Kepware.KepServer.V5.OPC*. При выборе сервера в правой части окна отобразятся все созданные ранее переменные *OPC*. Необходимо установить галочку напротив требуемой переменной, после чего нажать «Готово». В результате этих действий будет создано 2 точки ввода/вывода (рисунок 6.11);

– настроить свойства созданных точек ввода/вывода, для чего два раза щелкнуть левой клавишей мыши по необходимой точке ввода/вывода и в открывшемся окне задать настройки для точки в соответствии с табл. 12;

– создать каналы. Для этого нужно открыть дополнительное окно навигатора, нажав кнопку «Открыть дополнительное окно навигатора» . С помощью указателя мыши последовательно перетащить созданные точки ввода/вывода в группу «Каналы» узла *RTM_1*;

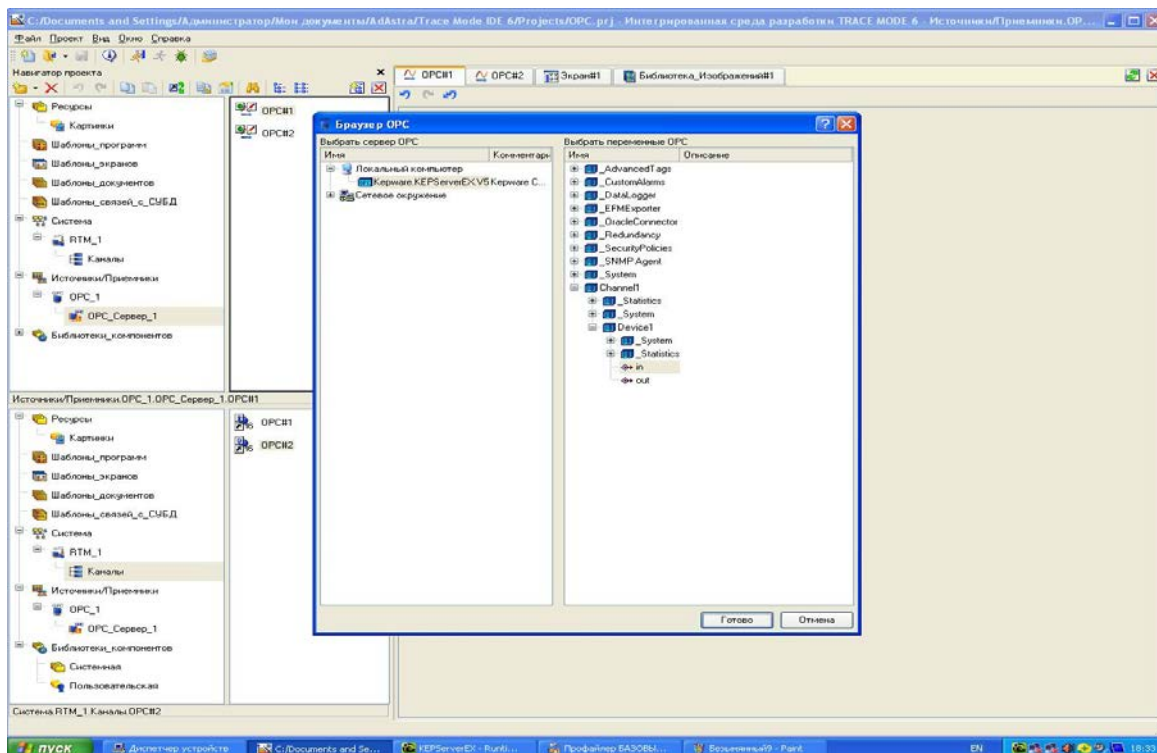


Рисунок 6.11 – Создание точек ввода/вывода

– открыв экран, в меню «Вид» выбрать «Аргументы экрана». В открывшееся окно последовательно перетащить созданные каналы, после чего созданные аргументы экрана привязать к элементам экрана, последовательно перетаскивая аргументы на изображения элементов экрана;

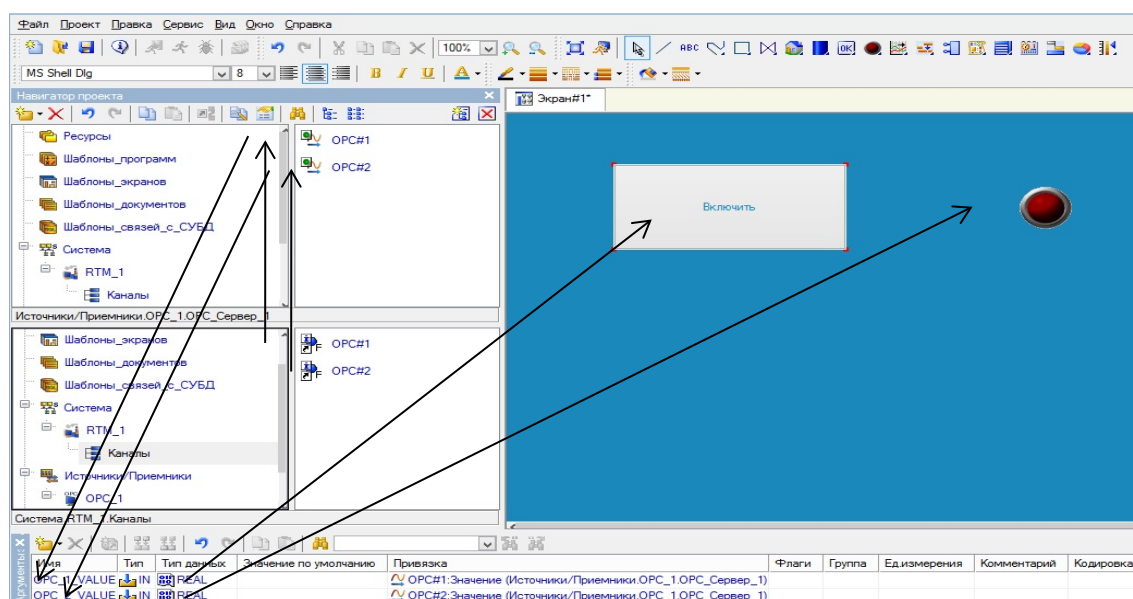


Рисунок 6.12 – Создание каналов и их привязка


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ

Лист


47

– настроить свойства элементов экрана. Для этого дважды щелкнуть левой клавишей мыши по требуемому элементу;

– выделить узел *RTM_1* и нажать кнопку «Сохранить для МРВ»  на панели меню для создания исполнительного файла для монитора реального времени (МРВ). В результате выполнения этой процедуры в папке с фалом проекта должна появиться папка с таким названием, в которой располагается папка «*RTM_1*». В этой папке находится исполнительный файл для профайлера (исполнительной среды), имеющий имя «*Имя файла_0*».

3) Проверка правильности работы системы выполняется в следующей последовательности:

– подать питание на лабораторный стенд и используемые в лабораторной работе модули. При необходимости перевести программируемый контроллер *DL05* в режим «РАБОТА», нажав соответствующую кнопку на лицевой панели контроллера;

– запустить исполнительный файл дважды щелкнув по названию файла. В открывшемся окне для запуска профайлера необходимо нажать кнопку «Запуск» .

– используя кнопку на экране монитора, подать питание на выход контроллера. На лицевой панели модуля должно отобразиться изменение состояний выхода контроллера. Аналогично проверить получение сигнала от контроллера: включая тумблер на лицевой панели модуля, наблюдать, как диод на экране станет зеленого цвета (рисунок 6.13);

– при необходимости исправить ошибки, заново сохранить, нажав кнопку «Сохранить для МРВ» и проверить в профайлере.

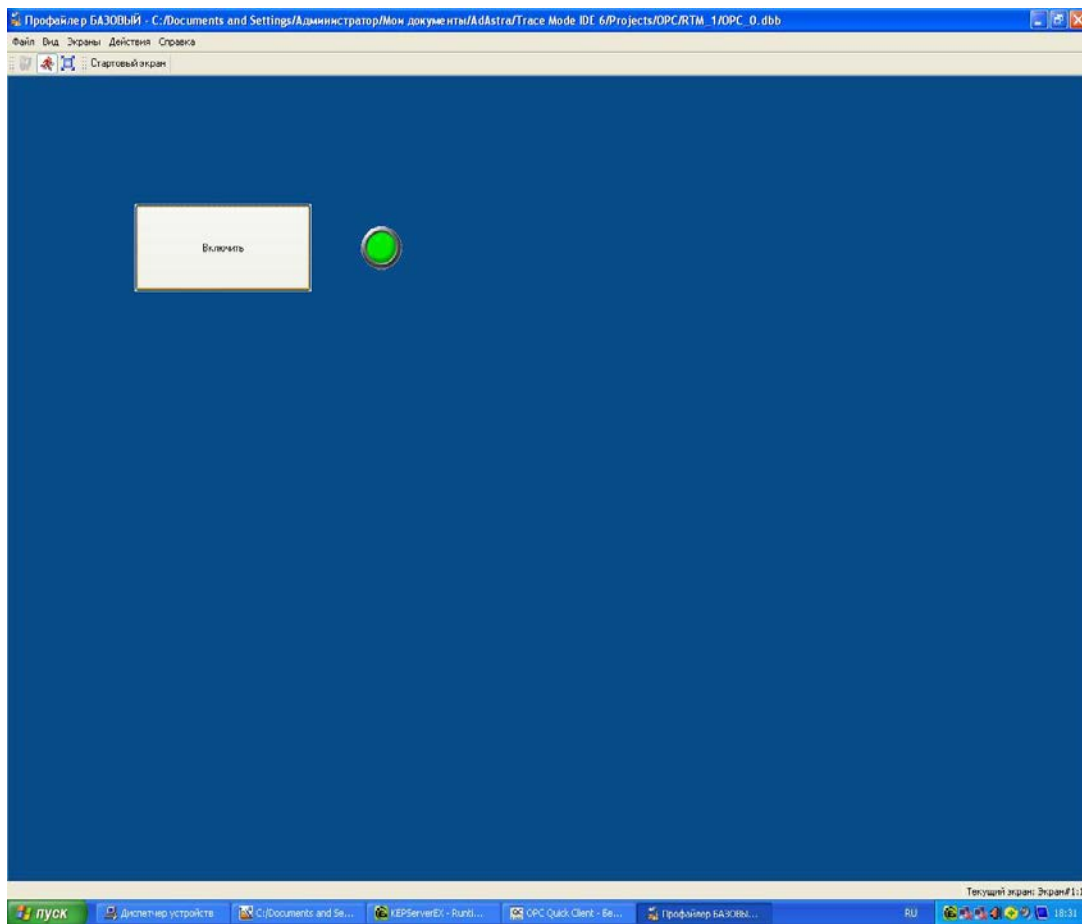


Рисунок 6.13 – Проверка правильности работы установленной связи

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном выпускном квалификационном проекте был разработан и воплощен в жизнь проект лабораторного стенда по направлению «Автоматизированный электропривод».

В качестве силовой части был использован асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АВ-052-2М производства ОАО «Армавирский электротехнический завод» мощностью 0,09 Вт и номинальной частотой вращения 2800 об/мин. Для управления данным АД был выбран преобразователь частоты *VFD002E21A* фирмы «*Delta Electronics*».

Программируемый логический контроллер и преобразователь частоты связаны со *SKADA*-системой *TRACE MODE 6* по шине *Modbus*. Проведена разработка методических указаний для проведения лабораторных работ по установлению и отладки связи между устройствами автоматизации и *SKADA*-системой в режиме реального времени.

В проекте не рассмотрены такие вопросы, как настройка и отладка преобразователя частоты и алгоритм написания программы для ПЛК.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Анучин, А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А.С. Анучин. – Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
- 2 Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А.И. Вольдек. – СПб.: Питер, 2008. – 350 с.
- 3 Драчев, Г.И. Теория электропривода: учебное пособие / Г.И. Драчев. – Челябинск: ЮУрГУ, 2006. – Ч.2. – 193 с.
- 4 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технические средства, проектирование, лабораторный практикум): учебное пособие / А.М. Борисов, Н.Е. Лях. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.
- 5 Ключев, В.И. Теория электропривода, 3 – е издание, переработанное и дополненное / В.И. Ключев. – МОСКВА: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 2001. – 721 с.
- 6 Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: учебное пособие / А.А. Усольцев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.
- 7 Усольцев, А.А. Векторное управление асинхронным двигателем: учебное пособие / А.А. Усольцев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 43 с.
- 8 Преобразователи частоты серии VFD-E. Руководство по эксплуатации – 2010. – 144 с.
- 9 Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.
- 10 Системы автоматического управления: методические указания / М. А. Цветов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 21 с.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.893.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51