

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов
и производств

Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

« 08 » июня 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»

Исполнитель

студент группы 641об

 01.04.2020

(подпись, дата)

А.О. Обросов

Руководитель

доцент, канд. техн.наук

 02.07.2020

(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности

и экологичности

доцент, канд. физ.-мат. наук

 02.07.2020

(подпись, дата)

В.Н. Аверьянов

Нормоконтроль

профессор, д-р техн.наук

 07.07.2020

(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
И.о. _____ кафедрой
 О.В. Скрипко
« 08 » июня 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 641гр. Обросова Андрей Олеговича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»
(утверждена приказом от 30.04.2020 № 810-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 01.07.2020

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

1) ФГОС направление подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

1) изучение лабораторного стенда;

2) составления структурной схемы;

3) составления принципиальной электрической схемы.

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: Принципиальная электрическая схема лабораторного комплекса;

Лист 2: Структурная схема лабораторного комплекса;

Лист 3: Алгоритм работы программы.

Лист 4: Имитационная модель в SIMULINK

Лист 5: Визуализация лабораторного стенда в CoDeSys

Лист 6: Разработка APM в Trace Mode 6

6. Дата выдачи задания 10.03.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы Рыбалев Андрей Николаевич, доцент
кафедры АПП и Э, канд. техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): _____

10.03.2020 Обр

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 62 с., 36 рисунков, 20 таблиц, 11 источников.

ПЛК, OMRON, ДАТЧИКИ УРОВНЯ, ЛАБРАТОРНЫЙ СТЕНД, СРЕ1, SCADA, CX-PROGRAMMER, TRACE MODE.

В представленном курсовом проекте рассмотрена работа лабораторного комплекса «Промышленные датчики уровня».

Цель работы- изучения аппаратной части стенда и ПО, составления структурной и принципиальной электрической схемы, составление перечня переменных и их обмен со SCADA системой.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПЛК – программируемый логический контроллер;

УСО – Устройство связи с объектом;

ПЧ – преобразователь частоты;

АРМ- автоматизированное рабочее место;

ПИД регулятор – пропорционально - интегрально - дифференцирующий регулятор;

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Состав и назначения стенда	9
2 Техническое описание элементов стенда	12
2.1 Стойка управления	12
2.1.1 Модуль «преобразователь частоты»	12
2.1.2 Модуль «программируемый логический контроллер»	20
2.1.3 Модуль «питание стенда»	27
2.1.4 Модуль «показания датчиков уровня»	28
2.2 Молевое оборудование	29
2.2.1 Центробежный насос lowara	29
2.2.2 Ультразвуковой датчик уровня pepperl+fuchs 6gr6231-3rs00	30
2.2.3 Емкостной датчик уровня lk 3123	31
2.2.4 Гидростатический датчик уровня пд100-дг	32
2.2.5 Гидростатический датчик уровня dmp331	32
2.2.6 Дискретный датчик уровня пду-1.1	33
2.3 Персональный компьютер и программное обеспечение	34
2.4 Комплект кабелей и соединительных проводов	35
3 Структурная и принципиальная схема соединений	36
3.1 Структурная схема	36
3.2 Принципиальная электрическая схема	38
4 Программное обеспечение стенда	40
4.1 CX-Programmer	40
4.2 SCADA-система Trace Mode 6	44
4.3 Составления пересечения переменных	46

5	Разработка визуализации и имитационной модели стенда	50
5.1	Имитационная модель объекта управления	50
5.2	Визуализация лабораторного стенда в CoDeSys	53
5.3	Разработка SCADA системы для управления моделью	57
6	Разработка инструкций по технике безопасности и пожарной безопасности	60
	Заключение	62
	Библиографический список	63

ВВЕДЕНИЕ

В ходе проработки темы выпускной квалификационной работы: Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости» была поставлена задача исследовать аппаратную и программную часть лабораторного стенда «Промышленные датчики уровня», составить структурную и принципиальную электрическую схему, а так же составить перечень переменных входных и выходных и их обмен со SCADA системой.

Лабораторный стенд «Промышленные датчики уровня» представляет собой гидравлическую систему, позволяющую осуществлять измерение уровня жидкости различными приборами для проведения сравнительного анализа метрологических характеристик и выполнять исследования автоматической системы поддержания и регулирования уровня. Также с помощью этого лабораторного стенда можно изучить основы программирования ПЛК, например контроллера CP1E-NA20DT-D компаний Omron.

1 СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЯ СТЕНДА

Лабораторный стенд предназначен для обучения студентов электротехнических и технологических специальностей нефтяной и газовой промышленности. В частности, для проведения лабораторных работ по курсам «Датчики технологических процессов», «Автоматизация технологических процессов и комплексов».

Внешний вид лабораторного стенда представлен на рис. 1.

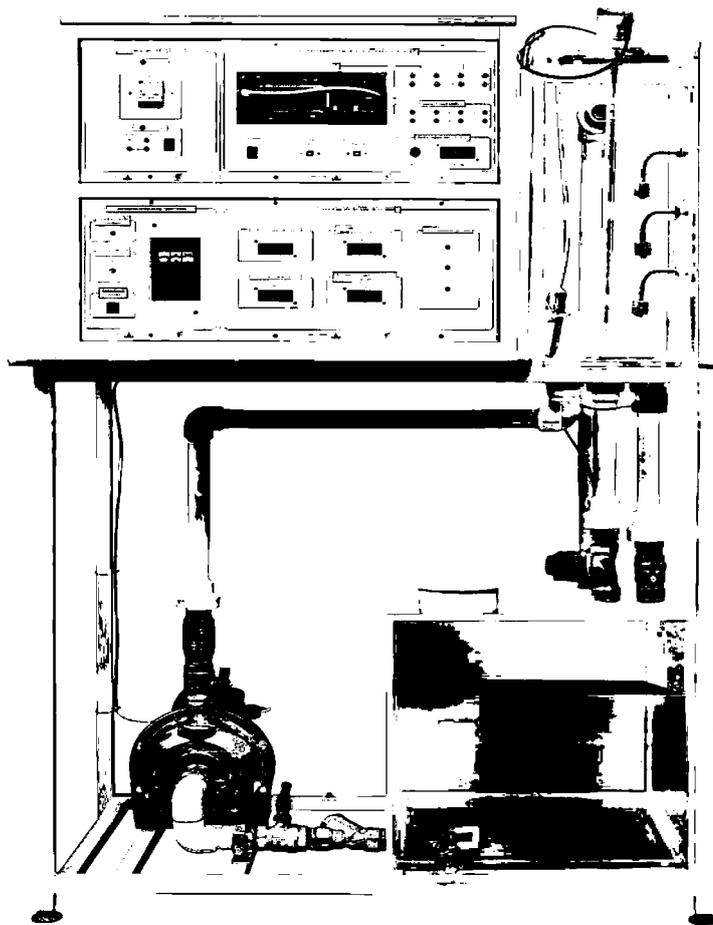


Рисунок 1 – Внешний вид стенда «Промышленные датчики уровня»

Стенд позволяет исследовать:

- статические и динамические характеристики датчиков уровня различного типа;
- системы регистрации данных уровня;

- система автоматического регулирования уровня при воздействии возмущений с применением датчиков различного типа.

Лицевая сторона лабораторного стенда представлена на рис. 2. Комплекс содержит:

- лабораторный стол с металлическим каркасом, на котором установлено полевое оборудование и стойка управления (1);

- питательный бак объемом 60 литров (2);

- приемный бак объемом 20 литров, снабженный измерительной шкалой (3);

- насос, обеспечивающий подачу воды из питательного бака в приемный (4);

- систему труб, соединяющую элементы гидросистемы (5);

- шаровый кран для подачи жидкости из питательного бака в систему (6);

- регулировочный кран для ограничения потока воды (7);

- шаровый кран для слива воды из приемного бака в питательный (8);

- шаровый кран для слива жидкости из питательного бака (на рис. 2 не показан);

- электромагнитный клапан для слива воды из приемного в питательный бак (9);

- датчики уровня, расположенные в приемном баке (10);

- стойка управления, расположенная на лабораторном столе и состоящая из 4 модулей:

- модуль «Преобразователь частоты» (11);

- модуль «Программируемый логический контроллер»,

- включающий в себя ПЛК OMRON CP1E, а также элементы управления и индикации (12);

- модуль «Питание стенда» (13);

- модуль «Показания датчиков уровня» (14);

- персональный компьютер с установленным программным обеспечением (на рис. 2 не показан).

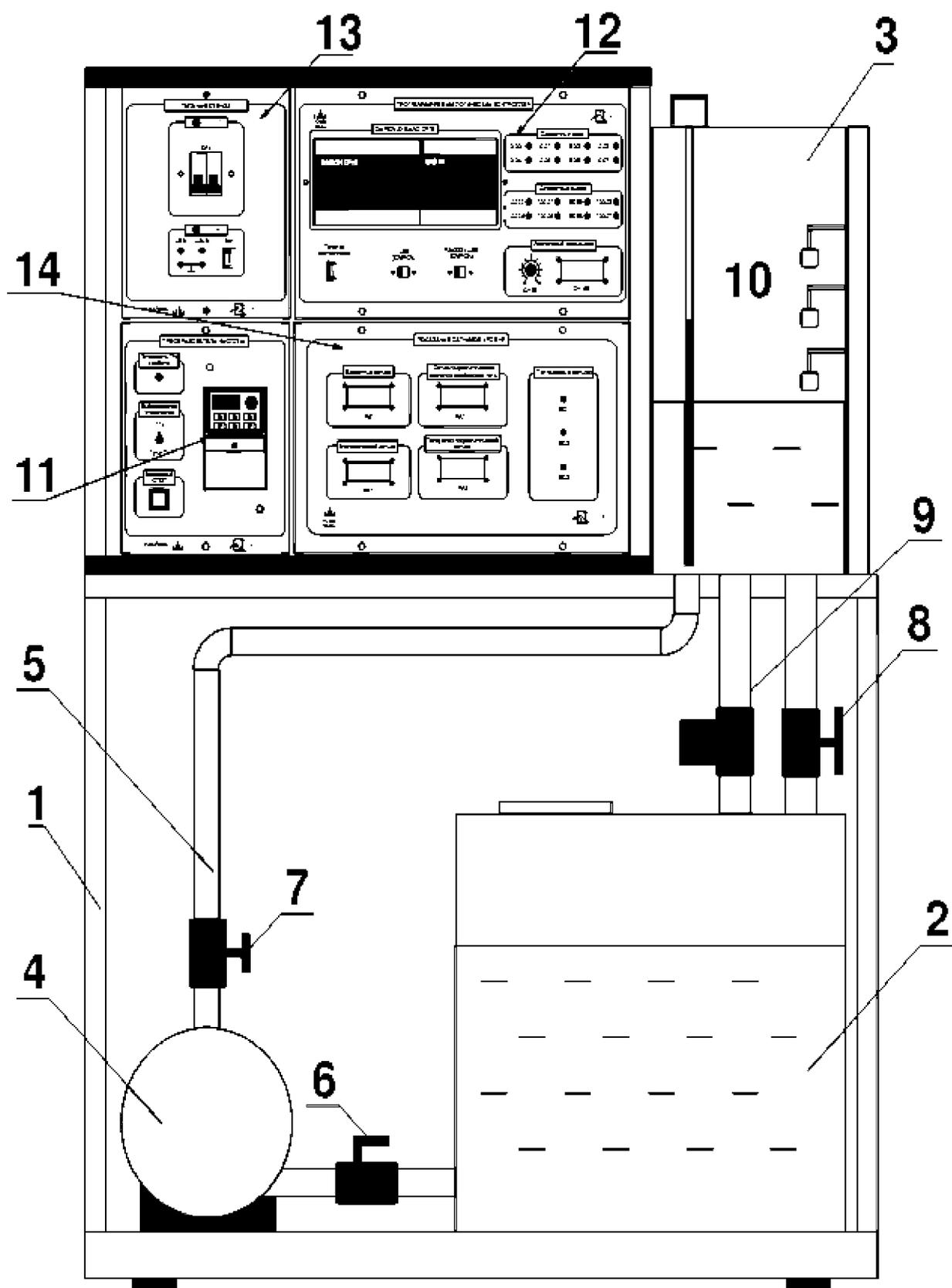


Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного стенда «Промышленные датчики уровня»

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕНДА

2.1 Стойка управления

Стойка управления – часть стенда, расположенная на лабораторном столе и содержащая часть системы автоматизации, функционально разделенную на 4 модуля (см. рис. 2):

- модуль «Преобразователь частоты» (11);
- модуль «Программируемый логический контроллер» (12);
- модуль «Питание стенда» (13);
- модуль «Показания датчиков уровня» (14);

2.1.1 Модуль «Преобразователь частоты»

Модуль представляет собой систему питания электродвигателя насосного агрегата, содержащую преобразователь частоты Delta VFD-EL а также элементы управления и индикации. Технические характеристики и элементы управления ПЧ рассмотрены ниже.

Внешний вид модуля приведен на рис. 3.

На лицевую панель модуля вынесена панель управления ПЧ, обеспечивающая управление и индикацию скорости вращения и других параметров двигателя. Кроме преобразователя частоты, в модуль встроены:

- Светодиодный индикатор «Готовность ПЧ к работе», сигнализирующий о том, что на преобразователь частоты подано питание и не зафиксировано никаких аварий;

- Кнопка «Аварийный СТОП», подающая на ПЧ команду блокировки работы привода насоса. Служит для аварийной остановки насоса в случае угрозы перелива жидкости из приемного бака.

- Тумблер «Выбор режима управления», с помощью которого выбирается способ управления электроприводом насоса. В режиме «Пульт ПЧ» команды включения\отключения привода, а также задание частоты осуществляется с панели управления ПЧ. В режиме «ПЛК» команды включения\отключения привода, а также задание частоты осуществляется программируемым логическим

контроллером, подключенным к управляющим терминалам преобразователя частоты.

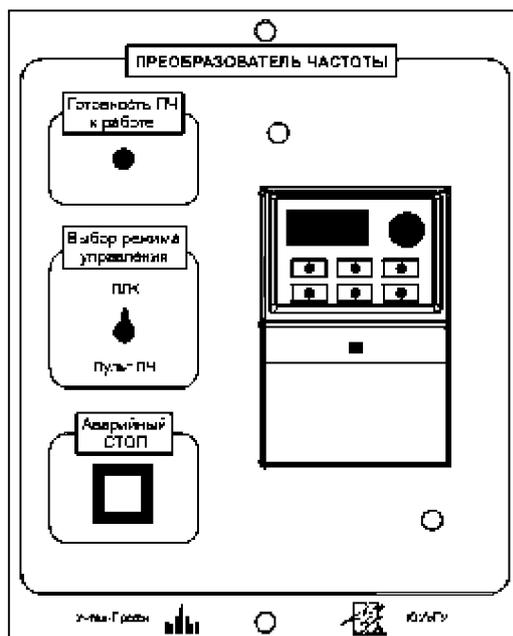


Рисунок 3 – Модуль «Преобразователь частоты»

Преобразователь частоты Delta VFD-EL содержит неуправляемый выпрямитель и автономный инвертор, обеспечивающие преобразование переменного напряжения 2х220В в трехфазное напряжение с регулируемыми значениями амплитуды и частоты, что позволяет осуществлять регулирование скорости вращения асинхронного электродвигателя.

ПЧ этой серии отличаются:

- простотой обслуживания и ввода в эксплуатацию;
- малыми габаритами и массовой возможностью монтажа на DIN-рейку;
- возможностью плотной установки ПЧ и объединения их шин постоянного тока;
- наличием встроенного RS-485 порта и дополнительных коммуникационных адаптеров для сетей Profibus, DeviceNet, LonWorks и CANopen;
- встроенным радиочастотным фильтром класса В (для моделей 1ф/230В и 3ф/400В).

Внешний вид преобразователя частоты представлен на рис. 4.

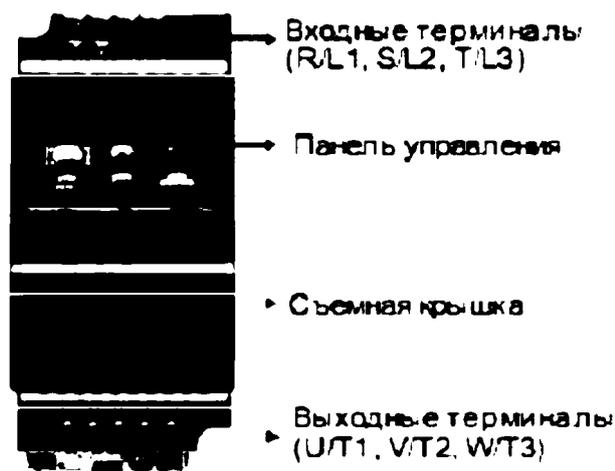


Рисунок 4 – Внешний вид ПЧ Delta VFD-EL.

-Входные терминалы (R/L1, S/L2, T/L3) - клеммы для подключения питающей сети (ПЧ с однофазным питанием 220В подсоединяются к клеммам R и S).

- Выходные терминалы (U/T1, V/T2, W/T3) - клеммы для подключения трехфазного асинхронного двигателя.

- Панель управления (Рис.5) состоит из:

1) Дисплей состояния – 4 светодиодных индикатора, отображающих состояние привода.

-RUN: светится во время работы привода;

-STOP: светится при остановленном приводе;

-FWD: светится при прямом вращении привода;

-REV: светится при обратном вращении привода;

2) LED-дисплей. Позволяет индицировать частоту, фазный ток, напряжения, параметры, коды ошибок ПЧ;

3) Потенциометр. Осуществляет задание частоты, когда тумблер модуля «Преобразователь частоты» включен в режим «Пульт ПЧ».

4) Кнопка RUN. Осуществляет пуск привода.

5) Кнопки UP и DOWN. Позволяют регулировать частоту, а также производить выбор параметров ПЧ и изменять их значения.

6) Кнопка MODE. Осуществляет переключение между режимами индикации на LED-дисплее.

7) Кнопка STOP/RESET. Осуществляет останов привода и сброс аварийной блокировки.



Рисунок 5 – Панель управления Delta VFD-EL.

- Съемная крышка – выполняет как декоративную функцию, так и функцию защиты управляющих терминалов от внешнего воздействия. На Рис.6. показано расположение управляющих терминалов. Их назначение представлено в табл. 1.

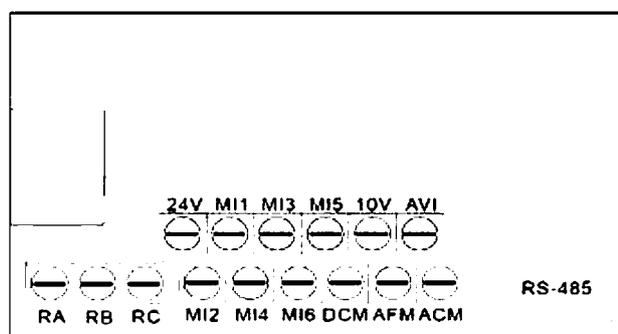


Рисунок 6 – Управляющие терминалы ПЧ Delta VFD-EL.

Таблица 1 – Назначение управляющих терминалов ПЧ Delta VFD-EL

Обозначение	Функция терминала
MI1	Пуск в прямом направлении / Стоп
MI2	Пуск в обратном направлении / Стоп
MI3	Многофункциональный вход 3
MI4	Многофункциональный вход 4
1	2

1	2
MI5	Многофункциональный вход 5
MI6	Многофункциональный вход 6
+24V	Внутренний источник питания
DCM	Нулевой потенциал внутреннего источника питания
RA	Многофункциональный релейный выход (N.O.)
RB	Многофункциональный релейный выход (N.C.)
RC	"Общий" релейного выхода
AVI	+ 10V Источник питания потенциометра задания скорости
AFM	Аналоговый вход сигнала напряжения
ACM	Аналоговый выход
MI1	"Общий" аналоговых цепей

Преобразователи частоты серии VFD-EL предполагают программирование как с помощью ПК, так и с помощью панели управления через меню параметров. Для удобства настройки преобразователя все программируемые параметры разбиты на 11 функциональных групп (табл. 2). Для подробного изучения параметров необходимо обратиться к руководству по эксплуатации на ПЧ VFD-EL.

Таблица 2 – Программируемые параметры ПЧ Delta VFD-EL

Номер группы	Название	Номер группы	Название
0	Параметры пользователя	6	Параметры защиты
1	Основные параметры	7	Параметры двигателя
2	Параметры режимов работы	8	Специальные параметры
3	Параметры выходных функций	9	Параметры коммуникации
1	2	3	4

1	2	3	4
4	Параметры входных функций	10	Параметры ПИД - регулятора
5	Параметры пошагового управления скоростью	-	-

Для корректной работы с данным стендом преобразователь частоты был запрограммирован производителем лабораторного оборудования. Измененные параметры ПЧ и их значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Установленные параметры ПЧ Delta VFD-EL

Параметр	Заводское значение	Установленное значение
02.00	1	4
02.01	1	0
02.09	0	2
03.00	8	22
03.08	0	1
04.04	0	1
04.05	1	14
04.06	2	16
04.07	3	22
04.08	4	18

Общие характеристики серии ПЧ VFD-EL представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Общие характеристики серии ПЧ VFD-EL

Характеристика		Описания
Характеристики управления	Система модуляции	SPWM (синусоидальная широтно-импульсная модуляция)
	Управление	U/f управление
	Дискретность fЗАД / fВЫХ	0,01Гц / 0,01Гц
	Характеристика момента	Автоматическая компенсация момента и скольжения, M _{НАЧ} =150% на 5Гц
1	2	3

Продолжение Таблицы 4

1	2	3	
Рабочие характеристики	Перегрузочная способность	150% от номинального тока в течение 1 мин	
	Пропускаемые частоты	Три зоны, с диапазоном 0,1-600 Гц	
	Время разгона/торможения	0,1 - 600 сек	
	Уровень токоограничения	20 - 250% от номинального тока	
	Торможение постоянным током	Рабочая частота: 0,1-600 Гц, вых. ток: 0-100% от ном. тока. Время активизации: при старте 0-60 сек приостанове 0-60 с	
	Регенеративный тормозной момент	Примерно 20% (до 125% с внешним тормозным модулем)	
	Вольт/частотная характеристика (V/f)	Возможна корректировка пользователем	
	Задание частоты	С пульта	
	Командное управление	Внешними сигналами	С помощью кнопок или встроенного потенциометра
		С пульта	Потенциометр-5кОм/0,5Вт, 0...+10В, 4...20мА, интерфейс RS-485, программируемые входы
	Функции дискретных входов	Внешними сигналами	С помощью клавиш RUN, STOP
		Предуст. скорости 0-15, Jog, запрет разг./замедления, выбор разгона/замедл. 2. пауза (NC, NO), запрет вкл. дополн. двигателя, выбор АСI/АVI, сброс привода, счетчик импульсов, сигналы увелич./уменьш. частоты (UP/DOWN)	2 проводн./3 проводн. (FWD, REV, EF), JOG (толчковая скорость), интерфейс RS-485 (MODBUS)
	Функции дискретных выходов		Привод работает, заданная частота достигнута, ненулевая дискретных выходов скорость, пауза, авария, местное/дистанционное управление, вкл. дополнит. двигателя, готовность к работе, перегрев ПЧ, аварийный останов и выбор состояния входных терминалов (NC/NO)
Аналоговые выходы		Сигнал пропорциональный: выходной частоте/току	
Выходной аварийный сигнал		Релейный контакт или транзисторный выход с открытым коллектором	
	1	2	

1	2
Выходной аварийный сигнал	Релейный контакт или транзисторный выход с открытым коллектором
Функции работы	AVR. S-кривая разгона/замедл., ограничение напряжения и тока, запись 5 отказов, блокировка реверса, перезапуск при пропадании питания, тормож. пост. током, автоматическая компенсация момента/скольжения, огранич. вых. частоты, блокировка изменения параметров, ПИД - регулятор, счетчик импульсов, MODBUS, сброс аварии, авторестарт после аварии, режим автоматического энергосбережения, спящий режим, управление встроенным вентилятором, основная/дополнительная частота, переключение между двумя источниками задания частоты и их комбинация, выбор NPN/PNP логики входов
Функции защиты	Повышенное и пониж. напряжение, перегрузка и недогрузка потоку, внешнее отключение, короткое замыкание, замык. на землю, перегрев радиатора, электр. тепловое реле, перегрев двигателя (РТ)

Технические характеристики изучаемой модели ПЧ VFD-007EL21A представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Технические характеристики модели ПЧ VFD-007EL21A

Параметр		Характеристика
Модель VFD-XXXEL21A		007
Класс напряжения		230V
Ном. мощность двигателя, кВт		0.75
Ном. мощность двигателя, л.с.		0.5
Выход	Полная мощность, кВА	1.0
	Ном. выходной ток, А	4.2
	Выходное напряжение, В	3-х фазное, от 0В до напряжения питания
	Выходная частота, Гц	0,1-600
	Несущая частота ШИМ, кГц	2-12
1	2	3

1	2	3
Вход	Номинальный входной ток, А	1-фазный, 9,3
	Напряжение, В	1-фазное 200-240
	Частота, Гц	50/60

2.1.2 Модуль «Программируемый логический контроллер»

На рис. 7. представлен внешний вид модуля «Программируемый логический контроллер».

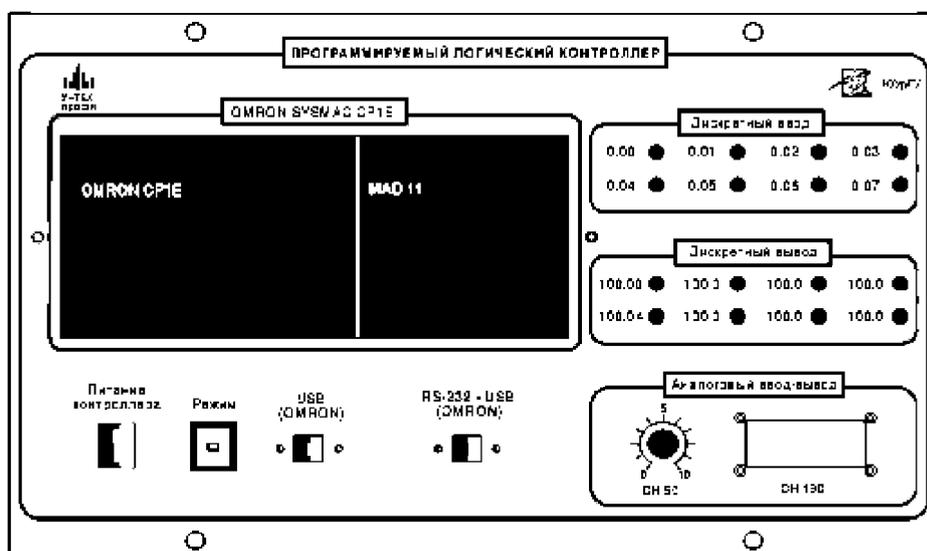


Рисунок 7 – Модуль «Программируемый логический контроллер».

Рассматриваемый модуль состоит следующих элементов:

- Блок контроллера Omron Sysmac CP1E;
- Блок дискретного ввода;
- Блок дискретного вывода;
- Блок аналогового ввода/вывода;
- Клавишный переключатель «Питание контроллера»;
- Разъемы «USB (OMRON)» и RS-232 – USB (OMRON);
- Кнопочный переключатель с фиксацией «Режим».

Блок контроллера содержит промышленный логический контроллер OMRON CP1E - моноблочный контроллер с клеммами ввода/вывода дискрет-

ных сигналов, а также двумя точками подключения входных аналоговых сигналов и одной точкой подключения аналогового выходного сигнала. Также данный контроллер обладает возможностью расширения, т.е. подключения дополнительных модулей, количество и вид которых определяется индивидуально в зависимости от решаемой задачи. Внешний вид контроллера представлен на рис. 8. Краткие технические характеристики контроллера CP1E-NA20DT-D представлены в табл. 6.

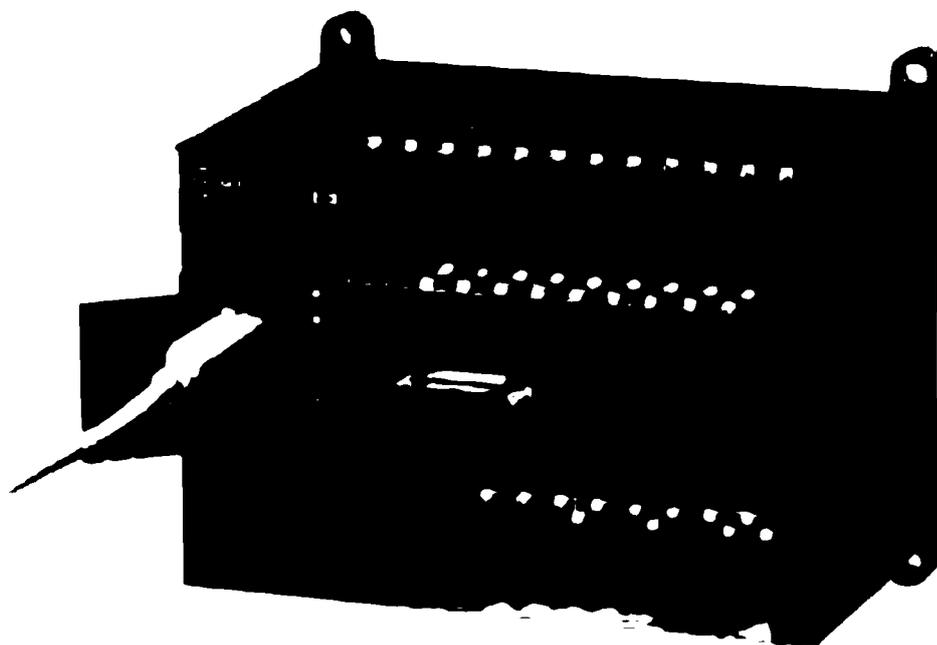


Рисунок 8 – Внешний вид CP1E-NA20DT-D

Таблица 6 – Технические характеристики контроллера CP1E-NA20DT-D

Параметр	Технические характеристики
Тип	CP1E-NA20DT-D
Напряжение питания, В	=24
Потребляемая мощность, Вт	не более 20
Биты ввода – вывода, бит	140
Объем программы, операций	8К
Емкость памяти данных, слов	8К
1	2

1	2
Скорость выполнения команды, мкс, базовой/специальной	1,19/7,9
Встроенные порты	USB и порт RS-232C
Встроенные входы-выходы	дискретные входы/выходы: 12/8 аналоговые входы/выходы: 2/1
Метод управления	С помощью программы из памяти
Метод управления входами-выходами	Циклическое сканирование или не-медленная обработка
Программирования	Релейно-контактная схема
Длина команды	От 1 до 7 элементарных операций в секунду
Типы прерываний	По таймеру, прерывания ввода-вывода, прерывания при отключении питания, внешние прерывания (от специальных модулей)

Данные о распределении памяти контроллера представлены в табл. 7

Таблица 7 – Распределения памяти контроллера

Область памяти	Характеристика
Основная область ввода – вывода (область СЮ)	
Область входов – выходов	2560 бит (160 слов): СЮ 000000 – СЮ 015915 (слова СЮ 0000 – СЮ 0159)
Область встроенных входов – выходов	Входы: СЮ 296000 – СЮ 296009 Выходы: СЮ 296100 – СЮ 296105
1	2

Продолжение Таблицы 7

1	2
Область каналов передачи данных	3200 бит (200 слов): СЮ 100000 – СЮ 119915 (слова СЮ 1000 – СЮ 1199)
Область модуля шины ЦПУ	6400 бит (400 слов): СЮ 150000 – СЮ 189915 (слова СЮ 1500 – СЮ 1899)
Область специальных модулей ввода – вывода	15360 бит (960 слов): СЮ 200000 – СЮ 295915 (слова СЮ 2000 – СЮ 2959)
Область последовательного канала связи ПЛК	90 слов: СЮ 3100 – СЮ 3189 (биты СЮ 310000 – СЮ 318915)
Область для DeviceNet/Profibus-DP	9600 бит (600 слов) СЮ 320000 – СЮ 379915
Внутренняя область ввода - вывода (рабочие биты). Нельзя использовать для внешних входов - выходов	4800 бит (300 слов): СЮ 120000 – СЮ 149915 37504 бит (2344 слов): СЮ 380000 – СЮ614315
Рабочая область (только для программ управления)	8192 бит (512 слов): W00000 – W51115
Область сохранения состояния (для выполнения специальных функций)	Только для чтения 7169 бит (448 слов): A00000 – A44715 Для чтения и записи 8192 бит (512 слов): A44800 – A95915
Временная область	16 бит (TR00 – TR15)
Область таймеров	256 слов (T000 – T255)
Область счетчиков	256 слов (C000 – C255)
Область памяти данных DM	32К слов D00000 – D32767
Индексные регистры	IR0 – IR15
Область флагов задач	32 бита (TK0000 – TK0031)
Память трассировки	4000 слов
Файловая память	Карты памяти: Omron 15,30,64 Мбайт

В данном лабораторном стенде контроллер снабжен модулем расширения аналоговых входов CP1W-MAD11. Этот модуль служит для преобразования входных сигналов, например, напряжения от 1 до 5 В или тока от 4 до 20 мА, в шестнадцатеричные числа от 0000 до 1F40 и сохранения результатов в выделенных для этого словах в каждом рабочем цикле. А также для преобразования шестнадцатеричных чисел от 0000 до 1F40 в выходной аналоговый сигнал например, напряжения от 1 до 5 В или тока от 4 до 20 мА, Для переноса значений в память данных можно использовать релейно-контактную программу, а для их приведения к заданному диапазону – команды Scaling. Внешний вид модуля представлен на рис. 9. Краткие технические характеристики представлены в табл. 8.

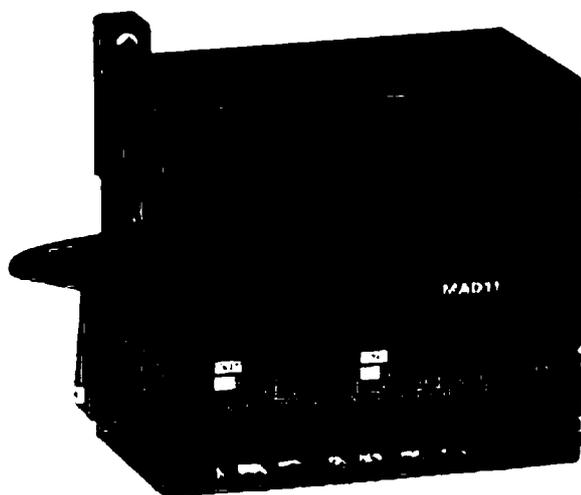


Рисунок 9 – Внешний вид модуля аналогового ввода/вывода

Таблица 8 – Технические характеристики модуля CP1W-MAD11

Параметр	Характеристика
Входы	2 входа
Выходы	1 выход
Диапазоны напряжений	1-5 В, 0-10 В, -10-10 В
Диапазоны токов	0-20 мА, 4-20 мА
Максимальный ток нагрузки	2,4 мА
1	2

1	2
Разрешение	1/6000
Скорость преобразования	1,0 мс/выход (по умолчанию) или 250 мкс/выход (устанавливается)
Общая точность	$\pm 0,5\%$
Соединение	клеммное

Блок дискретного ввода представляет собой 8 двухпозиционных переключателей, подсоединенных к соответствующим входам контроллера.

Блок дискретного вывода представляет собой 8 светодиодов, индицирующих состояние соответствующих дискретных выходов контроллера.

Блок аналогового ввода/вывода представляет собой потенциометр, соединенный с аналоговым входом контроллера, и четырех разрядный семисегментный индикатор, соединенный с аналоговым выходом контроллера.

В табл. 9 представлены органы управления и индикации, их подключение к контроллеру, адреса и названия переменных в ПЛК.

Таблица 9 – Блок аналогового ввода/вывода и его подключение к ПЛК

Элемент	Переменная	Адрес (CIO)
Входные переменные		
Тумблер 0.00	DI0	0.00
Тумблер 0.01	DI1	0.01
Тумблер 0.02	DI2	0.02
Тумблер 0.03	DI3	0.03
Тумблер 0.04	DI4	0.04
Тумблер 0.05	DI5	0.05
Тумблер 0.06	DI6	0.06
1	2	3

1	2	3
Тумблер 0.07	DI7	0.07
ПотенциометрСН90	AI0	90
Выходные переменные		
Светодиод 100.00	DO0	100.00
Светодиод 100.01	DO1	100.01
Светодиод 100.02	DO2	100.02
Светодиод 100.03	DO3	100.03
Светодиод 100.04	DO4	100.04
Светодиод 100.05	DO5	100.05
Светодиод 100.06	DO6	100.06
Светодиод 100.07	DO7	100.07
ВольтметрСН190	AO0	190

К программируемому контроллеру и модулю расширения кроме органов управления и индикации, используемых в ручном режиме, подключены выходные сигналы со всех датчиков уровня (ультразвукового, емкостного, гидростатических и дискретных) и сигналы управления и задания частоты вращения преобразователя частоты. Адресация представлена в следующей табл.10.

Таблица 10 – Подключение устройств к ПЛК

Элемент	Переменная	Адрес (CIO)
Входные переменные		
Ультразвуковой датчик уровня P&F6GR6231-3RS00	DI0	0.00
Поплавковые датчики уровня SQ1, SQ2, SQ3	DI11, DI10, DI9	0.11, 0.10, 0.09
1	2	3

1	2	3
Датчик гидростатического давления DMP331	AI1	91
Емкостной датчик уровня LK3123	AI2	1
Погружной датчик давления ПД100-ДГ	AI3	2
Выходные переменные		
Пуск/останов работы преобразователя частоты	DO0	100.00
Задание частоты вращения электродвигателя	AO1	101
Включение электромагнитного клапана	DO2	100.02

Кнопочный переключатель с фиксацией «Режим» - предназначен для исключения влияния датчиков уровня на контроллер при изучении основ программирования ПЛК. В нажатом положении срабатывает подсветка переключателя. При этом происходит физическое отключение ультразвукового датчика уровня и электромагнитного клапана от контроллера.

2.1.3 Модуль «Питание стенда»

На модуле «Питание стенда» (Рис.10) расположен автоматический выключатель QF1, предназначенный для подачи напряжения на элементы стенда и защиты стенда от аварийных режимов работы. Автоматический выключатель коммутирует переменное напряжение ~ 220 В, подаваемое на стенд. О включении автоматического выключателя сигнализирует светодиод, расположенный над выключателем.

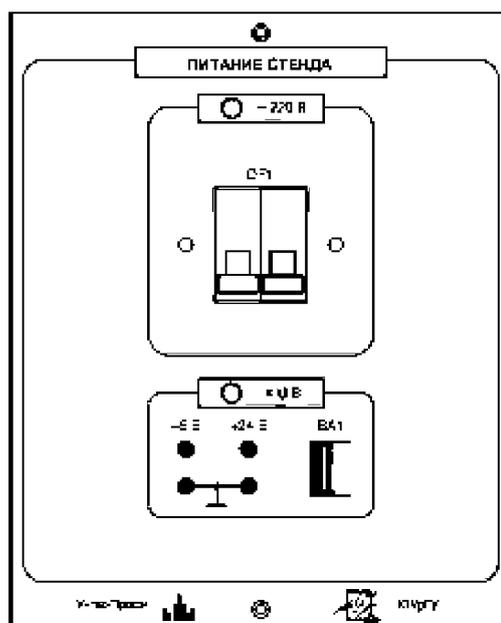


Рисунок 10 – Внешний вид модуля «Питания стенда».

Также в модуле присутствует клавишный переключатель SA1, подающий на стенд низковольтное питание, которое также выводится на клеммы +5В и +24В. О включении SA1 сигнализирует светодиод, расположенный над переключателем.

2.1.4 Модуль «Показания датчиков уровня»

На модуле «Показания датчиков уровня» (Рис. 11) расположены элементы индикации показаний датчиков уровня. Все элементы разделены на блоки. Каждый блок имеет маркировку, поясняющую, выходной сигнал какого датчика он индицирует:

- Вольтметр PV1 – Емкостный датчик LK3123;
- Частотомер PF1 – Ультразвуковой датчик P&F;
- Амперметр PA1 – Датчик гидростатического давления мембранного типа DMP331;
- Амперметр PA2 – Погружной гидростатический датчик ПД100- ДГ.
- Светодиодные индикаторы SQ1, SQ2, SQ3 – Дискретные датчики уровня ПДУ-1.1.

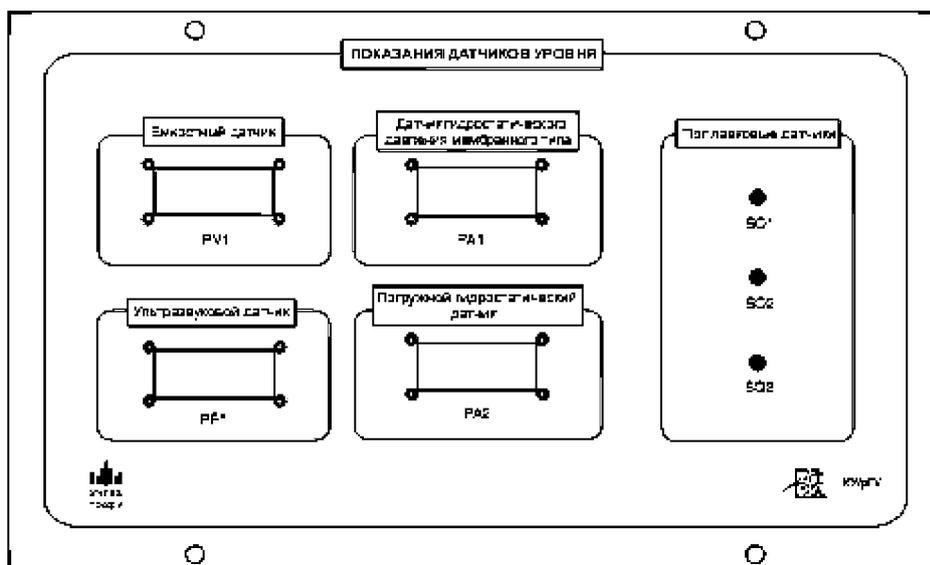


Рисунок 11 – Внешний вид модуля «Показания датчиков уровня».

2.2 Полевое оборудование

2.2.1 Центробежный насос Lowara

Насос представляет собой консольный центробежный насос и интегрированный с ним асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Основные технические характеристики насосного агрегата представлены в табл. 11.

Внешний вид насосного агрегата фирмы Lowara представлен на рис. 12. Насосный агрегат электрически подключается к преобразователю частоты Danfoss FC-051.

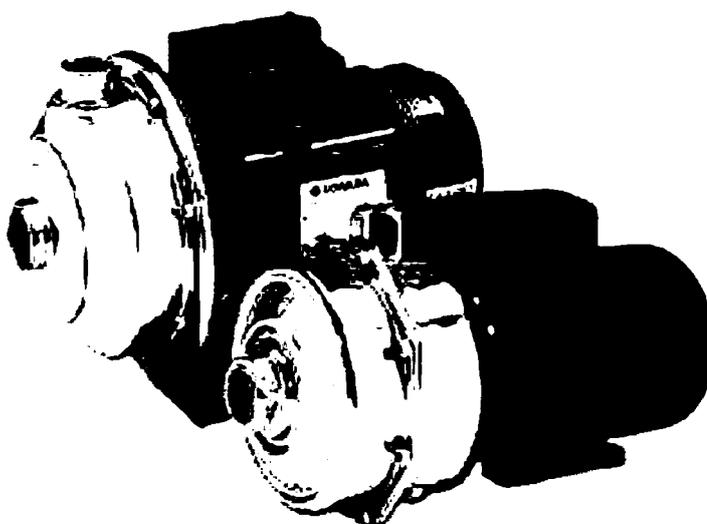


Рисунок 12 – Внешний вид насоса Lowara CEAM70/3/A

Таблица 11 – Технические характеристики насоса Lowara CEAM70/3/A

Наименование параметра	Значение
Тип	CEAM70/3/A
Мощность, кВт	0,37
Номинальное напряжение питания обмотки статора, В, Δ/У	3х220/380
Номинальная частота вращения, об/мин	2850
Номинальный ток статора, АΔ/У	2,51/1,45
Производительность, м ³ /ч	1,8...4,8
Максимальный напор, м	20,1...12,8

2.2.2 Ультразвуковой датчик уровня PEPPERL+FUCHS 6GR6231-3RS00

Основные технические характеристики ультразвукового датчика уровня P&F 6GR6231-3RS00 представлены в табл. 12. Внешний вид датчика приведен на рис. 13.



Рисунок 13 – Ультразвуковой датчик уровня P&F 6GR6231-3RS00

Таблица 12 – Технические характеристики датчика P&F 6GR6231-3RS00

Наименование параметра	Значение
Тип	6GR6231-3RS00
Напряжение питания, В	= 20...30
Измеряемый уровень, мм	25...400
1	2

1	2
Относительная погрешность, %	2
Выходной частотный сигнал, Гц	160... 1600 или 40... 400 (регулируется)
Класс защиты	IP67
Рабочая температура	-25...70°C
Рабочий ток макс.	150мА

2.2.3 Емкостной датчик уровня LK 3123

Основные технические характеристики емкостного датчика уровня IFM представлены в табл. 13. Внешний вид датчика приведен на рис. 14.



Рисунок 14 – Емкостной датчик уровня LK3123

Таблица 13 – Технические характеристики датчика LK3123

Наименование параметра	Значение
Тип	LK 3123
Напряжениепитания, В	= 18... 30
Длина погружной части, мм	472
Активная часть, мм	390
Относительная погрешность, %	2
1	2

1	2
Выходной сигнал постоянного напряжения, В	0...10
Выходной сигнал постоянного тока, мА	4...20

2.2.4 Гидростатический датчик уровня ПД100-ДГ

Основные технические характеристики погружного гидростатического датчика уровня ПД100-ДГ фирмы ОВЕН представлены в табл. 14. Внешний вид датчика приведен на рис. 15.



Рисунок 15 – Погружной гидростатический датчик уровня ПД100-ДГ

Таблица 14 – Технические характеристики ПД100-ДГ

Наименование параметра	Значение
Тип	ПД100-ДГ
Схема включения датчика	двухпроводная
Напряжение питания, В	= 24
Измеряемый уровень, мм	0...6000
Относительная погрешность, %	1
Выходной сигнал постоянного тока, мА	4...20

2.2.5 Гидростатический датчик уровня DMP331

Основные технические характеристики датчика уровня гидростатического давления DMP 331 фирмы BD Sensor представлены в табл. 15. Внешний вид датчика приведен на рис. 16.

Таблица 15 – Технические характеристики датчика DMP331

Наименование параметра	Значение
Тип	DMP 331
Схема включения датчика	двухпроводная
Напряжение питания, В	= 24
Измеряемый уровень, мм	0...400
Относительная погрешность, %	0,5
Выходной сигнал постоянного тока, мА	4...20

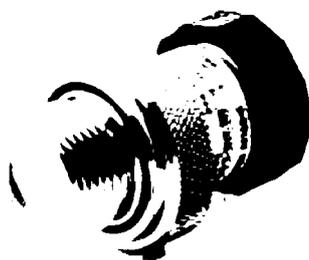


Рисунок 16 – Датчик уровня гидростатического давления DMP 331

2.2.6 Дискретный датчик уровня ПДУ-1.1

Основные технические характеристики дискретного датчика уровня ПДУ-1.1 фирмы ОВЕН представлены в таблице. 16. Внешний вид датчика приведен на рис. 17.

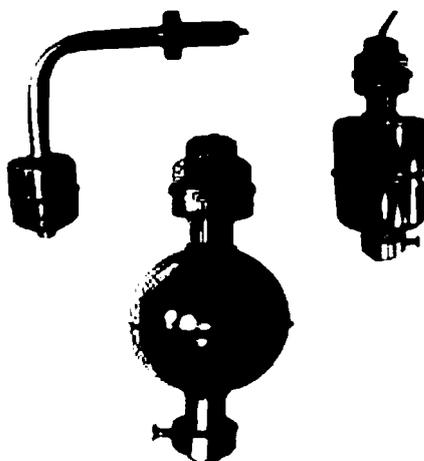


Рисунок 17 – Дискретный датчик уровня ПДУ-1.1

Таблица. 16 – Технические характеристики датчика ПДУ-1.1

Наименование параметра	Значение
Тип	ПДУ-1.1
Максимальное коммутируемое напряжение, В	180
Максимальная коммутируемая мощность, Вт	10
Максимальный коммутируемый ток, А	0,5

2.3 Персональный компьютер и программное обеспечение

Лабораторный стенд укомплектован персональным компьютером с установленным на него программным обеспечением. Перечень установленного программного обеспечения представлен в табл. 17.

Таблица 17 – Установленные программы на ПК

Программное обеспечение	Краткое пояснение
Microsoft Windows 7 Home SP1 32-bit Russian	Операционная система для работы персонального компьютера
Комплект драйверов	Программы, необходимые для корректной и полнофункциональной работы оборудования персонального компьютера, а также преобразователя интерфейсов Modbus-Usb
CX Programmer	Программное обеспечение для программирования логического контроллера Omron CP1E и написания программ для него.
ADASTRA Trace Mode 6	SCADA-система для расширения функциональных возможностей стенда.

2.4 Комплект кабелей и соединительных проводов

Количество соединительных проводов и кабелей представлено в табл. 18.

Таблица 18 – Соединительные провода и кабели

Тип	Кол-во	Примечание
Силовые кабели		
Удлинитель с розетками на 220 В	1	Для подачи однофазного питания 220 В на стенд, длина 3 м
Сетевая вилка <=> СНП226-3Р	3	Для подачи однофазного питания 220 В на лабораторный стол и персональный компьютер от удлинителя, длина 1,5 метра
Информационные кабели		
Кабель USB АМ-ВМ	2	Для программирования контроллера и связи с сетью Modbus, длина 3 м

3 СТРУКТУРНАЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СОЕДИНЕНИЙ

3.1 Структурная схема

На основе исследования лабораторного стенда «Промышленные датчики уровня» была составлена структурная схема, представленная на рисунке 18.

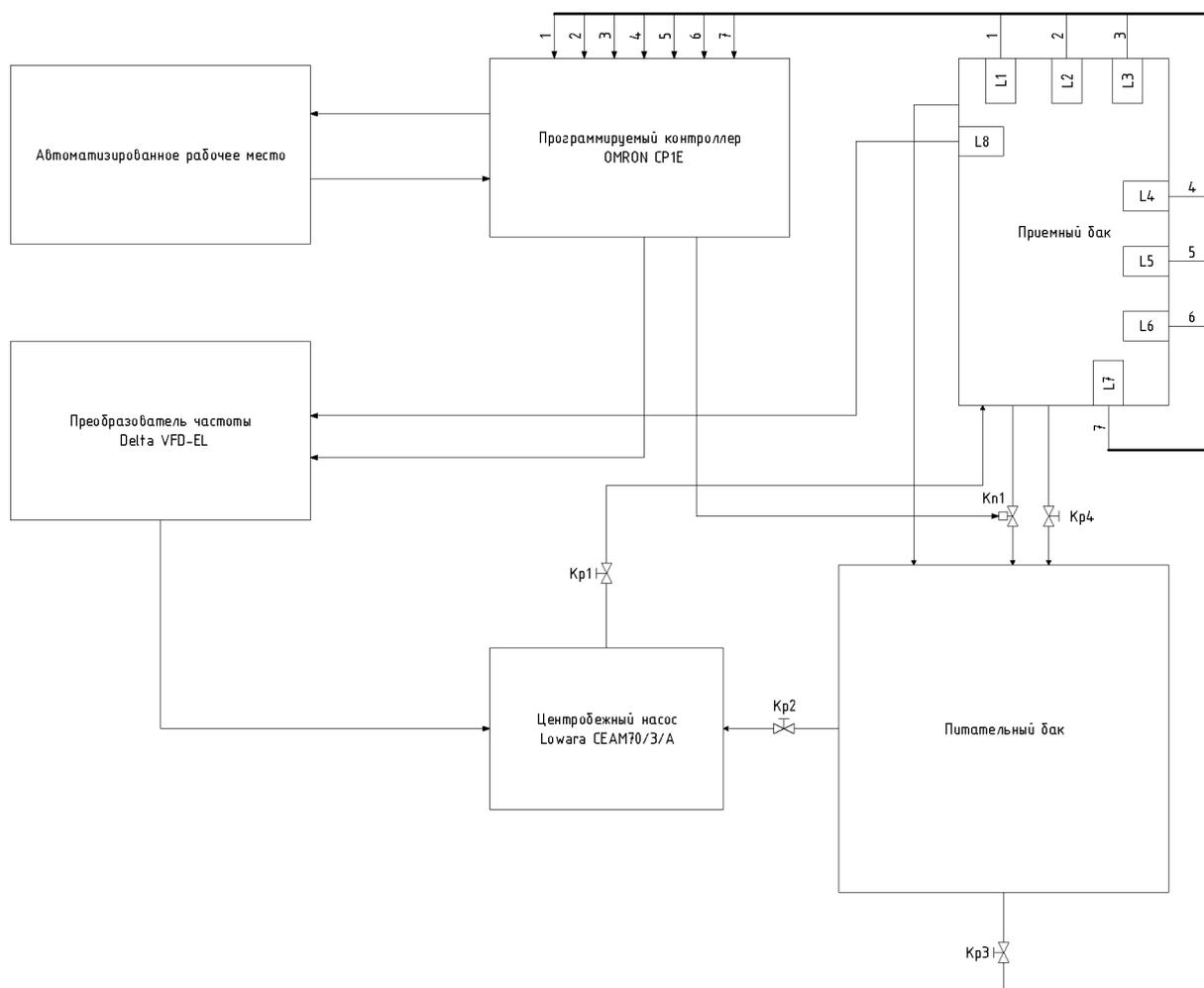


Рисунок 18 – Структурная схема лабораторного стенда

Гидравлическая часть насосной станции вместе с полевым оборудованием установлена на каркасе, имеющим четыре опоры, регулируемых по высоте и позволяющих устанавливать лабораторный стол на неровных поверхностях. В каркас установлены два бака для воды: приемный – емкостью 20 л и питательный – емкостью 60 л. В нижней части рамной конструкции также смонтирован центробежный насос Lowara CEAM70/3/A.

При достижении уровня жидкости в приемной емкости верхнего значения, срабатывает аварийный герконовый выключатель L8 поплавкового типа, который подает сигнал остановки насоса на преобразователь частоты Delta VFD-EL. Также защиту от перелива обеспечивает перепускная труба, сливая поступающую воду в питательную емкость. Максимальная производительность насосного агрегата ограничена клиновой (или дисковой) задвижкой Кр1. В качестве задвижек, обеспечивающих состояние открыто/закрыто, применены шаровые краны поворотного действия Кр2 – Кр4. Шаровый кран Кр2 необходимо открыть в ручную перед запуском стенда, он обеспечивает забор воды из питательного бака. Электромагнитный клапан Кп1 и шаровый кран Кр4 обеспечивает слив воды из приемного бака обратно в питательный бак. В случае возникновения необходимости слить воду с установки предусмотрен клапан Кр3.

Электрическая часть лабораторного стенда содержит модуль «Питание стенда» на котором расположен автоматический выключатель QF1, обеспечивающий включение питания стойки. Также внутри модуля имеется импульсный источник питания для питания программируемого контроллера и изучаемых датчиков уровня.

Питание электродвигателя насосного агрегата осуществляется от преобразователя частоты Delta VFD-EL, расположенном на модуле «Преобразователь частоты». Частотный преобразователь снабжен панелью управления, обеспечивающей управление и индикацию скорости вращения и других параметров двигателя.

Система автоматизации насосной станции представляет собой программируемый контроллер OMRON CP1E и модулем расширения аналоговых входов CP1W-MAD11. Основными задачами контроллера являются:

- сбор и обработка информации с датчиков уровня L1 – L7, расположенных в приемном баке;
- отработка заранее записанной в него управляющей программы;

– управление преобразователем частоты Delta VFD-EL, находящимся в электрической части лабораторной стенда, и обеспечивающим изменение частоты вращения и производительность насоса гидравлической системы.

Для изучения работы программируемого контроллера на лицевой панели модуля ПЛК установлены тумблеры и светодиоды, а также один потенциометр и один цифровой индикатор, работающий в режиме измерения напряжения. Кроме этого возможен режим управления лабораторной стендом с помощью описанных выше органов управления индикации, при наличии в программируемом контроллере соответствующей управляющей программы.

Для программирования промышленного контроллера, визуализации и управления технологическим процессом лабораторной стенда, а также сбором и анализом различной информации имеется автоматизированное рабочее место, которое представляет собой моноблок с необходимым предустановленным программным обеспечением.

В лабораторном стенде предусмотрена возможность вывода информации с датчиков технологических параметров (датчиков уровня) в SCADA-систему. При этом показания датчиков отображаются также на соответствующих индикаторах, расположенных на лицевой панели модуля «Показания датчиков уровня».

Представленная система автоматизации технологического процесса – открытая. Система автоматизации построена на промышленном оборудовании фирм OMRON, МЕТРАН, IFM, P&F, ОВЕН. В качестве программного обеспечения используется лицензионное программное обеспечение фирмы OMRON и Adastra Research, с помощью которого можно создавать свои алгоритмы управления или редактировать базовые программы.

3.2 Принципиальная электрическая схема

В технической документации, поставленного университету стенда, отсутствует принципиальная электрическая схема. Поэтому в ходе исследований стенда были установлены электрические соединения на основе, которых была

составлена принципиальная электрическая схема лабораторного стенда «Промышленные датчики уровня» представленного в приложении Б.

Рассмотрим электрическую схему соединений с точки зрения входных сигналов контроллера OMORON CPE1. К дискретным входам 00-07 подключены двухпозиционные переключатели, так же к входу 05 подключен ультразвуковой датчик уровня обозначенный на схеме А7 с параллельным подключением частотомера PF1. Поплавковые датчики уровня А1, А2, А3 так же подключены к дискретным входам соответственно 11,10,09. К аналоговым входам контроллера I IN1 и V IN1 подключен амперметр PA1, к которому подключен датчик гидростатического давления мембранного типа А6. К входу V IN0 подключен потенциометр R4. К аналоговым входам I IN1 и V IN1 блока расширения MAD11 так же последовательно через амперметр PA2 подключен погружной гидростатический датчик А5. К входу V IN0 подключен емкостный датчик А8 и параллельно вольтметр PV1.

Исследуем выходные цепи контроллера на принципиальной электрической схеме. Восемь светодиодов HL9-HL16 представляют собой блок дискретных выводов индицирующих состояния соответствующих выводов 00-07 контроллера. Дискретный выход контроллера 00 подключен через двухпозиционный переключатель к входу MI1 преобразователя частоты. При подачи сигнала от контроллера на этот вход преобразователя, происходит пуск в прямом направлении. Выход контроллера 02 используется для управления электромагнитным клапаном. Для задания частоты вращения электродвигателя выход I OUT соединён входом AVI преобразователя частоты. Так же к аналоговому выходу V OUT0 подключен вольтметр CH190 из блока аналогового ввода/выводы на модули «программируемый логический контролер».

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА

4.1 CX-Programmer

OMRON Corporation крупная японская корпорация, производитель электроники и один из мировых лидеров в производстве средств автоматизации. Omron является одним из крупнейших производителей и поставщиков аппаратных и программных комплексов для автоматизации технологических процессов. В том числе производит несколько серий программируемых логических контроллеров — от простых интеллектуальных реле до полнофункциональных резервированных систем, что позволяет конкурировать на рынке ПЛК с другими крупнейшими мировыми компаниями в этой сфере — Rockwell Automation и Siemens. Для программирования контроллеров у компании есть собственная программа CX-Programmer. Этот инструмент предназначен для создания лестничных диаграмм, выполняемых в ПЛК. Кроме программирования, CX-Programmer обладает и другими функциями, полезными при настройке и работе с CP1E, среди которых: отладка программ, отображение адресов и значений, настройка и мониторинг ПЛК, а так же дистанционное программирование и мониторинг по сети.

Рассмотрим интерфейс программы CX-Programmer. После запуска программы открывается окно, представленное на рисунке 19. Для того, чтобы создать программу необходимо в строке меню найти пункт file, потом выбрать команду New. В появившемся диалоговом окне, показанное на рисунке 20, даем имя проекту, в поле «Device Type» выбираем нужную серию контроллера рядом же с этим полем кнопка «Settings», где можно уточнить параметры контроллера на пример выбрать тип CPU. В поле «Network Type» выбираем тип подключения для обмена данными с контроллером. Нажимаем кнопку ОК и создается проект для написание программы для ПЛК. На рисунке 21 мы видим, что появилась дерево проекта и рабочая область.

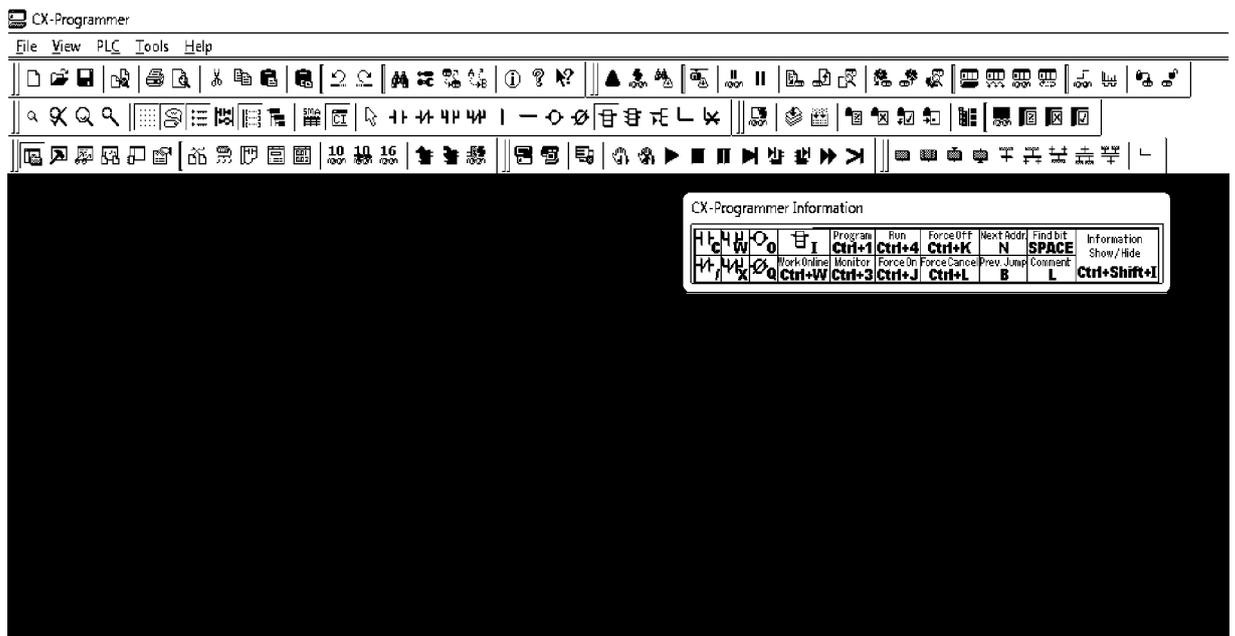


Рисунок 19 – Окно программы CX-Programmer

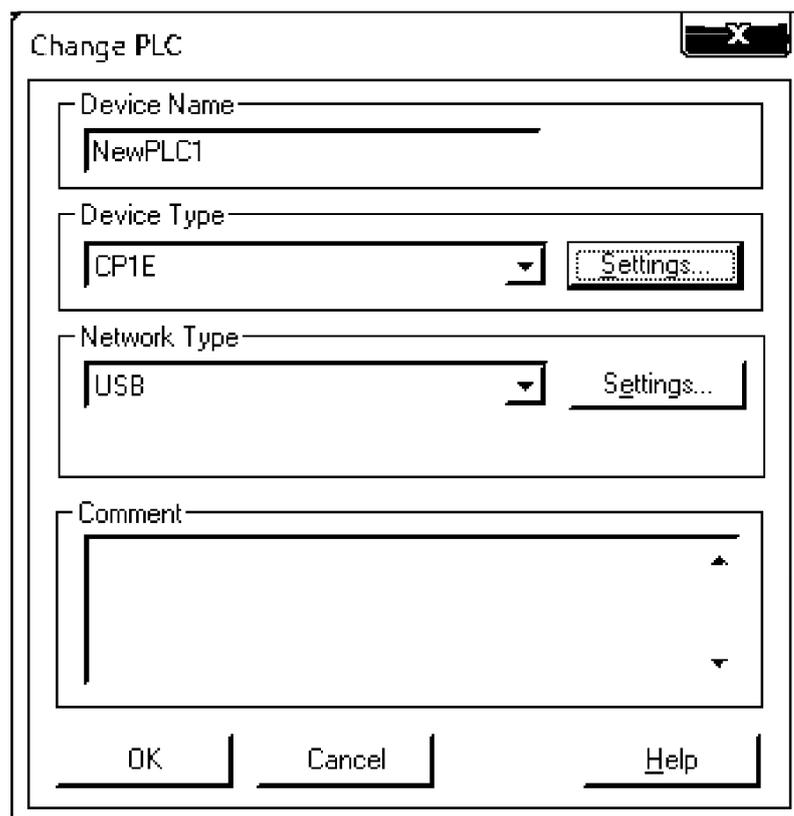


Рисунок 20 – Диалоговое окно при создании проекта

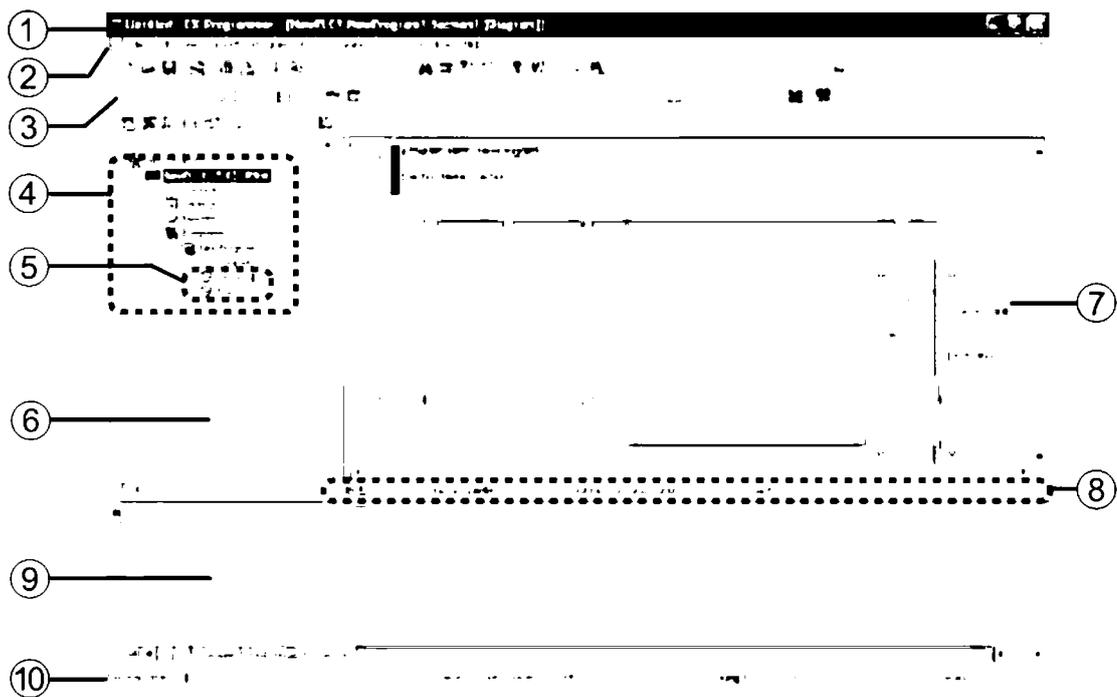


Рисунок 21 – Открытый проект программы

Рисунок 21:

1) Строка заголовка – отображает имя файла проекта, созданного в CX-Programmer.

2) Главное меню – используется для выбора функций CX-Programmer.

3) Панели инструментов – панель инструментов содержит кнопки (пиктограммы) для наиболее часто используемых функций. Для отображения названия функции наведите указатель мыши на соответствующую пиктограмму. Чтобы отобразить или скрыть панели инструментов, в главном меню выберите пункт View (Вид) - Toolbars (Панели инструментов). Положение панелей инструментов можно изменять путем их «перетаскивания».

4) Дерево проекта.

5) Пункт программа – программы можно разбивать на части, с которыми можно работать отдельно.

6) Рабочая область проекта – используется управления программами и настройками. Для копирования данных можно использовать операцию «перетас-

кивания». Чтобы отобразить или скрыть рабочую область проекта, в главном меню выберите View (Вид) - Window (Окна) - Workspace (Рабочая область проекта) или горячие сочетание клавиш Alt+1.

7) Рабочая область программы – используется для создания и редактирования лестничных диаграмм.

8) Строка комментариев к входам и выходам – содержит название, адрес, значение и комментарий к входам/выходам для переменной, выбранной указателем мыши.

9) Окно вывода информации – содержит следующие сведения: компиляция – отображает результаты проверки программы; отчет о поиске – отображает результаты поиска контактов, команд и катушек; передача – отображает ошибки, возникшие при загрузке файла проекта. Чтобы отобразить или скрыть окно вывода информации, в главном меню выберите View (Вид) - Windows (Окна) - Output(Окна вывода).

10) Строка состояния содержит такие данные, как имя ПЛК, статус режим связи (off-line/on-line) и положение активной ячейки. Если в режиме on-line возникает и регистрируется ошибка соединения или другая ошибка в журнале ошибок, отображается красное мигающее сообщение об ошибке. Чтобы отобразить или скрыть строку состояния, в главном меню выберите View (Вид) - Windows (Окна) - Status Bar (Строка состояния).

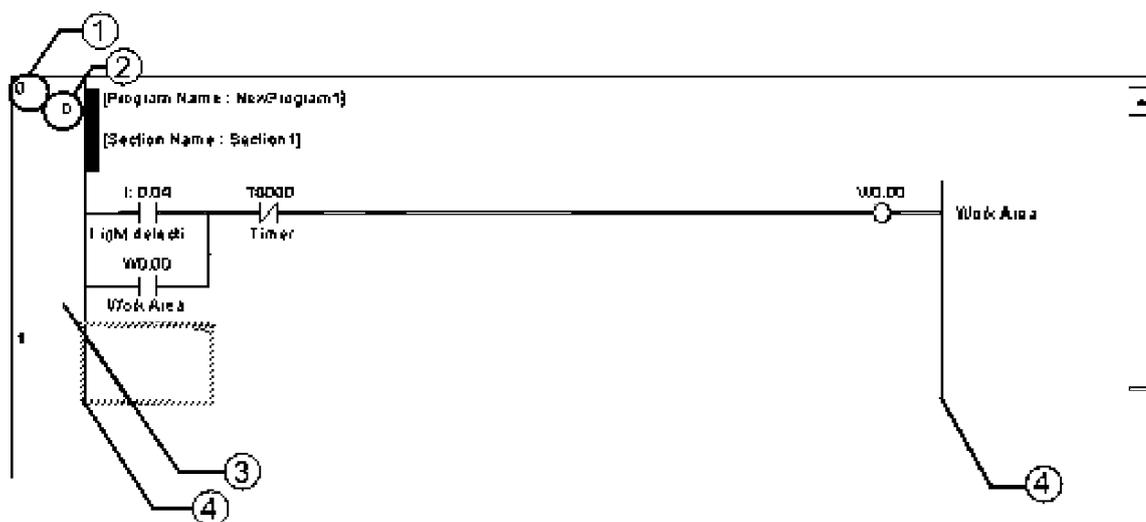
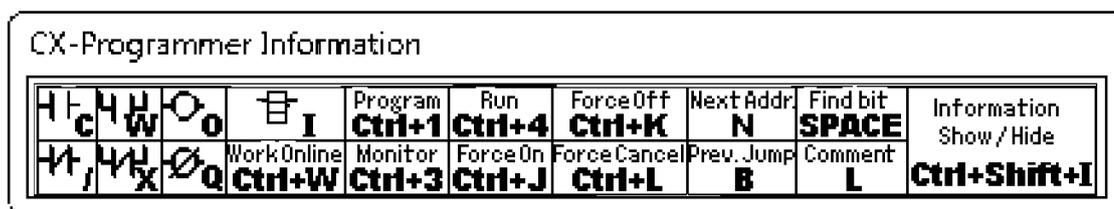


Рисунок 22 – Рабочая область программ

Рисунок 22:

- 1) номер строки программы;
- 2) номер шага программы;
- 3) заголовок строки программы (если программа содержит ошибку, справа от ее заголовка отображается красная линия);
- 4) шина.

На рисунке 23 представлено информационное окно, которое отображает основные «горячие» клавиши, используемые в CX-Programmer. Для того чтобы отобразить или скрыть информационное окно, в главном меню выберите View (Вид) - Windows (Окна) - Information Window (Информационное окно).



CX-Programmer Information										
					Program	Run	ForceOff	Next Addr	Find bit	Information Show / Hide
					Ctrl+1	Ctrl+4	Ctrl+K	N	SPACE	
				WorkOnline	Monitor	ForceOn	ForceCancel	Prev. Jump	Comment	Ctrl+Shift+I
				Ctrl+W	Ctrl+3	Ctrl+J	Ctrl+L	B	L	

Рисунок 23 – Информационное окно

4.2 SCADA-система Trace Mode 6

Trace mode 6 (adastra research group, ltd) предназначена для автоматизации промышленных предприятий, энергетических объектов, интеллектуальных зданий, объектов транспорта, систем энергоучета и т.д. Масштаб систем автоматизации, создаваемых в TRACE MODE, может быть любым – от автономно работающих управляющих контроллеров и рабочих мест операторов (АРМ) до территориально распределенных систем управления, включающих десятки контроллеров и АРМ, обменивающихся данными с использованием различных коммуникаций – локальной сети, интранета/интернета, последовательных шин на основе RS- 232/485, выделенных и коммутируемых телефонных линий, радиоканалов и GSM/GPRS-сетей. Причем, благодаря наличию в составе TRACE MODE 6 компонентов T-Factory.exe, появляется возможность комплексной автоматизации управления как технологическими, так и бизнес-процессами про-

изводства для достижения высокой экономической эффективности и быстрого возврата инвестиций.

TRACE MODE 6 располагает встроенными драйверами, позволяющими подключать более двух тысяч четырехсот наименований устройств ввода/вывода – программируемых логических контроллеров, удаленного УСО, плат ввода/вывода и промышленных сетей. Поддержка спецификаций OPC DA и HDA, протоколов DDE и NetDDE, а также открытый формат драйвера ввода/вывода и возможность прямого обращения к динамическим библиотекам (DLL) средствами языка программирования ST определяют беспрецедентные возможности по включению в состав систем автоматизации, разрабатываемых в TRACE MODE, разнообразного оборудования и обмену данными с внешними приложениями.

Системы, создаваемые в TRACE MODE 6, могут быть как информационно-измерительными (мониторинг), так и управляющими (НЦУ). Архитектура таких систем в свою очередь может быть как централизованной, так и распределенной, в зависимости от заданных требований.

Особое место отводится системам, использующим свободно-программируемые контроллеры (PC-based и/или PAC-контроллеры), поскольку в этом случае в TRACE MODE 6 применяется единый инструмент создания информационного и математического обеспечения, как для АРМ верхнего уровня, так и для контроллеров, реализующих нижний уровень в иерархии систем автоматизации. Использование технологии автопостроения и подход к разработке проекта распределенной системы автоматизации как единого проекта существенно повышают производительность труда разработчиков систем, значительно уменьшая долю рутинных ручных операций и снижая количество ошибок, неизбежных в больших проектах. Надежный и высокопроизводительный обмен данными между контроллерами и АРМ в TRACE MODE 6 обусловлен использованием логического сетевого протокола I-Net (поверх TCP/IP), или M-Link. Хранение и доступ к накапливаемой информации реализуются через мощную систему архивирования технологических параметров СУБДРВ SIAD 6.

Динамические характеристики и надежность создаваемого в TRACE MODE программного обеспечения позволяют применять разработанные системы автоматизации в таких отраслях промышленности, как нефтехимия, металлургия, энергетика, машиностроение, коммунальное хозяйство, пищевая промышленность, транспорт, а также при проведении научных исследований.

4.3 Составления пересечения переменных

В ходе исследования лабораторного стенда был составлен список обмена переменных со SCADA, представленный в таблице 19.

Таблица 19 – Обмен со SCADA

№	OUTPUT	INPUT	Адрес переменной в контроллере
1	OMRON#ControlWord_w	управления_из_TM	D110
2	управления_из_TM	OMRON#ControlWord_R	D110
3	Start_INV Stop_INV Клапан	OMRON#Outputs_R	CIO100.00 CIO100.01 CIO100.02
4	OMRON#Outputs_w	Start_INV Stop_INV Клапан	CIO100.00 CIO100.01 CIO100.02
5	OMRON#Клапан_w	Клапан_из_TM	D111
6	TM_Preset_см_пром1	OMRON#Preset_R	D1200
7	OMRON#Preset_W	TM_Preset_см	D1200
8	TM_Preset_P	OMRON#Preset_P_R	D1001
9	TM_Preset_I	OMRON#Preset_I_R	D1002
10	TM_Preset_D	OMRON#Preset_D_R	D1003
11	OMRON#Preset_P_W	TM_Preset_P	D1001
12	OMRON#Preset_I_W	TM_Preset_I	D1002
13	OMRON#Preset_D_W	TM_Preset_D	D1003
14	OMRON#Start_PID_W	Пуск_регулятора_TM	D1109
15	OMRON#Screen_W	Screen	D1109
16	OMRON#Start_Stop_FC	Пуск_Стоп_ПЧ_TM	D1108
1	2	3	4

1	2	3	4
17	PD100_в_TM	OMRON#PD100_mA	D101
18	LK3123_в_TM	OMRON#LK3123_B	D100
19	DMP331_в_TM	OMRON#DMP331_mA	D102
20	-	OMRON#25	D1201
21	OMRON#26	TM_Present_в_ед	D1202
22	-	OMRON#D1211_LK	D1211
23	OMRON#D1212_LK	D1212	D1212
24	-	OMRON#D1221_PD	D1221
25	OMRON#1222_PD	-	D1222
26	-	OMRON#1231_PX	D1231
27	OMRON#1232_PX	-	D1232
28	OC_для_PID_PX200_2	OMRON#D1242	D1242
29	OMRON#D1243	OC_для_PID_PX200_3	D1243
30	OC_для_PID_PX200_4	OMRON#D1244	D1244
31	OMRON#D1245	OC_для_PID_PX200_5	D1245
32	LK3123	OMRON#LK3123	CIO1
33	PD100	OMRON#PD100	CIO2
34	DMP331	OMRON#DMP331	CIO91
35	PXS200_в_TM	OMRON#PX200	D103
36	PXS200	OMORON#Inputs	CIO0.00
	LK3123_diskr		CIO0.08
	DG_1		CIO0.09
	DG_2		CIO0.10
	DG_3		CIO0.11

Переменные DG1, DG2, DG3, LK3123_diskr, PXS200 являются входными дискретными сигналами поступающие с датчиков уровня. Входными переменными с датчиков так же являются PD100, DMP331, LK3123, но с аналоговым сигналом. Сигнал, поступающий с ультразвукового датчика уровня P&F 6GR6231-3RS00 в переменную PXS200, с помощью скоростного счетчика подсчитывается количество импульсов и их записывают в переменную

PXS200_в_TM. Переменные Start_INV , Клапан являются дискретными выходными сигналами для пуска/остановки ПЧ и открытия/ закрытия электромагнитного клапана.

Таблица 20 – Пересечения переменных программы контроллера

№	Выходная переменная	Входная переменная	Адрес выходной и входной переменной
1	TM_Preset2	Preset	D1203 → D1100
2	TM_Preset_P	Preset_P	D1001 → D1101
3	TM_Preset_I	Preset_I	D1002 → D1102
4	TM_Preset_D	Preset_D	D1003 → D1103
5	TM_Preset_см	-	D1200 → D1201 D1200 → D1211 D1200 → D1221 D1200 → D1231
6	LK3123_в_TM PD100_в_TM DMP331_в_TM PX200_в_TM	OC	D100 → D125 D101 → D125 D102 → D125 D103 → D125
7	OC_для_PID_PXS200_3	OC_для_PID_PXS200_4	D1243 → D1244
8	Времянка 1	Freq_INV -	D129 → CIO101 D129 → CIO190
9	-	Freq_INV	CIO90 → D129
10	-	-	CIO90 → CIO190
11	- TM_Preset_в_ед - -	TM_Preset2	D1212 → D1203 D1202 → D1203 D1222 → D1203 D1232 → D1203
12	OC_для_PID	OC_для_PID_main	D127 → D1240
13	LK3123	LK3123_в_TM	CIO1 → D100
14	PD100	PD100_в_TM	CIO2 → D101
15	DMP331	DMP331_в_TM	CIO91 → D102

В зависимости от выбранного экрана в профайлере выполняется определенная часть программы в контроллере. Так, например, если переменная Screen равна единицы выполняется подпрограмма «PID_регулятор_уровня», часть подпрограммы «выходные_сигналы» и все остальные, при Screen равное двум так же выполняется часть подпрограммы «выходные_сигналы», но подпрограмма «PID_регулятор_уровня» не выполняется, так как происходит ручное управления из профайлера. Выполняя лабораторную работу «Система автоматического регулирования» после задачи коэффициентов ПИД регулятора и уставки, которые идут в переменные TM_Preset_P, TM_Preset_I, TM_Preset_D и TM_Preset_cm соответственно, необходима, выбрать датчик с помощью которого будет осуществляется автоматическое регулирования уровня. В зависимости от выбранного датчика будут выполняться определенные части программы. Подробный алгоритм выполнения программы смотри на лист 3.

5.1 Имитационная модель объекта управления

Имитационное моделирование (англ. simulation modeling) — метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация — это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

В данной работе для создания модель объекта использован пакет Simulink программы Matlab. Simulink представляет из себя графическую среду разработки, в которой из библиотеки стандартных блоков можно создать модель объекта управления. Simulink широко используется в системах автоматического управления и цифровой обработки сигналов для многодоменного моделирования и моделирования на основе моделей. При создании модели объекта использовались две библиотеки Simulink и OPC Toolbox, вторая библиотека необходима для обмена входных и выходных сигналов модели с другими приложениями посредством OPC сервера.

На рисунке 24 представлена модель объекта рассмотрим ее подробнее. С помощью блока OPC Read происходит чтение переменных с OPC сервера, передаваемых на него с Codesys проекта. К блок OPC Write подключены аналоговые сигналы, которые передаются на OPC сервер от куда дальше считываются Codesys и TraceMode. блок OPC Write1 передает сигналы так же как и предыдущий блок, но только дискретные сигналы.

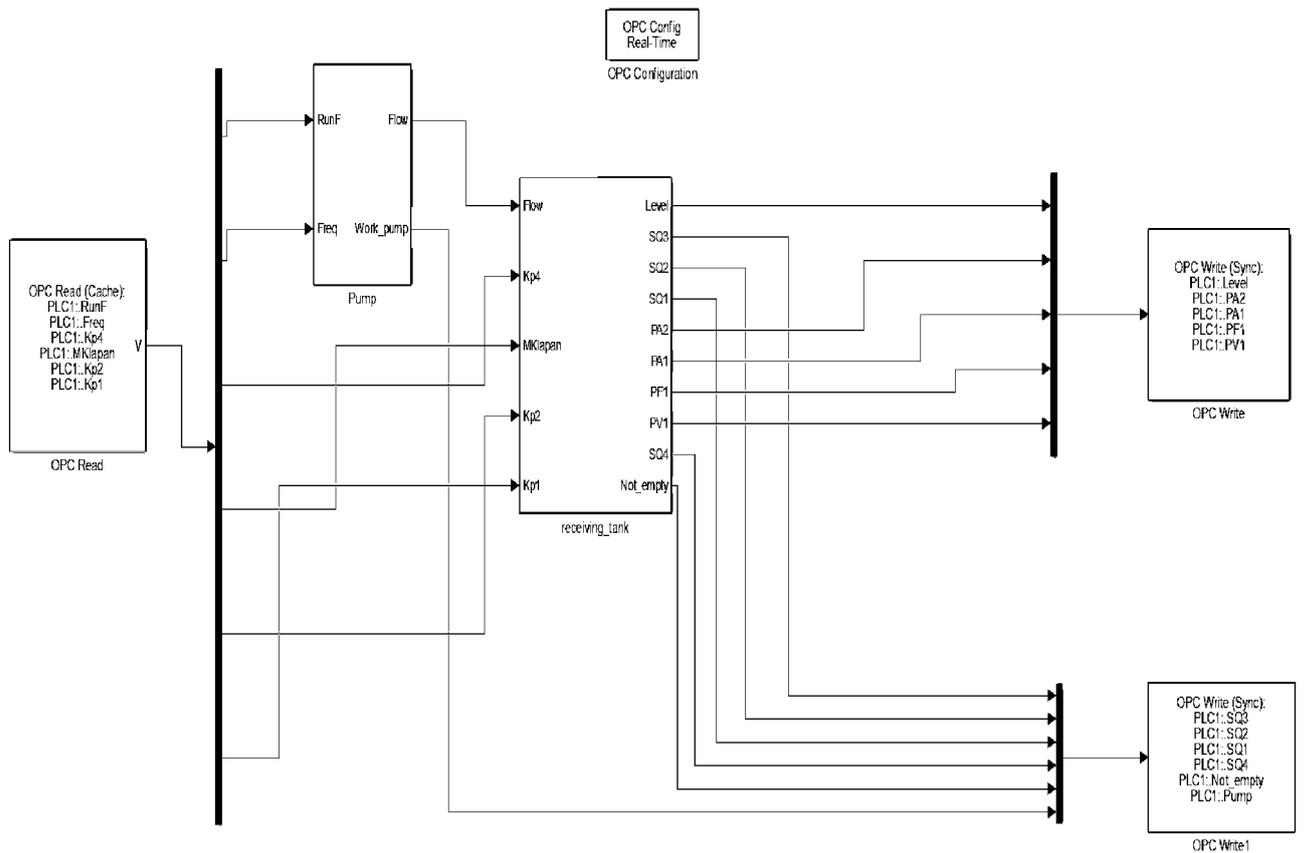


Рисунок 24 – Модель объекта управления в Simulink

Подсистемы Pump и receiving_tank, которые далее так же рассмотрим подробно, представлены на рисунках 25 и 26 соответственно. Подсистема Pump состоит из передаточной функции, переключателя, и сигналов приходящих в модель с OPC сервера. Если дан сигнал старт (RunF) переключатель срабатывает и на вход передаточной функции приходит аналоговый сигнал Freq, в котором передается заданная частота вращения. Далее аналоговый сигнал Flow передается подсистеме receiving_tank, а дискретный сигнал в Codesys и служит как вспомогательный сигнал для визуализации.

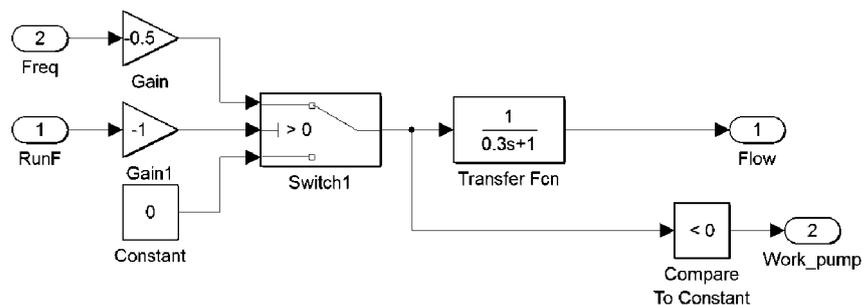


Рисунок 25 – Подсистема Pump

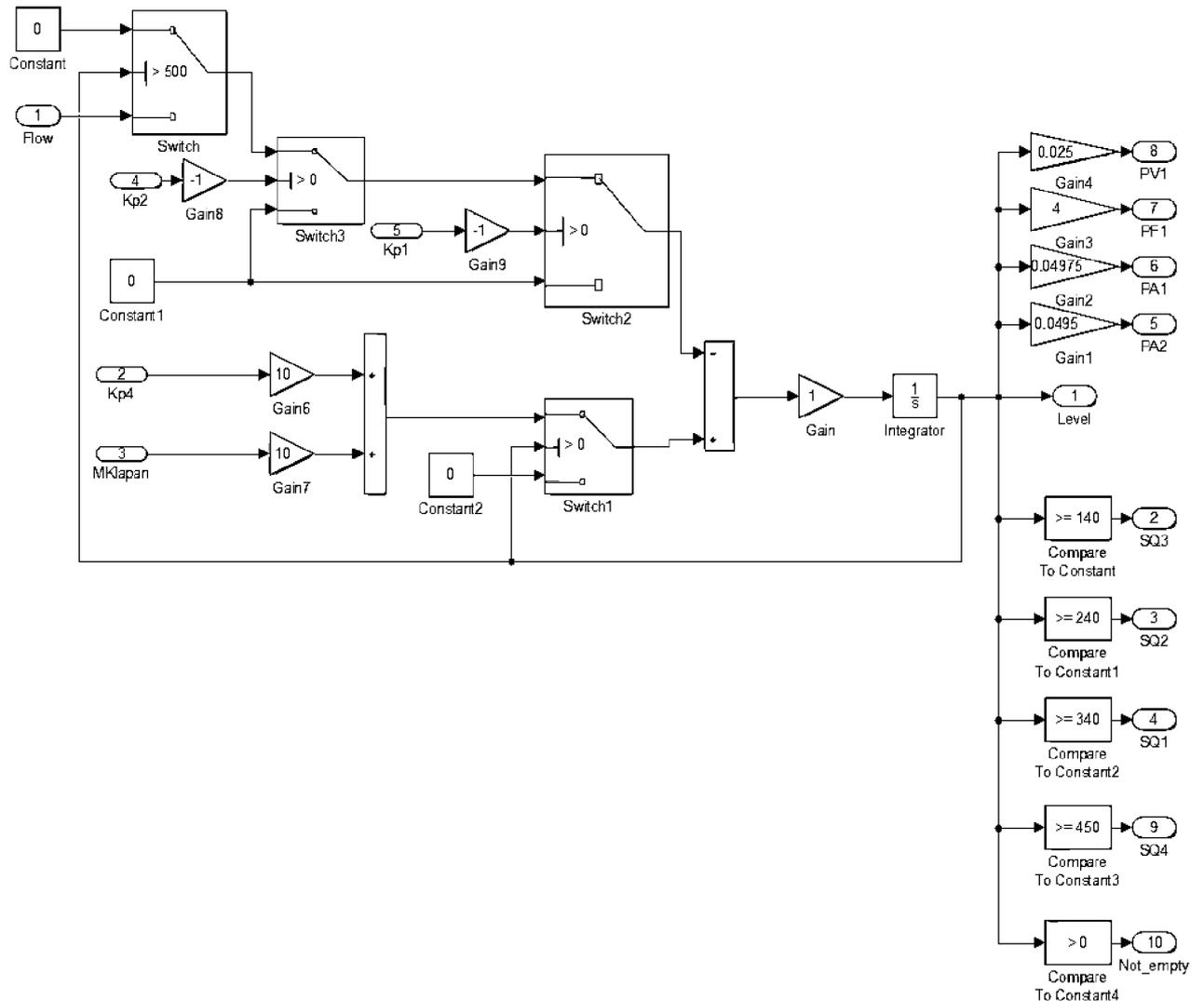


Рисунок 26 – Подсистема receiving_tank

В подсистеме receiving_tank переключатели Switch2, Switch3 имитирует работу шаровых кранов Kp1, Kp2 (рисунок 18). Если с Codesys приходит сигнал о том, что клапан открыт сигнал Flow проходит дальше тем самым имитируется забор воды из питательного бака в приемный. Переключатель Switch1 используется для имитации слива жидкости из приемного бака обратно в питательный. Если уровень в приемном баке не ноль, то происходит переключение переключателя и на сумматор приходит сигнал от шарового крана Kp4, и электромагнитного клапана Kп1. Через входные порты подсистемы PV1, PF1, PA1, PA2 передается сигналы в Codesys, где используются для отображения показания аналоговых датчиков уровня в визуализации лабораторного стенда. Дис-

кретные датчики уровня ПДУ-1.1 установлены на определенной высоте, их срабатывание имитируется с помощью блоков сравнения с константой. В подсистеме они представлены сигналами SQ1 ,SQ2 ,SQ3 дискретные датчики уровня и SQ4 аварийный датчик уровня, подающий сигнал на преобразователь частоты об остановке работы насоса.

5.2 Визуализация лабораторного стенда в Codesys

Для создания визуализации был использован редактор визуализации Codesys, который представляет набор готовых графических элементов. Каждый элемент имеет собственный набор свойств, которые могут быть связаны с переменными проекта. Полная визуализация проекта представлена в ПРИЛОЖЕНИИ Д. Далее рассмотрим визуализацию по частям, на рисунке 27 представлена визуализация модуля «Питание стенда» стойки управления.

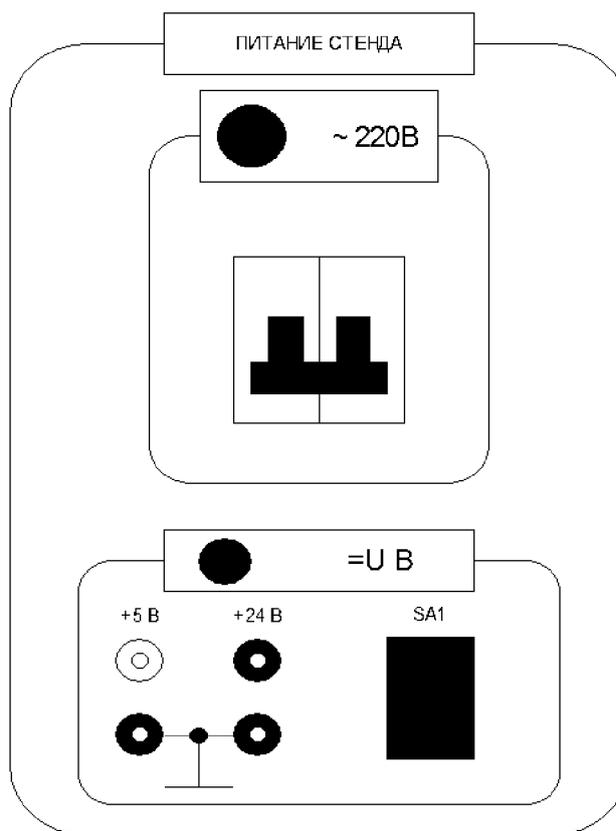


Рисунок 27 – Визуализация модуля «Питания стенда» в Codesys

Для запуска визуальной модели стенда необходимо переключить автоматический выключатель стенда при этом загорится индикатор подачи напряже-

ния 220В, для подачи низковольтного питания необходимо переключить переключатель SA1, при этом так же будет гореть индикатор поданного напряжения.

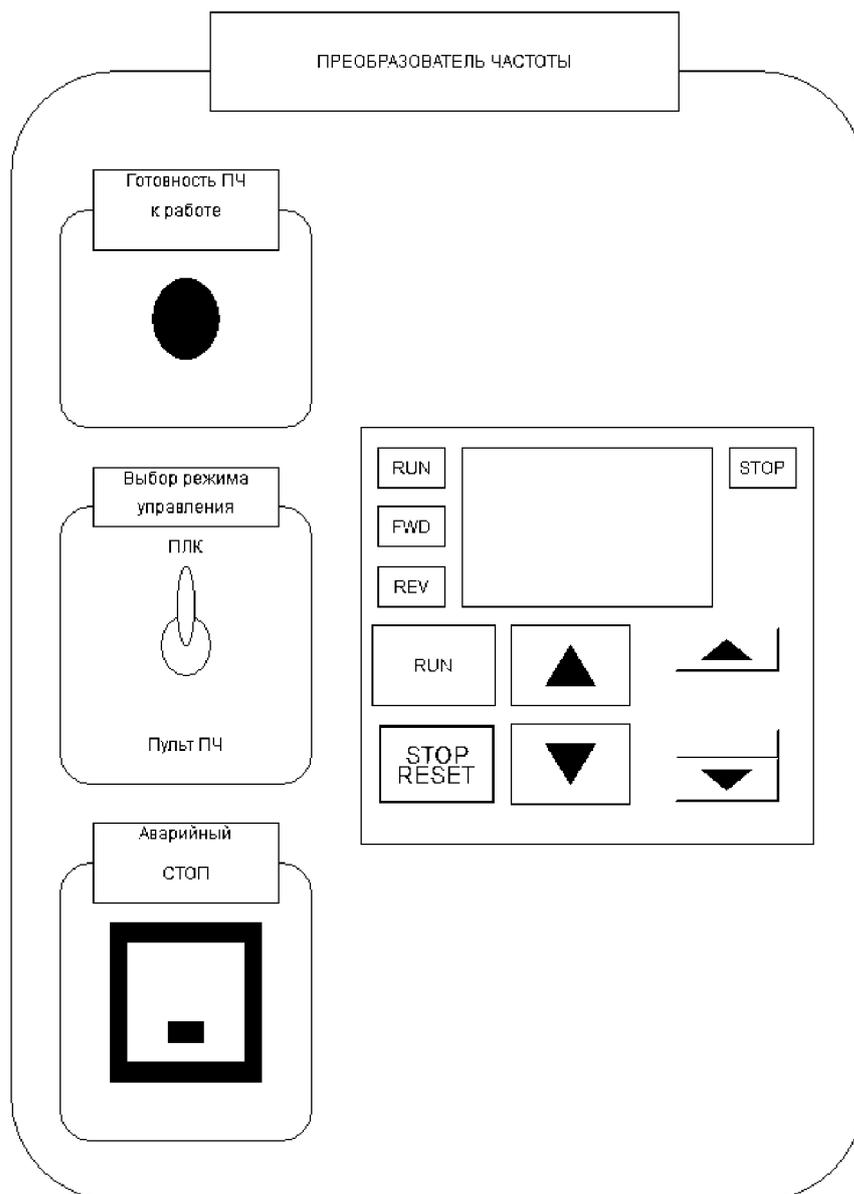


Рисунок 28 – Визуализация модуля «Преобразователь частоты»

На рисунке 28 представлена визуализация модуля «Преобразователь частоты». В данной визуализации предоставлен выбор ручного или автоматического управления, аварийной остановки, в ручном режиме с помощью ползунка или кнопок со стрелкой можно задать частоту, и нажав кнопку RUN запустить насос, для остановки нужно нажать кнопку STOP. Состояние ПЧ отображается

с помощью индикации RUN, FWD, REV, STOP, где FWD индикация о прямом вращении привода, а REV в обратном. В случае если на дисплей показывается надпись ERROR, необходимо в ручном режиме нажать кнопку STOP/RESET для сброса аварийной блокировки. Индикация готовности ПЧ к работе показывает о подданном напряжении и отсутствием аварийной блокировки. При выборе режима управления «ПЛК» управление уровнем ведется из Trace Mode, где так же можно управлять в ручную или запустить режим автоматического управления уровнем.

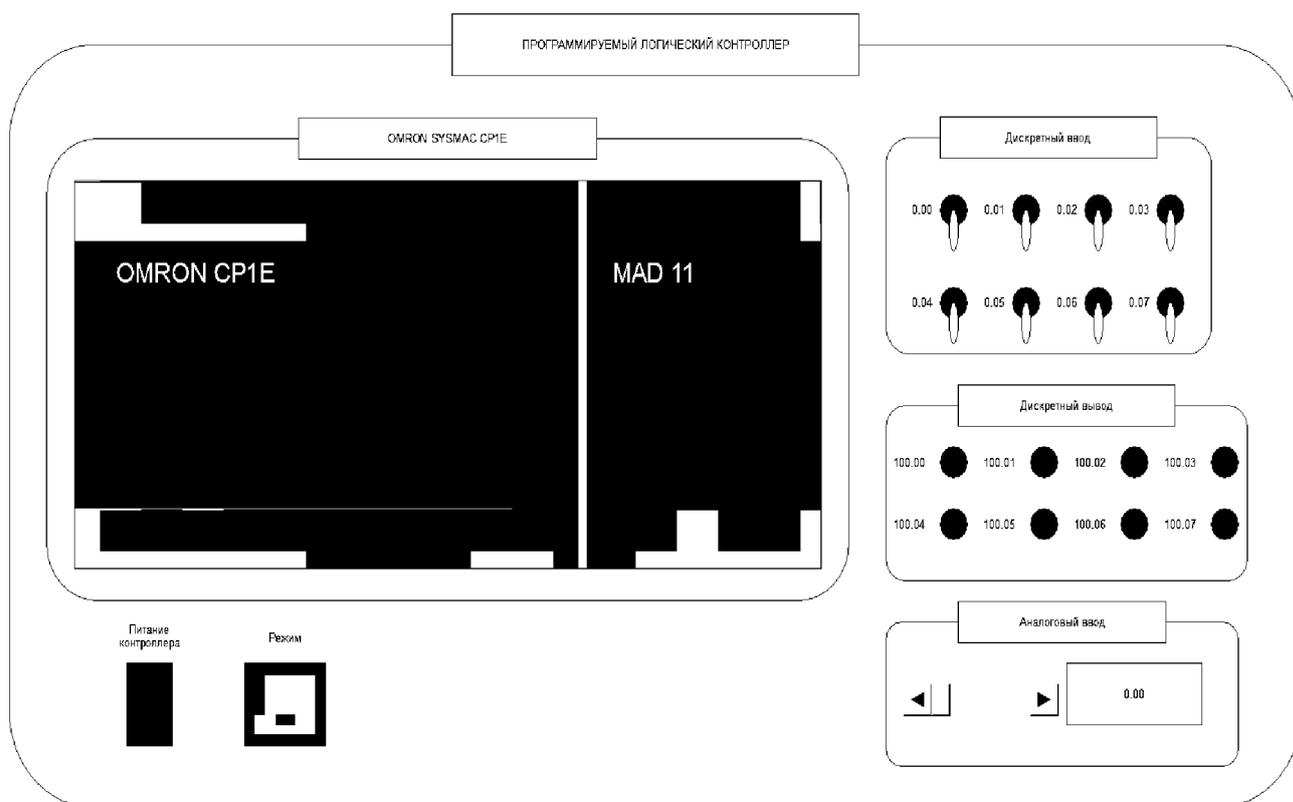


Рисунок 29 – Визуализация модуля «Программируемый логический контроллер» в Codesys

Для работы в модуле «Программируемый логический контроллер» необходимо с помощью кнопки «Питание контроллера» подать питание, кроме того должны быть активированы питания стенда и низковольтное питание. Данный модуль имитирует работу контроллера.

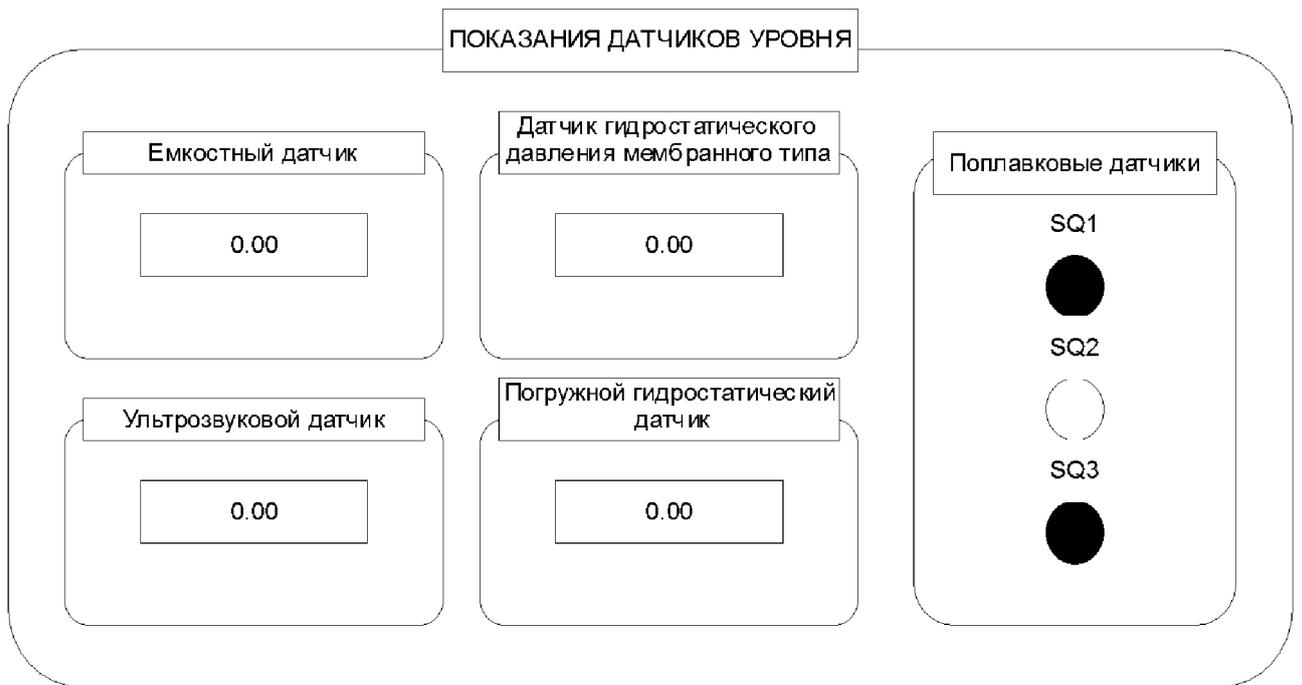


Рисунок 30 – Визуализация модуля «Показания датчиков уровня» в Codesys

Для отображения показаний аналоговых и срабатывание дискретных датчиков была создана визуализация модуля «Показания датчиков уровня». На рисунке 31 представлена визуализация контроля уровня. В данной части визуализации можно видеть работу насоса или открытие клапанов, идет набор в приемный бак или слив жидкости из приемного бака в питательный.

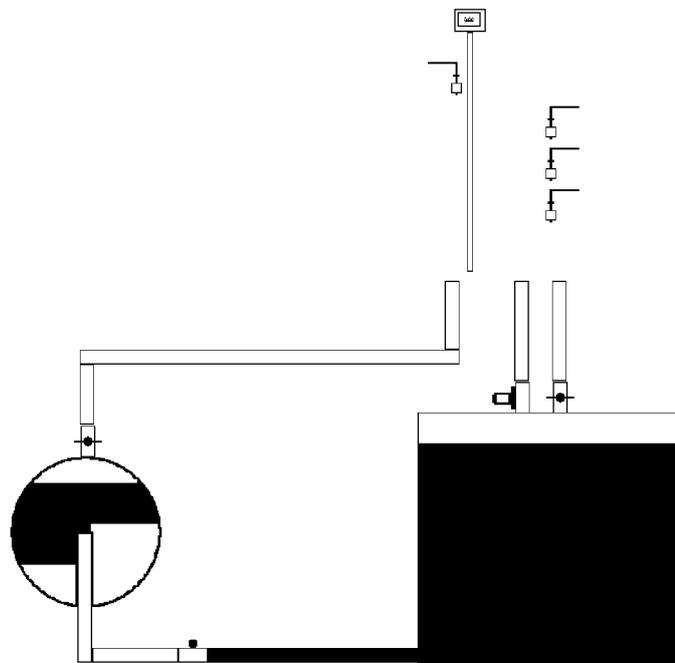


Рисунок 31 – Визуализация контроля уровня

5.3 Разработка SCADA системы для управления моделью

Для разработки SCADA системы была выбрана среда разработки Trase mode. После создание проекта необходимо добавить источники и приемники, в нашем случае были созданы OPC компоненты, представленные на рисунок 32. Данные компоненты можно сконфигурировать как источник или приемник, задать имя компоненты, выбрать формат сигнала аналоговый или дискретный, выбрать сервер OPC и имя переменной, с которой данный компонент будет связан. На рисунке 33 показан пример настройки компонента как приемник (input) с именем OPC#SQ1, в качестве источника был выбран OPC сервер Codesys переменная SQ1, с передачей сигнала в дискретном виде.

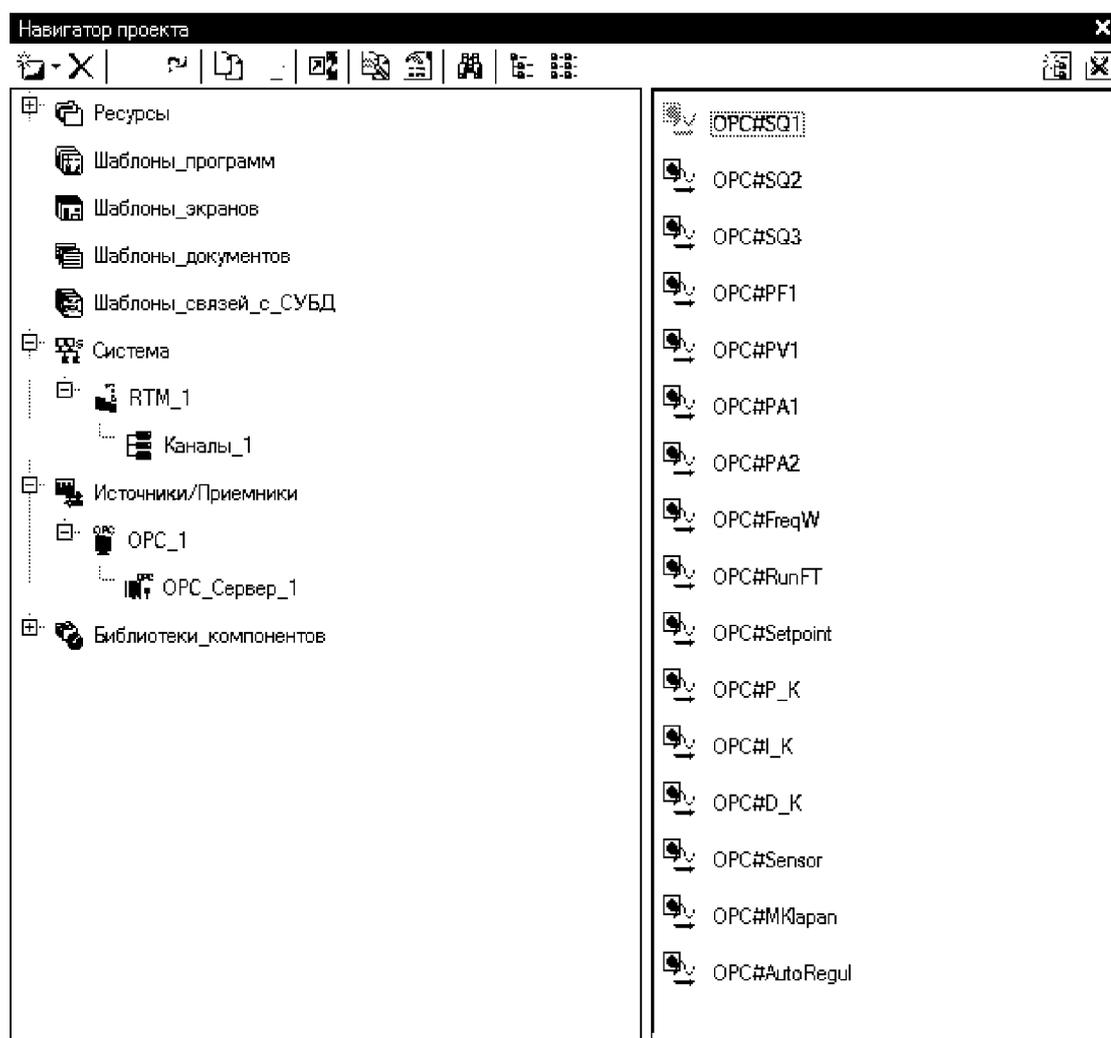


Рисунок 32 – Созданные компоненты источников и приемников OPC сервера

Основные	
Имя	OPC#SQ1
Кодировка	TW0
Комментарий	
Справка	
Параметры	
Сервер	CoDeSys.OPC.02 Обзор
CLSID	{7904C302-AC19-11d4-9E1E-00105A4AB1C6}
Идентификатор	PLC1..SQ1
Режим	SYNC/CACHE
Направление	Input
Формат	Дискрет

Рисунок 33 – Конфигурация компоненты OPC

Далее для перевода первичных сигналов уровня в сантиметры была создана группа каналов «Уровень». К четырем каналам в зависимости от диапазона измерения были подобраны соответствующие множители, с помощью которых исходный сигнал переводится в уровень в сантиметрах. На рисунке 34 показан пример на одном из каналов.

Имя		Канал#PF1	Кодировка	TCS	Справка																								
Комментарий																													
Границы		Обработка		Системные																									
<input type="checkbox"/> Использовать	<input checked="" type="checkbox"/> Использовать																												
ВП	0	Апертура	0	Основные																									
ВА	0	Пик	0	Тип	Input																								
ВГ	0	Сглаж.	0	Размерность	...																								
НГ	0	Множитель	0.25	Период	1 цикл CALC																								
НА	0	Смещение	0	Автопосылка	<input type="checkbox"/> Включить																								
НП	0	<input checked="" type="checkbox"/> Масштабирование																											
Гистерезис	0	<table border="0"> <tr> <td>Max</td> <td>In</td> <td>Множитель</td> <td>Смещение</td> <td>A</td> <td>Max</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>*</td> <td>+</td> <td>=</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td></td> <td>0.25</td> <td>0</td> <td></td> <td>Min</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Рассчитать</td> </tr> </table>				Max	In	Множитель	Смещение	A	Max			*	+	=		Min		0.25	0		Min	Рассчитать					
Max	In	Множитель	Смещение	A	Max																								
		*	+	=																									
Min		0.25	0		Min																								
Рассчитать																													
<input type="checkbox"/> Контроль границ																													
Индекс																													
<input type="checkbox"/> Отработать																													
На старте		0																											
Архивация		Дополнительно																											

Рисунок 34 – Пример настройки канала

В узле создаем графический экран рисунок 35. С помощью редактора графического экрана предаем ему нужный облик, задаем необходимые свойства графических элементов на экране .

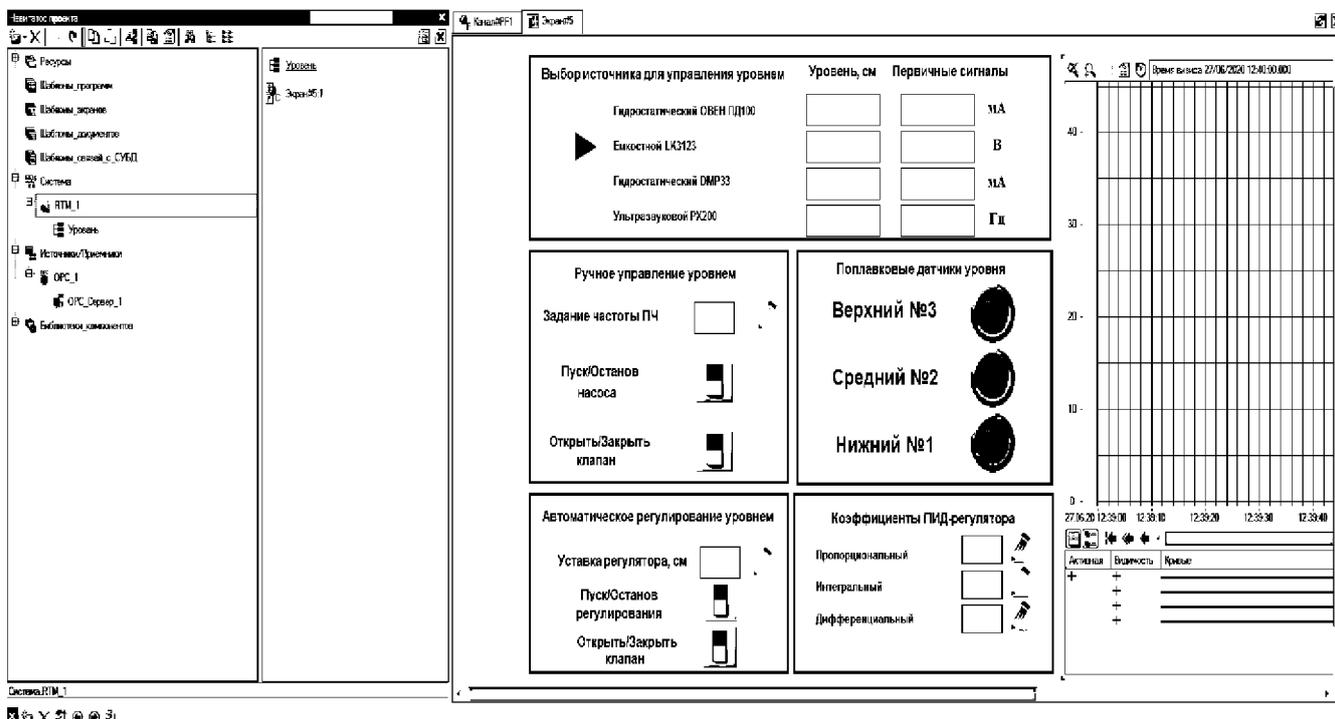


Рисунок 35 – Графический экран

Для выбранных элементов осуществляем привязку соответствующими каналами, источниками и приемниками. На рисунке 36 представлены все привязки проекта.

Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка
Канал_PPF1_R	IN	REAL		Канал#PF1:Реальное значение (Система.RTM_1.Уровень)
Канал_PV1_R	IN	REAL		Канал#PV1:Реальное значение (Система.RTM_1.Уровень)
Канал_PA1_R	IN	REAL		Канал#PA1:Реальное значение (Система.RTM_1.Уровень)
Канал_PA2_R	IN	REAL		Канал#PA2:Реальное значение (Система.RTM_1.Уровень)
OPC_SQ3_VALUE	IN	REAL		OPC#SQ3:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_SQ2_VALUE	IN	REAL		OPC#SQ2:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_SQ1_VALUE	IN	REAL		OPC#SQ1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_RunFT_VALUE	OUT	REAL		OPC#RunFT:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_MKkapan_VALUE	OUT	REAL		OPC#MKkapan:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_Setpoint_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#Setpoint:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_P_K_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#P_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_I_K_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#I_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_D_K_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#D_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_Sensor_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#Sensor:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_FreqW_VALUE	IN/OUT	REAL		OPC#FreqW:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_PPF1_VALUE	IN	REAL		OPC#PF1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_PA1_VALUE	IN	REAL		OPC#PA1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_PV1_VALUE	IN	REAL		OPC#PV1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_PA2_VALUE	IN	REAL		OPC#PA2:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)
OPC_AutoRegul_VALUE	OUT	BOOL		OPC#AutoRegul:Значение (Источники/Приемники.OPC_1.OPC_Сервер_1)

Рисунок 36 – Привязки проекта с графическими элементами экрана

6 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИЙ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность при выполнении лабораторных работ является неотъемлемой частью учебного процесса. Несоблюдение правил техники безопасности могут привести к необратимым последствиям. Для предупреждения нарушения техники безопасности и их последствия, раз в семестр перед началом занятий преподаватель, ведущий лабораторные занятия, проводит инструктаж по технике безопасности и работы с электрооборудованием. Данные о прохождении инструктажа фиксируется в журнале с личной подписью студента и преподавателя, проводившего его.

Лабораторный стенд «Промышленные датчики уровня» подключен к сети с напряжением 220В, которое представляет серьезную опасность. Поэтому к выполнению лабораторных работ допускаются лица прошедшие инструктаж по технике безопасности и получившие допуск от преподавателя на выполнения данной лабораторной работы. Допуск – это краткое собеседование, в результате которого выясняется знания студента о предстоящей работе и умении правильно и безопасно использовать лабораторное оборудование.

Требование перед началом работы:

- получив допуск, студенту необходимо осмотреть лабораторный комплекс на предмет повреждений корпуса стенда, изоляции сетевых проводов;
- регуляторы напряжения источников питания должны быть приведены в крайнее левое (нулевое) положения;
- подключить вилки к электросети и перевести положение «ВЫКЛ» автомата электропитания стенда в положение «ВКЛ»;
- после не обнаружения неисправностей и при запитанном оборудовании, с разрешения преподавателя приступить к выполнению работы.

Запрещается приступать к работе:

- при обнаружении неисправности приборов;

- при наличии видимых повреждений питающих и соединительных кабелей.

Требование при аварийных ситуациях:

- при обнаружении во время работы необычного шума, запаха дыма или гари необходимо отключить электропитание лабораторного комплекса и сообщить об этом преподавателю;

- при возгорании оборудования необходимо отключить оборудование от электропитания и принять меры по тушению, имеющимся средствами в лаборатории. В случае необходимости вызвать пожарную службу;

- при поражении электрическим током необходимо освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроустановку или выключив автомат - выключатель, что обесточит всю лабораторию. После оказать первую медицинскую помощь и вызвать скорую, сообщить преподавателю.

Недопустимо:

- продолжать эксплуатировать лабораторный комплекс при постороннем шуме и запахе гари;

- прикасаться к пострадавшему без предварительного отключения электрооборудования от сети;

- прекращать реанимационные мероприятия до прибытия скорой помощи, только врач может констатировать смерть.

Требование техники безопасности по окончании лабораторных работ:

- после выполнения лабораторных работ, обратиться к преподавателю показать работающую установку и получить разрешение на окончание работ.

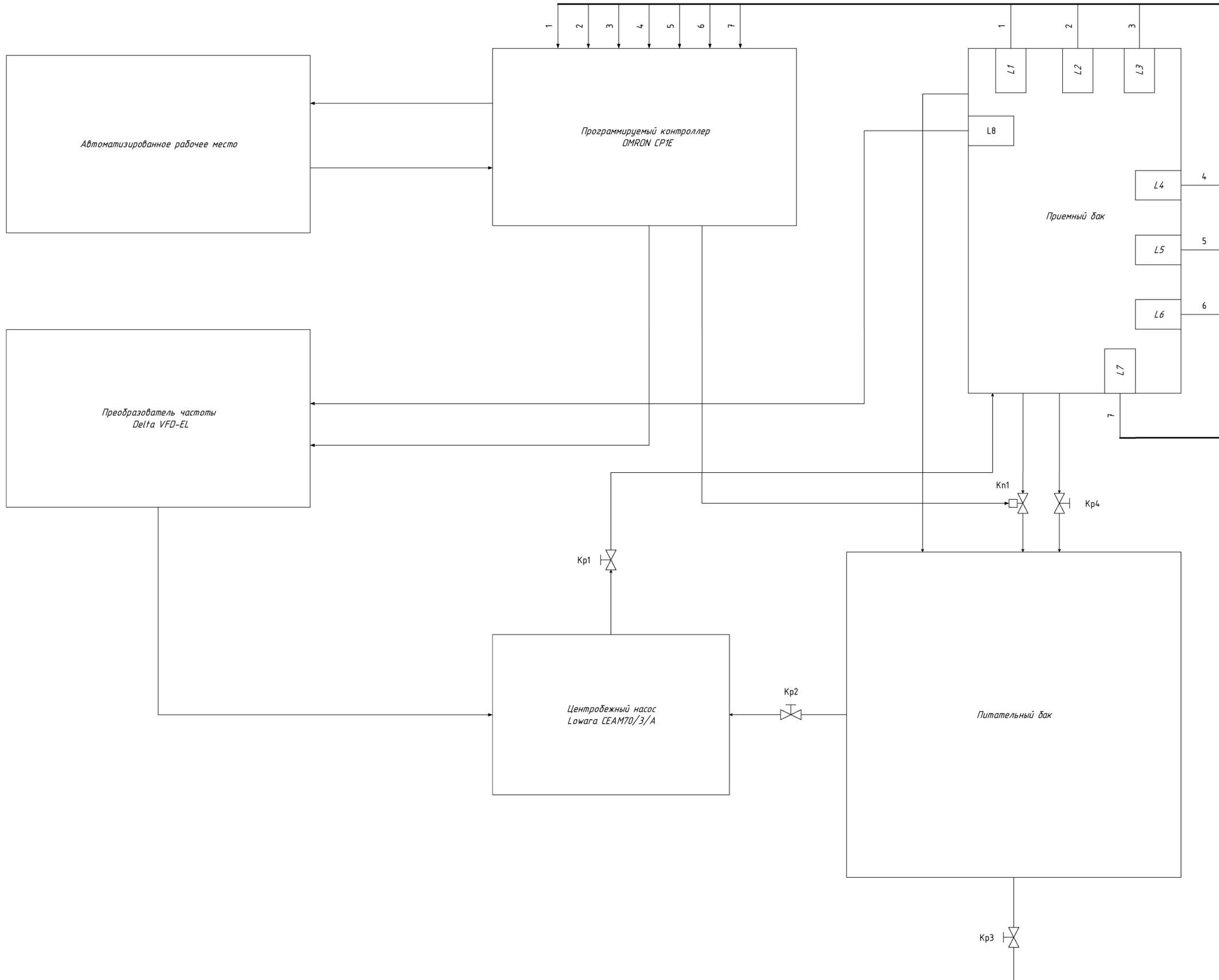
- перевести лабораторный стенд в начальное состояние до начала работ, переведя все выключатели в положение «ВЫКЛ», регулятор напряжения перевести в крайнее левое (нулевое) положение; выключить тумблер автомат - выключателя на блоке питания стенда, вынуть вилки шнуров питания стенда из сетевых розеток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было проведено исследование лабораторного стенда, а именно его аппаратной и программной части. Также была составлена структурная и принципиальная электрическая схема, ввиду их отсутствия в технической документации, прилагаемой к лабораторному стенду. Была разработана визуализация стенда в программе CoDeSys v2.3, имитационная модель в среде математического моделирования Simulink и АРМ в программе TRACE MODE 6.

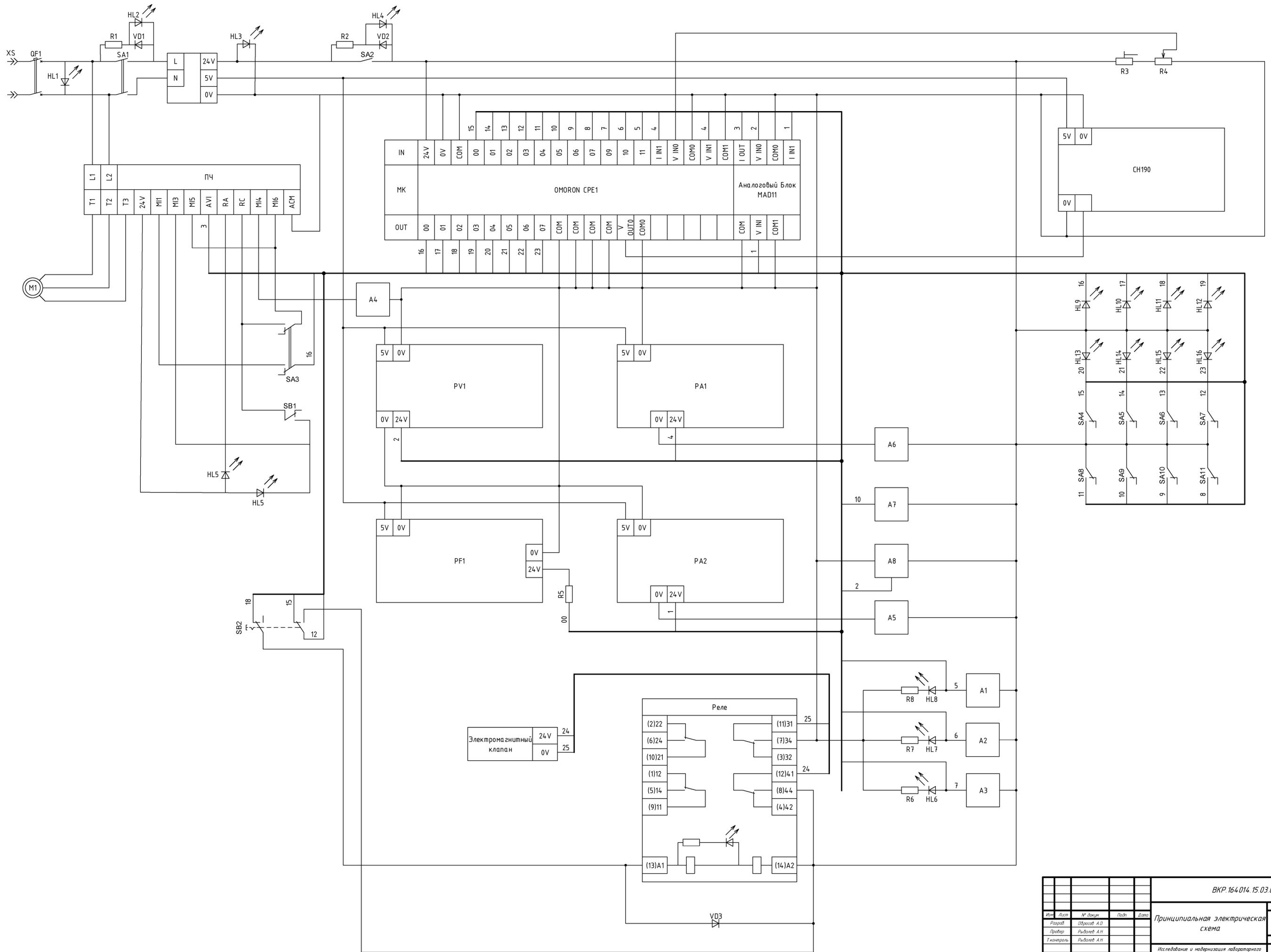
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Модуль ЦПУ CP1L: Вводное руководство. – Omron, 2007. – 165с.
2. Учебное оборудование «Система автоматического регулирования уровня». Сайт «Учтех - профи» URL:
http://labstand.ru/catalog/sistemy_avtomaticheskogo_regulirovaniya_i_upravleniya_tipovoy_komplekt_uchebnogo_oborudovaniya_sistema_avtomaticheskogo_upravleniya_urovnya_ispolnenie_ste_5254. (дата обращения 20.04.2020)
3. Руководство пользователя TRACE MODE 6. Том2 – Москва 2008 517с.
4. Руководство пользователя TRACE MODE 6 & T - FACTORY Быстрый старт Москва 2010 181с.
5. Преобразователь частоты серии VFD - EL Руководство по эксплуатации. 2007г. 216 с.
6. Методические указания (ПДУ - СК) Челябинск 2013. – 64с..
7. Описание Simulink. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Simulink> (дата обращения 25.04.2020)
8. Использование OPC-сервера 3S Software для подключения контроллеров системы CoDeSys к компьютеру. Методическое пособие. URL: <https://forum-ru/codesys.com/download/file.php?id=130> (дата обращения 10.05.2020)
9. Рыбалев А.Н. Имитационное моделирование АСУ ТП. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2019. – 408с.
10. Визуализация CoDeSys. Дополнение к руководству пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 2008. – 103с.
11. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2008. – 452с



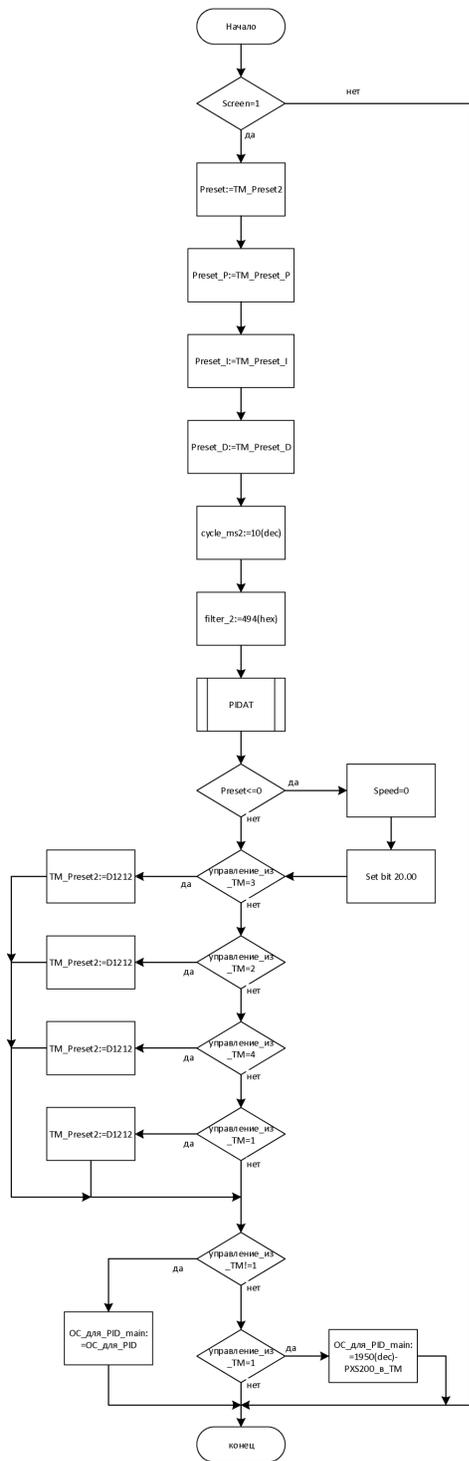
Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Запорная и регулирующая арматура		
			Кр1	Задвижка клиновья		
			Кр2, Кр3, Кр4	Кран шаровый		
			Кп1	Клапан электромагнитный		
				Датчики уровня		
			L1	ПД100-ДГ		
			L2	P&F 6GR6231-3SR00		
			L3	ЛК 3123		
			L4, L5, L6, L8	ПДУ-1.1		
			L7	DMP 331		

ВКР 164.014.15.03.04.СХ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Масштаб
Разраб.	Ойрсов А.О.				4
Пробр.	Рыбаев А.Н.				Лист 1
Т.контр.	Рыбаев А.Н.				Листов 6
Н.контр.	Скряпка Д.В.				Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»
Увед.	Скряпка Д.В.				АМГУ гр. 641 0б

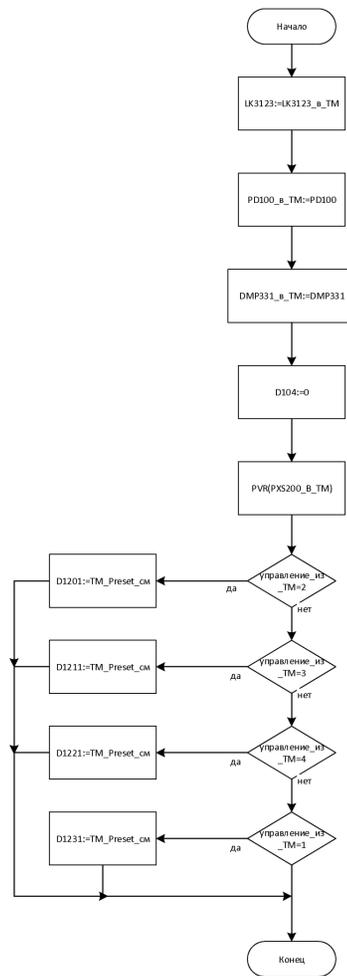


					ВКР 164.014.15.03.04.СХ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Принципиальная электрическая схема		
Разработ.	Обработ.	Провер.	Рисован.	Технолог.			
					Лист 2	Листов 6	
					Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования вязкости жидкости»		
					АМГУ зр. 641 об		

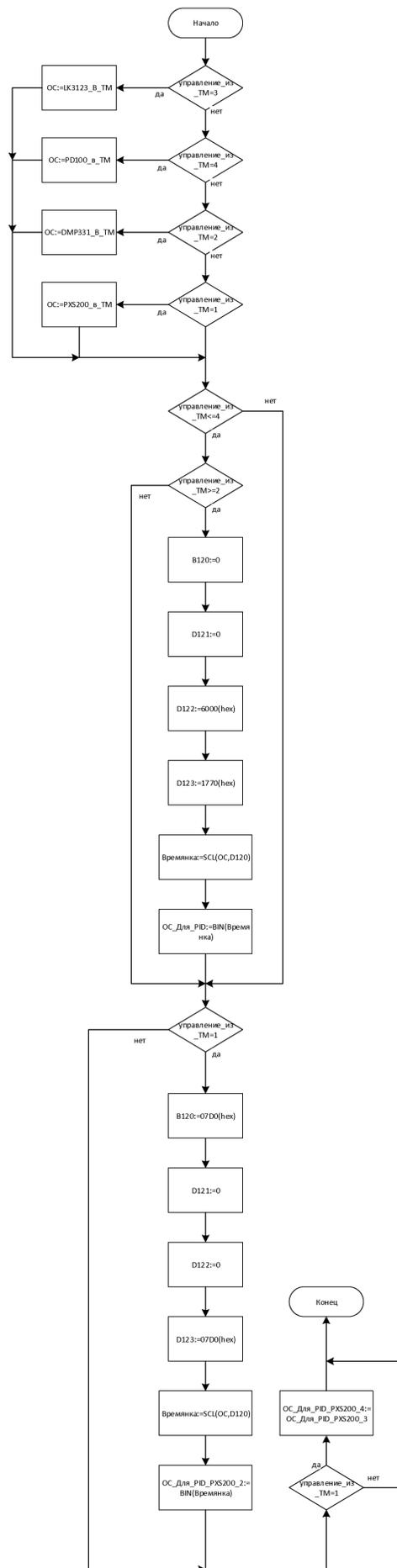
PID_Регулятор_уровня



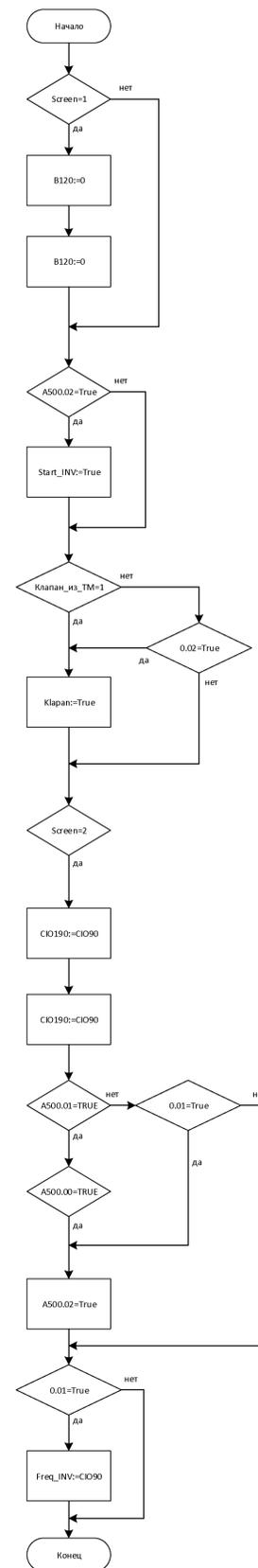
Входные_сигналы



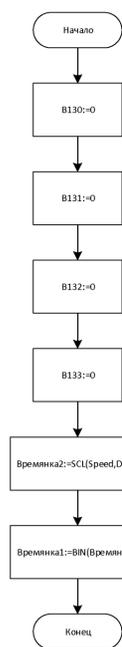
подготовка_OC_для_PID



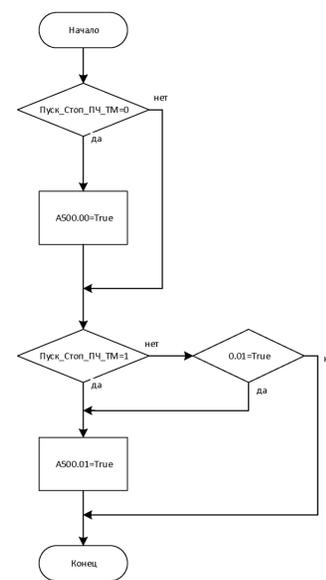
Выходные_сигналы



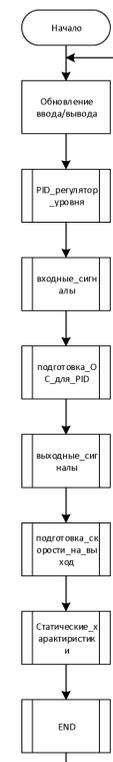
подготовка_скорости_на_выход



статические_характеристики

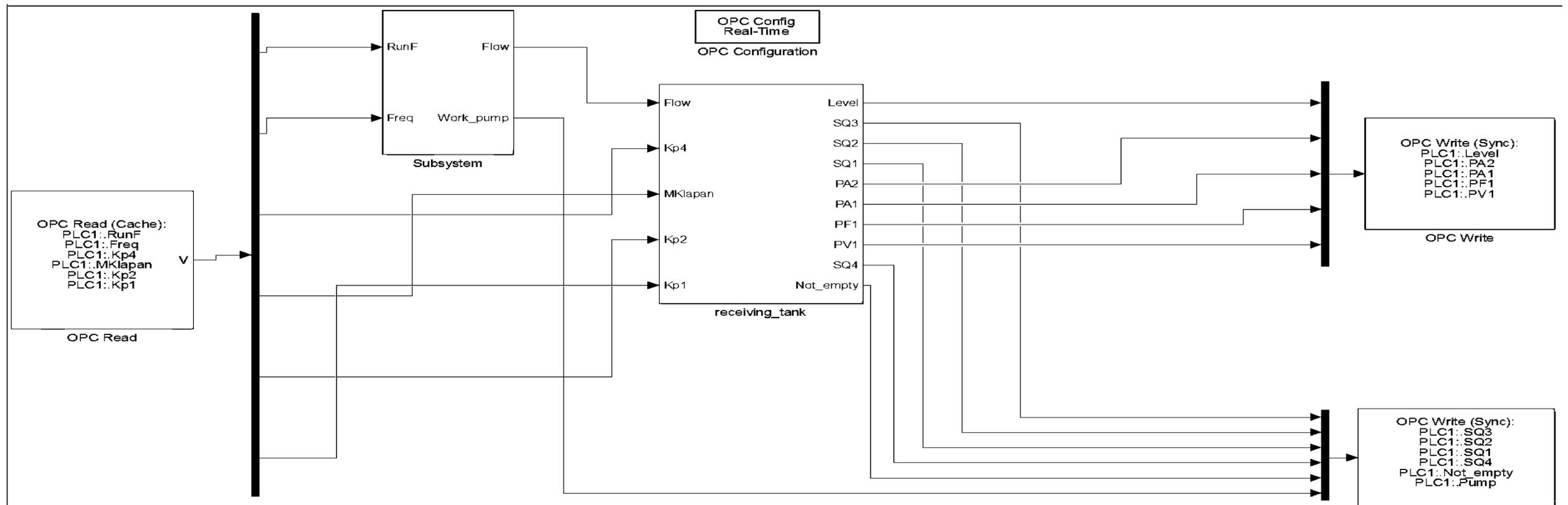


Основной_цикл

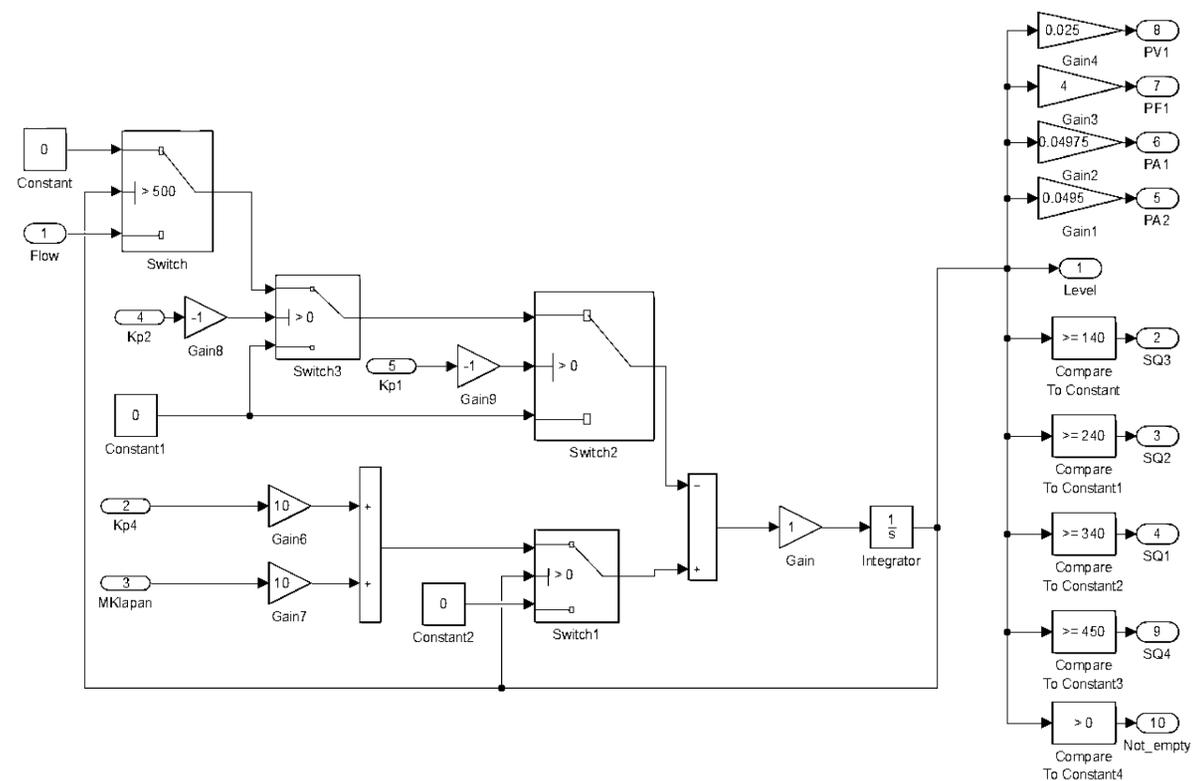


					ВКР 164.014.15.03.04.СХ					
Имя	Лист	№ докум	Подп	Дата	Алгоритм работы программы			Лист	Масштаб	Масштаб
Разработ	Обработ	Провер	Технический	Утвержд				4		
					Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»			Лист 3	Листов 6	
Начертатель	Сверло	Учеб						АМГУ гр. 641 об		

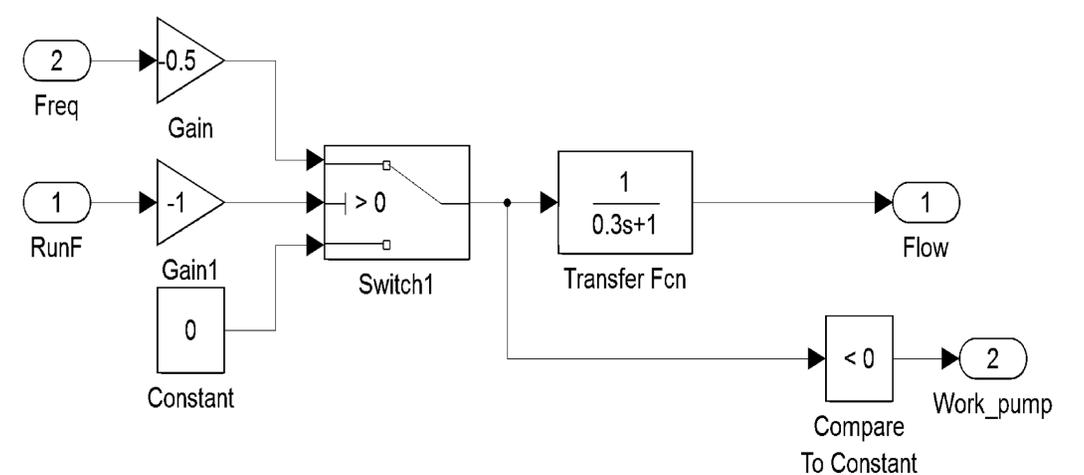
Имитационная модель в Simulink



Подсистема Receiving_tank

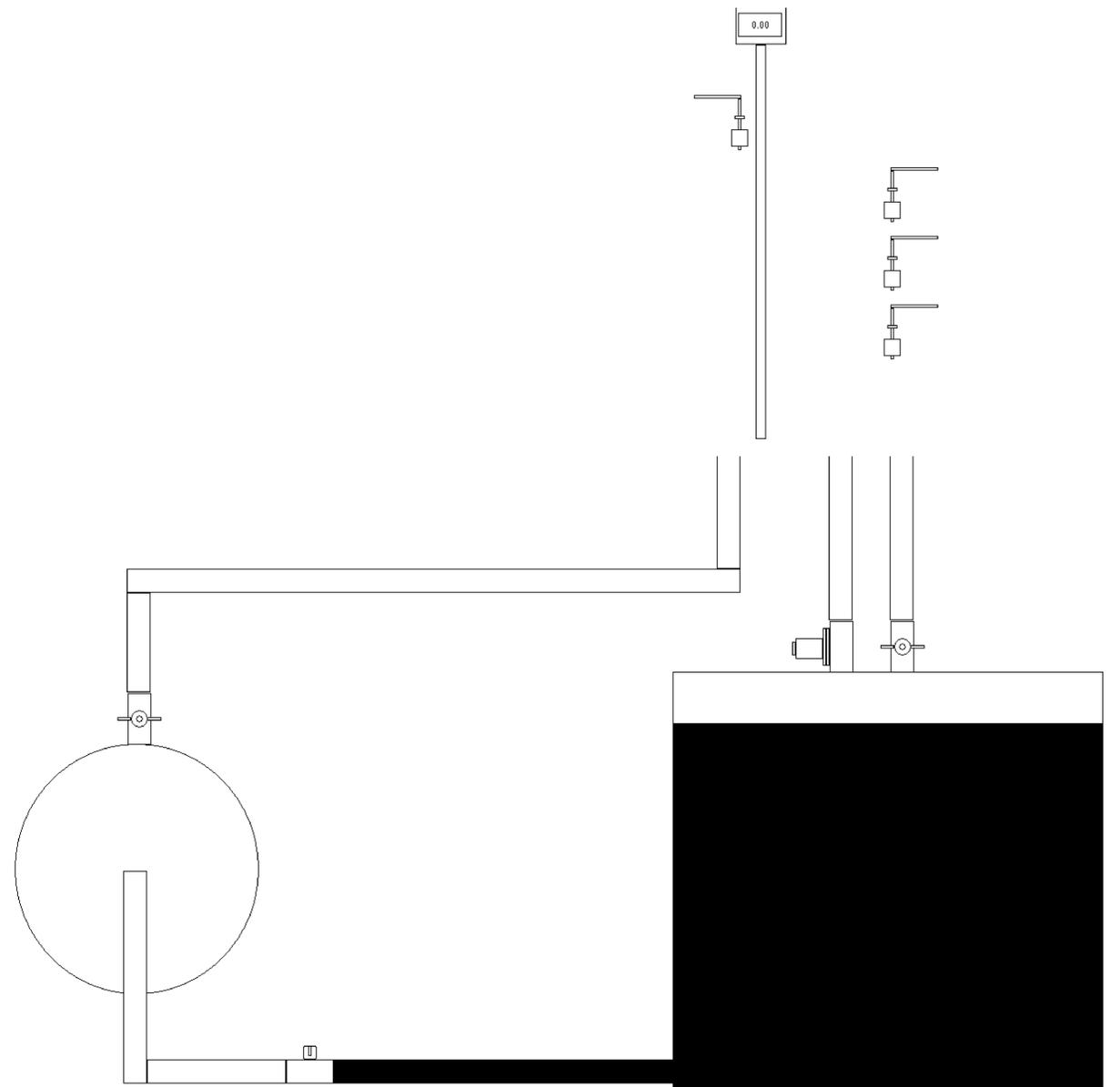
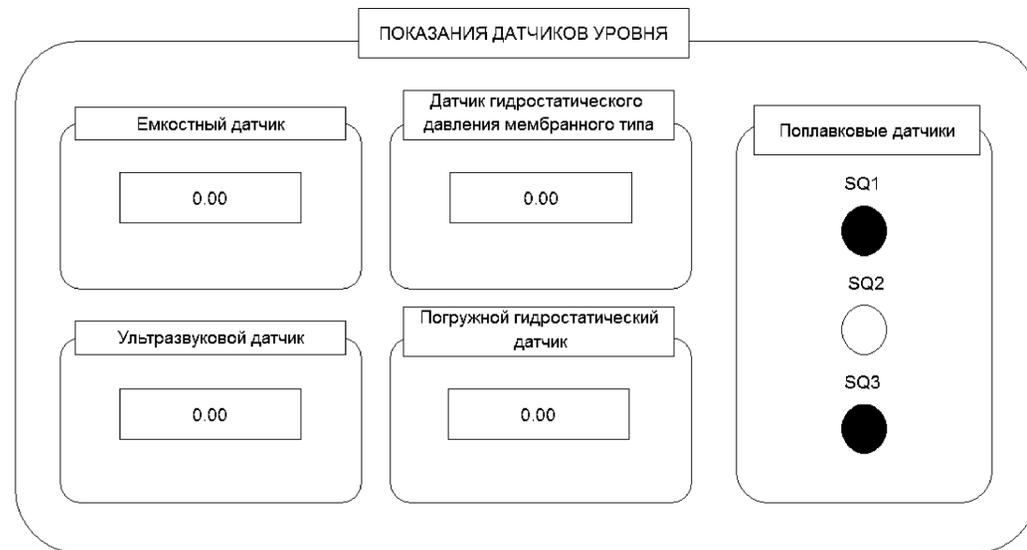
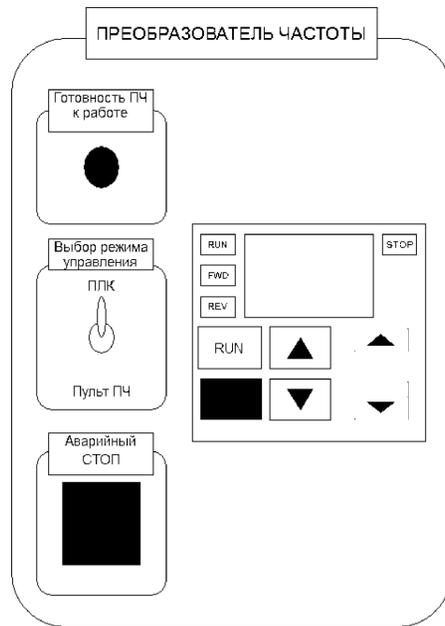
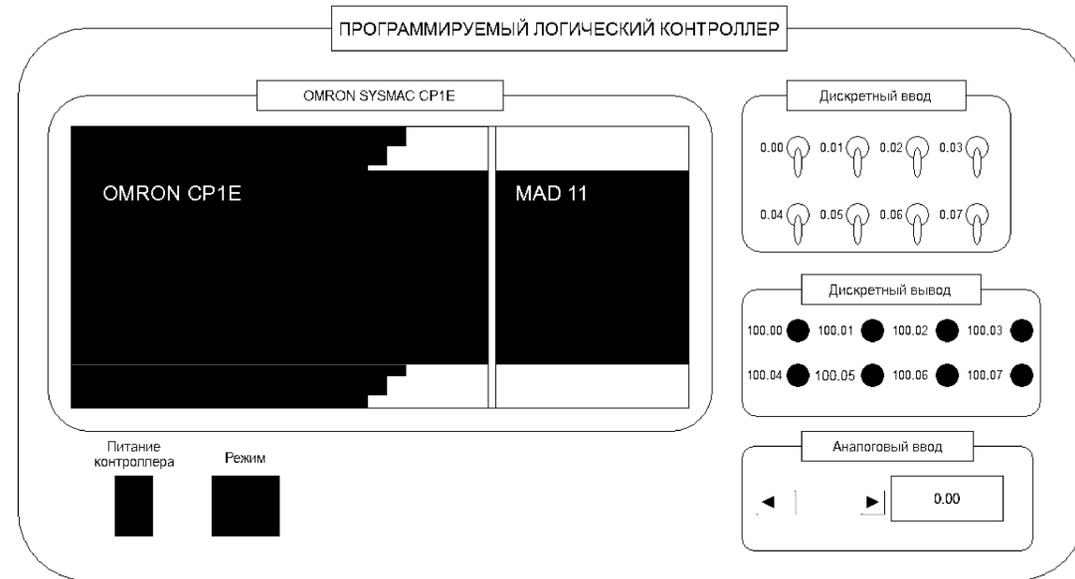
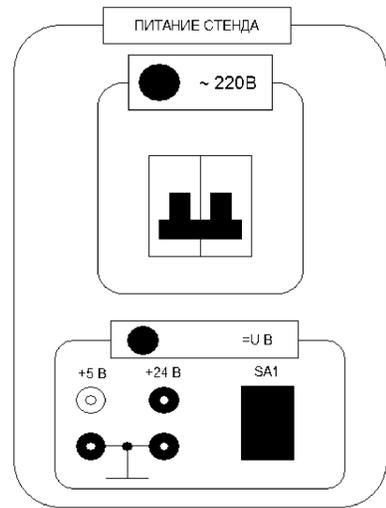


Подсистема Pump



					ВКР 164.014.15.03.04.CX			
Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ В SIMULINK	Лист	Масштаб	Масштаб
Разработ	Образцов А.О.				ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ В SIMULINK	4		
Провер	Рыболов А.Н.					Лист 4		Листов 6
Технолог	Рыболов А.Н.							
Начальник	Сергишко Д.В.				Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»			АМГУ зр. 641 об
Увед.	Сергишко Д.В.							

Визуализация лабораторного стенда в CoDeSys



					ВКР 164.014.15.03.04.СХ		
Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Разработ		Образов А.О.			4		
Проектир		Рыбаков А.Н.					
Технический		Рыбаков А.Н.			Лист 5		Листов 6
Начальник		Скрябин Д.В.			Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования уровня жидкости»		
Человек		Скрябин Д.В.			АМГУ зр. 641 об		

Экран в Trace Mode 6

Выбор источника для управления уровнем

Гидростатический ОБЕН ПД109	Уровень, см: 0	Первичные сигналы: 0	МА
Емкостной LK3123	Уровень, см: 0	Первичные сигналы: 0	В
Гидростатический DMP33	Уровень, см: 0	Первичные сигналы: 0	МА
Ультразвуковой РХ200	Уровень, см: 0	Первичные сигналы: 0	Гц

Ручное управление уровнем

Задание частоты ПЧ: 0

Пуск/Останов насоса:

Открыть/Закреть клапан:

Поплавковые датчики уровня

Верхний №3:

Средний №2:

Нижний №1:

Автоматическое регулирование уровнем

Уставка регулятора, см: 0

Пуск/Останов регулирования:

Открыть/Закреть клапан:

Коэффициенты ПИД-регулятора

Пропорциональный: 0

Интегральный: 0

Дифференциальный: 0

Созданные каналы

Привязки проекта

Имя	Тип	Тип данных	Значение по умолчанию	Привязка	Флаги	Группа	Единица измерения	Комментарий	Кодировка
Канал_PFF1_R	↓IN	REAL		Канал#PF1:Реальное значение (Система RTM_1 Уровень)					
Канал_PV1_R	↓IN	REAL		Канал#PV1:Реальное значение (Система RTM_1 Уровень)					
Канал_PA1_R	↓IN	REAL		Канал#PA1:Реальное значение (Система RTM_1 Уровень)					
Канал_PA2_R	↓IN	REAL		Канал#PA2:Реальное значение (Система RTM_1 Уровень)					
OPC_SQ3_VALUE	↓IN	REAL		OPC#SQ3:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_SQ2_VALUE	↓IN	REAL		OPC#SQ2:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_SQ1_VALUE	↓IN	REAL		OPC#SQ1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_RunFT_VALUE	↓IN	REAL		OPC#RunFT:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_MKapan_VALUE	↓IN	REAL		OPC#MKapan:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_Setpoint_VALUE	↓IN	REAL		OPC#Setpoint:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_P_K_VALUE	↓IN	REAL		OPC#P_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_I_K_VALUE	↓IN	REAL		OPC#I_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_D_K_VALUE	↓IN	REAL		OPC#D_K:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_Sensor_VALUE	↓IN	REAL		OPC#Sensor:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_FreqW_VALUE	↓IN	REAL		OPC#FreqW:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_PFF1_VALUE	↓IN	REAL		OPC#PFF1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_PA1_VALUE	↓IN	REAL		OPC#PA1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_PV1_VALUE	↓IN	REAL		OPC#PV1:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_PA2_VALUE	↓IN	REAL		OPC#PA2:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					
OPC_AutoRegul_VALUE	↓OUT	BOOL		OPC#AutoRegul:Значение (Источники/Приемники.OPC_1 OPC_Сервер_1)					

Источники и приемники

				ВКР 164.014.15.03.04.СХ		
Имя	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАЗРАБОТКА АРМ В TRACE MODE 6	
Разработ	Рыбаков А.Н.				4	
Провер	Рыбаков А.Н.				Лист 6	Листов 6
Технический	Рыбаков А.Н.				Исследование и модернизация лабораторного стенда «Система автоматического регулирования вязкой жидкостью»	
Инженер	Сергилюк Д.В.				АМГУ гр. 641 об	
Увед.	Сергилюк Д.В.					