

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 15.12.2023 13:11:56

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

для студентов направления подготовки /специальности
19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Наименование практических занятий	4
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
Практическая работа №1. Расчет параметров модели Эберса-Молла	
 биполярного транзистора ...	
Практическая работа №2. Расчет параметров модели униполярных (полевых) транзисторов с управляющим р-п переходом	
Практическая работа №3. Расчет параметров макромодели операционного усилителя	

ВВЕДЕНИЕ

Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Системы управления технологическими процессами и информационные технологии» является формирование у студентов фундаментальных знаний и умений в области анализа систем автоматизации и управления технологическими процессами на базе современных технических средств и информационных технологий.

Задачи дисциплины: дать необходимый минимум знаний студентам, который позволит им эффективно эксплуатировать автоматическое технологическое оборудование и новые информационные технологии; понять принцип действия, основные параметры и характеристики микропроцессорных регуляторов

Перечень осваиваемых компетенций:

Код	Формулировка
ОПК-4	Способен осуществлять технологические процессы производства продукции питания
ПК-3	Способен осуществлять контроль и проводить оценку эффективности деятельности департаментов (служб, отделов) предприятия питания

Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: технологии различных процессов производства продукции питания Уметь: организовать технологические процессы производства продукции питания, в том числе подобрать необходимое технологическое оборудование и инвентарь Владеть: способностью осуществлять технологические процессы производства продукции питания	ОПК-4
Знать: методику проведения контроля и оценки эффективности деятельности департаментов (служб, отделов) предприятия питания Уметь: использовать законодательство РФ, в том числе трудовое, для координации, контроля и проведения оценки эффективности деятельности департаментов (служб, отделов) предприятия питания Владеть: способностью осуществлять контроль и проводить оценку эффективности деятельности департаментов (служб, отделов) предприятия питания	ПК-3

Наименование практических занятий

№ Темы дисциплины	Наименование тем лабораторных работ	Объем часов (астр.)	Интерактивная форма проведения
5 семестр			
1.	Комплексная автоматизация управления технологическими процессами производства.	1,5	
2.	Исследование трех зонной тепловой камеры	1,5	
3.	Построение моделей технологических объектов управления	1,5	
4.	Синтез распределенного регулятора	1,5	
5.	Реализация регулятора для трех зонной тепловой камеры	1,5	
6.	Исследование работы распределенного регулятора для трех зонной тепловой камеры	1,5	
7.	Разработка программ для ПЛК с преобразователями частоты	3	
Итого за 5 семестр		13,5	
	Итого	13,5	

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Комплексная автоматизация управления технологическими процессами производства

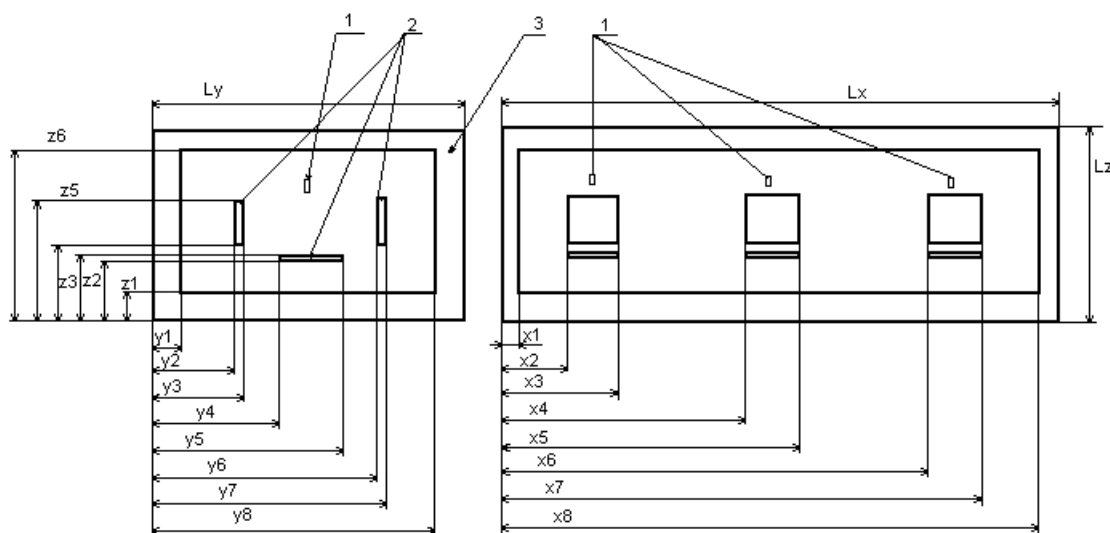
Цель работы:

1. Изучить лабораторный стенд с ПЛК 150УЛ
2. Получить навыки и опыт программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК);
3. Нарботать опыт работы с ПЛК и научиться создавать системы управления технологическими процессами.

Теоретическая часть

Конструкция модель туннельной печи.

Туннельная печь представляет собой прямоугольник с тремя зонами нагрева. Внешняя сторона канала собрана из теплоизоляционных панелей. Внутренний канал разбит на две зоны: в первой (внешней) зоне воздушная изоляция, по которой может циркулировать воздух, ускоряя процесс прогрева камеры; во второй (внутренней) зоне движется металлическая сетка и на которой находится обрабатываемый продукт. Каждая зона нагрева состоит из трех плоских нагревателей, расположенных сбоку и снизу. Над каждой зоной находится датчик температуры, для управления температурой данной зоны. Продольный и поперечный разрез камеры показан на рис. 1



1- датчики температуры; 2-нагревательные элементы; 3-теплоизоляционная панель

Рисунок 1 Поясняющий чертеж туннельной печи.

Геометрические размеры печи приведены в таблице 1. Размеры в таблице и в расчетах приняты в метрах.

Датчики температуры расположены в точках с координатами;

- координаты первого датчика $x_{dm1}=0,133$ м; $y_{dm1}=0,247$ м; $z_{dm1}=0,340$ м

- координаты второго датчика $x_{dm2}=0,84$ м; $y_{dm2}=0,247$ м; $z_{dm2}=0,340$ м

- координаты третьего датчика $x_{dm3}=1,509$ м; $y_{dm3}=0,247$ м; $z_{dm3}=0,340$ м

1. Математическая модель не заполненной туннельной печи.

При математическом моделировании допустим, что мы можем пренебречь потерями тепла через не закрытые промежутки для металлических направляющих и сетки на входе

и выходе из туннельной печи. Допустим также, что кровельное железо толщиной 0.8мм, не повлияет на тепловые поля внутри печи.

Таблица 1. Геометрические размеры туннельной печи.

L_x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1,66	0,036	0,0645	0,196	0,774	0,906	1,434	1,585	1,644
L_y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8
0,498	0,05	0,117	0,13	0,1825	0,3125	0,365	0,378	0,448
L_z	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6		
0,485	0,05	0,137	0,15	0,1535	0,315	0,45		

Для математического моделирования разбиваем объем туннельной печи на зоны. Зоны 1-6, это зоны теплоизоляционного материала. Теплоизоляционным материалом является минеральная вата, находящаяся между слоями кровельного железа. Зоны 7-37 - зоны внутреннего воздушного объема камеры. Управляющим воздействием служит тепловой поток, вырабатываемый трубчатыми электронагревательными элементами (ТЭНами). Управляющее воздействие подается через поверхности $S_{vx1} - S_{vx18}$.

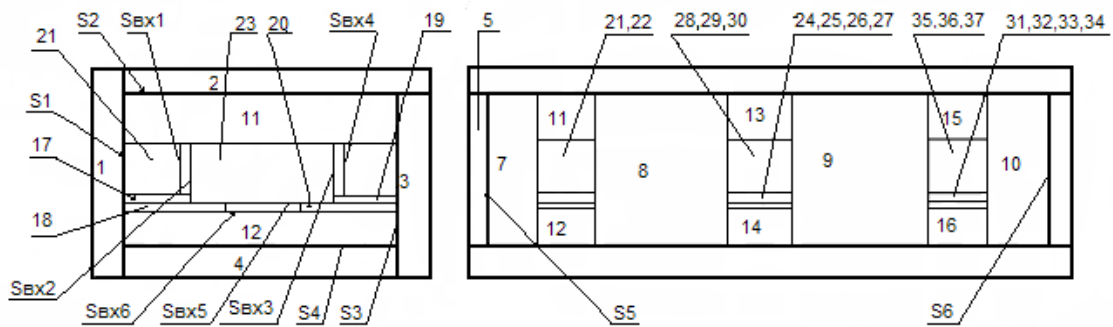
Разбиение на зоны показано на рис..2.

Тепловые процессы в изоляционной панели описывается дифференциальным уравнением, которое имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_1 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right); \quad (1)$$

$$T = T(x, y, z, \tau);$$

где α_1 - коэффициент температуропроводности теплоизоляционных панелей.



Зоны теплоизоляции туннельной печи 1- 6, Зоны внутри туннельной печи 7 - 37, Границы раздела сред между теплоизоляцией и внутренним воздухом туннельной печи S1-S6, Зоны входного воздействия $S_{vx1} - S_{vx18}$.

Рисунок 2 Зоны туннельной печи

Разбиваем теплоизоляционный слой на объемные зоны:

- 1) $0 < x < L_x, 0 < y < y_1, 0 < z < L_z;$
- 2) $0 < x < L_x, y_1 \leq y < L_y, z_6 < z < L_z;$
- 3) $0 < x < L_x, y_8 < y < L_y, 0 < z \leq z_6;$

- 4) $0 < x < L_x, \quad y_1 \leq y \leq y_8, \quad 0 < z < z_1;$
- 5) $0 < x < x_1, \quad y_1 \leq y \leq y_8, \quad z_1 < z < z_6;$
- 6) $x_8 < x < L_x, \quad y_1 \leq y \leq y_8, \quad z_1 < z < z_6.$

Тепловые процессы внутри туннельной печи описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_2 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right); \quad (2)$$

$$T = T(x, y, z, \tau);$$

где a_2 – коэффициент температуропроводности внутреннего воздушного объема туннельной печи.

Описываем объемные зоны внутри туннельной печи:

- 7) $x_1 \leq x < x_2, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_6;$
- 8) $x_3 < x < x_4, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_6;$
- 9) $x_5 < x < x_6, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_6;$
- 10) $x_7 < x < x_8, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_6;$
- 11) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_5 < z < z_6;$
- 12) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_2;$
- 13) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_5 < z < z_6;$
- 14) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_2;$
- 15) $x_6 \leq x \leq x_7, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_5 < z < z_6;$
- 16) $x_6 \leq x \leq x_7, \quad y_1 < y < y_8, \quad z_1 < z < z_2;$
- 17) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_1 \leq y \leq y_3, \quad z_3 \leq z \leq z_4;$
- 18) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_1 \leq y \leq y_4, \quad z_2 \leq z \leq z_3;$
- 19) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_6 \leq y \leq y_8, \quad z_3 \leq z \leq z_4;$
- 20) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_5 \leq y \leq y_8, \quad z_2 \leq z \leq z_3;$
- 21) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_1 \leq y \leq y_2, \quad z_4 \leq z \leq z_5;$
- 22) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_7 \leq y \leq y_8, \quad z_4 \leq z \leq z_5;$
- 23) $x_2 \leq x \leq x_3, \quad y_3 \leq y \leq y_6, \quad z_4 \leq z \leq z_5;$
- 24) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_1 \leq y \leq y_3, \quad z_3 \leq z \leq z_4;$
- 25) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_1 \leq y \leq y_4, \quad z_2 \leq z \leq z_3;$
- 26) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_6 \leq y \leq y_8, \quad z_3 \leq z \leq z_4;$
- 27) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_5 \leq y \leq y_8, \quad z_2 \leq z \leq z_3;$
- 28) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_1 \leq y \leq y_2, \quad z_4 \leq z \leq z_5;$
- 29) $x_4 \leq x \leq x_5, \quad y_7 \leq y \leq y_8, \quad z_4 \leq z \leq z_5$

- 30) $x_4 \leq x \leq x_5, y_3 \leq y \leq y_6, z_4 \leq z \leq z_5;$
 31) $x_6 \leq x \leq x_7, y_1 \leq y \leq y_3, z_3 \leq z \leq z_4;$
 32) $x_6 \leq x \leq x_7, y_1 \leq y \leq y_4, z_2 \leq z \leq z_3;$

2. Используемые термины и сокращения

ПЛК – программируемый логический контроллер.

CoDeSys– специализированная среда программирования логических контроллеров. Торговая марка компании 3S-Software.

Modbus– открытый протокол обмена по сети RS-485. Разработан компанией Modicon, в настоящий момент поддерживается независимой организацией Modbus&IDA (www.modbus.org).

Modbus*TCP – версия протокола Modbus, адаптированная к работе в сети TCP/IP.

DCON – открытый протокол обмена по сети RS-485. Разработан компанией Advantech, применяется в модулях ввода/вывода Adam, модулях компании IPC DAS и некоторых других.

Retain-переменные – переменные пользовательской программы, значение которых сохраняется при выключении питания контроллера или при его перезагрузке.

Target-файл – файл или набор файлов, поставляемых производителем, содержащий информацию о ресурсах контроллера, количестве входов и выходов, интерфейсах и т.д. Инсталлируются в систему CoDeSys для сообщения ей данной информации.

2.1 Назначение

Программируемый логический контроллер **ОВЕН ПЛК 150** предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на ж/д транспорте, в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства.

Логика работы ПЛК-100 определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью системы программирования **CoDeSys 2.3.8.1** и старше.

2.2 Технические характеристики

Основные технические характеристики, характеристики входных сигналов и характеристики встроенных выходных элементов контроллера **ПЛК 150** приведены в таблицах 2,.

Таблица 2 – Основные технические характеристики

ТСП (500П) W100 =1,3910	–200 °C...+750 °C
ТСН (500Н) W100 =1,6170	–60 °C...+180 °C
ТСМ (Cu 1000) W100 =1,4260	–50 °C...+200 °C
ТСМ (1000М) W100 =1,4280	–190 °C...+200 °C
ТСП (Pt 1000) W100 =1,3850	–200 °C...+750 °C
ТСП (1000П) W100 =1,3910	–200 °C...+750 °C
ТСН (1000Н) W100 =1,6170	–60 °C...+180 °C
Термопары (по ГОСТ Р 8.585+2001)	
ТХК (L)	–200 °C...+800 °C
ТЖК (J)	–200 °C...+1200 °C
ТНН (N)	–200 °C...+1300 °C
ТХА (K)	–200 °C...+1300 °C
ТПП (S)	0 °C...+1600
ТПР (R)	0 °C...+1600 °C
ТВР (A-1)	0 °C...+2500 °C
ТВР (A-2)	0 °C...+1800 °C

ТВР (А-З)	0 °С...+1600 °С
ТМК (Т)	–200 °С...+400 °С
Унифицированные сигналы постоянного напряжения и тока (по ГОСТ 26.011+80)	
0...5,0 мА	0...100 %
0...20,0 мА	0...100 %
4,0...20,0 мА	0...100 %
–50,0...+50,0 мВ	0...100 %
0...1,0 В	0...100 %
0...10,0 В	0...100 %
Датчики сопротивления	
0... 5000 Ом	0...100 %

2.3. Устройство ОВЕН ПЛК 150

Контроллер **ОВЕН ПЛК 150** выпускается в корпусе, предназначенном для крепления на DIN-рейке 35 мм. Подключение всех внешних связей осуществляется через разъемные соединения, расположенные на верхней, нижней и передней (лицевой) сторонах контроллера.

Открытие корпуса для подключения внешних связей не требуется.

Схематический внешний вид контроллера показан на рис. 1. На верхней стороне расположены разъемы интерфейсов **Ethernet** и **RS-485**.

На лицевой панели расположен порт **Debug RS-232**, предназначенный для связи со средой программирования, загрузки программы и отладки. Подключение к этому порту осуществляется кабелем, входящим в комплект поставки. Также порт **Debug RS-232** может быть использован для подключения **Hayes** – совместимых модемов (в том числе GSM), а также устройств, работающих по протоколам **Modbus**, **ОВЕН** и **DON**.

По обеим боковым сторонам контроллера расположены клеммы для подключения датчиков и исполнительных механизмов. Схемы подключения приведены в Приложении А.

Любой дискретный вход **ПЛК150** может работать в режиме аппаратного счетчика или триггера (частота до 10 кГц при скважности 50%), к двум дискретным входам можно подключить энкодер (частота импульсов до 10 кГц). Частота обработки аппаратных счетчиков и обработчиков энкодера не зависит от времени выполнения цикла **ПЛК**.

На переднюю панель контроллера выведена светодиодная индикация о состоянии дискретных входов и выходов, о наличии питания и о наличии связи со средой программирования **CoDeSys**.

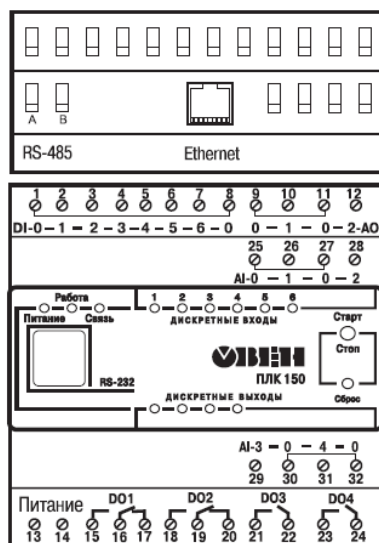


Рисунок 3 Внешний вид ПЛК 150

Также на передней панели имеются две кнопки: кнопка "Старт/Стоп", предназначенная для запуска и остановки программы в контроллере и скрытая кнопка "Сброс", предназначенная для перезагрузки контроллера. Нажать кнопку "Сброс" возможно только тонким заостренным предметом.

Кнопка "Старт/Стоп" может быть использована как дополнительный дискретный выход.

В корпусе контроллера расположен маломощный звуковой излучатель, управляемый из пользовательской программы как дополнительный дискретный выход. Звуковой излучатель может быть использован для функций аварийной, сигнализации или при отладке программы. Частота звукового сигнала излучателя фиксированная и не подлежит изменению.

Контроллер **ПЛК 150** оснащен встроенными часами реального времени, имеющими собственный аккумуляторный источник питания. Энергии полностью заряженного аккумулятора хватает на непрерывную работу часов реального времени в течение 6 месяцев (при температуре 15–35°C). В случае износа аккумулятора, не полной его зарядки, а также при работе при более низких или более высоких температурах время работы часов реального времени может сократиться.

Аккумулятор, используемый для питания часов реального времени, дополнительно используется как источник аварийного питания микропроцессора контроллера. При случайном отключении основного питания контроллер переходит на аварийное питание и сохраняет промежуточные результаты вычислений и работоспособность интерфейсов **Ethernet** в течение 10 минут. Светодиодная индикация и выходные элементы контроллера при этом не запрашиваются и не функционируют. При включении основного питания во время работы на аварийном питании контроллер сразу приступает к выполнению пользовательской программы, не тратя времени на загрузку ядра **CoDeSys** и сохраняя все промежуточные результаты вычислений. После 10 мин. работы на аварийном питании контроллер записывает **Retain-переменные** в энергонезависимую память и отключается. Часы реального времени остаются в рабочем состоянии. После включения основного питания контроллер загружается и запускает программу пользователя (если программа записана во **Flash-память** контроллера). Время работы от аварийного источника питания может быть автоматически скорректировано самим контроллером в зависимости от степени зарядки аккумулятора и температуры окружающей среды.

Для полной зарядки аккумулятора требуется не менее пяти часов бесперебойной подачи основного питания.

Во время загрузки контроллера его выходы переводятся в заранее заданное «безопасное состояние», в которых находятся до полной загрузки контроллера и запуска пользовательской программы.

Примечание.

«Безопасное состояние» – это состояние выходов контроллера, при котором подключенные к ним исполнительные механизмы находятся в состоянии, наиболее безопасном для объекта управления, не приводящим к его поломке. Значение «безопасного состояния» выходов задается при конфигурировании области ввода-вывода в **PLC_Configuration**.

2.4. Установка CoDeSys, инсталляция Target+файлов

1. Для установки среды программирования **CoDeSys 2.3** следует запустить программу-инсталлятор (файл **Setup.exe** на компакт-диске, входящем в комплект поставки). Обратите внимание: при выборе языка работы программы русский язык отсутствует в списке, поэтому рекомендуется выбрать английский язык.

2. После инсталляции среды **CoDeSys** следует выполнить инсталляцию **Target-файлов**. В **Target-файлах** содержится информация о ресурсах программируемых

контроллеров, с которыми работает **CoDeSys**. **Target-файл** поставляется производителем контроллера.

ВНИМАНИЕ! Имя **Target-файла** может не полностью совпадать с названием контроллера. В названии контроллера применяются русские и английские буквы, а в названии **Target- файла** только английские. Например, для контроллера ПЛК150-220.И-Л необходимо устанавливать **Target-файл** PLC150.I-L, а для ПЛК150-220.У-М файл PLC150.U-M. Установка **Target-файлов** производится при помощи утилиты **InstallTarget**, устанавливающейся вместе со средой программирования.

Порядок установки **Target-файлов**:

1) В открывшемся при запуске утилиты **InstallTarget** окне (рис. 4) – нажать кнопку **Open** и указать путь доступа к устанавливаемому **Target-файлу** (имеющему расширение*.tnf, **TargetInformationFile**). **Target-файлы** контроллеров ОВЕН ПЛК150 находятся на компакт-диске, поставляемом с контроллером, в папке «Target» или могут быть скачаны с сайта www.owen.ru. При скачивании с сайта папку с **Target-файлами** надо разархивировать и сохранить на жестком диске ПК.

2) После открытия требуемого файла в области «**PossibleTargets**» окна отобразится папка «Owen».

3) Открыв папку «Owen» и выделив находящуюся там строку, нажать кнопку **Install**. В области «**InstalledTargets**» окна отобразится список установленных **Target-файлов**.

2.5. Создание проекта. Выбор контроллера

1. Для создания нового проекта необходимо в среде **CoDeSys** вызвать команду меню **File | New** или воспользоваться одноименной кнопкой на панели инструментов.

2. После создания проекта нужно выбрать **Target-файл**, соответствующий названию контроллера. **Target-файл** предварительно должен быть установлен. Окно выбора **Target-файла** представлено на рис. 4

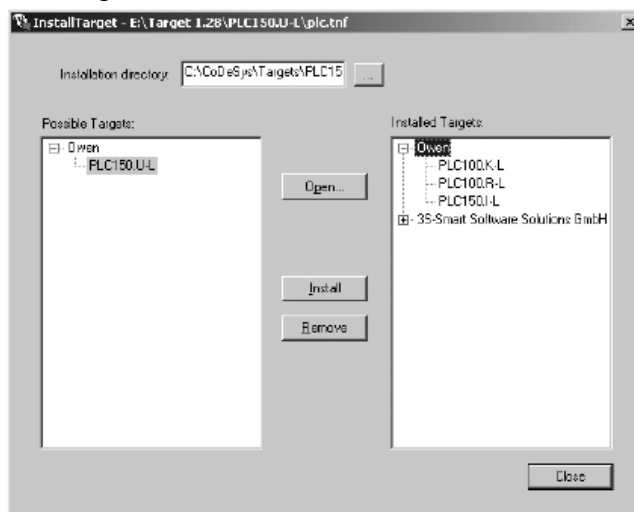


Рисунок. 4 – Окно «**InstallTarget**» утилиты **InstallTarget**

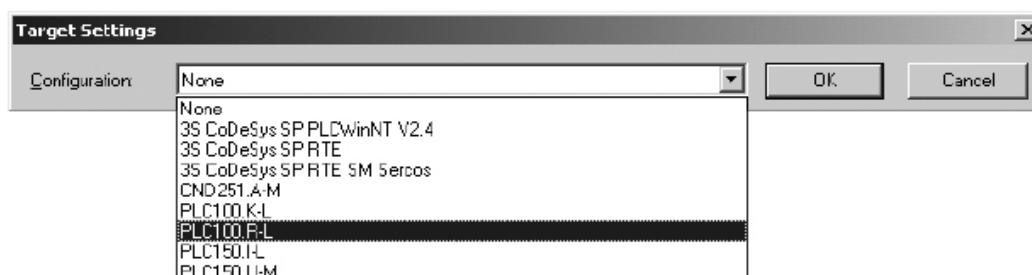


Рисунок. 5 – Окно выбора **Target-файла**

3. Затем откроется окно настроек **Target-файлов**. Как правило, настройки установлены производителем и не требуют изменения (кроме изменения объема **Retail-памяти**).

4. После подтверждения настроек **Target-файла** необходимо создать основной **POU** (главную программу проекта). Окно этого диалога представлено на рис. 5.

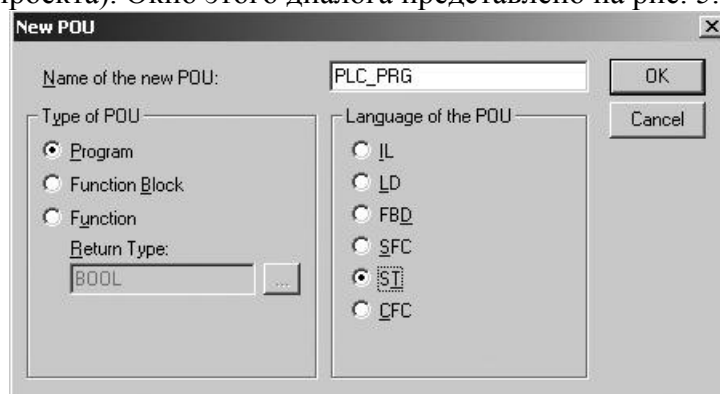


Рисунок.5

Главная программа всегда должна иметь тип **Program** и имя **PLC_PRG**. Поэтому в данном диалоге необходимо выбрать только язык программирования (**Language of the POU**). В зависимости от выбранного языка программирования откроется окно, в котором необходимо создать программу, исполняемую на контроллере. Простейшей программой на языке **ST** является символ «;». Такой программы достаточно для проверки связи с контроллером. Примеры программ на языках **FBD**, **LD** и **ST** приведены на рисунке 6. Рисунок 6 – Примеры программ на языках **FBD**(а), **LD**(б) и **ST** (в.) При написании любого из примеров программ, представленных на рисунке 5, будет вызван ассистент ввода (рисунок 6) для описания переменной.

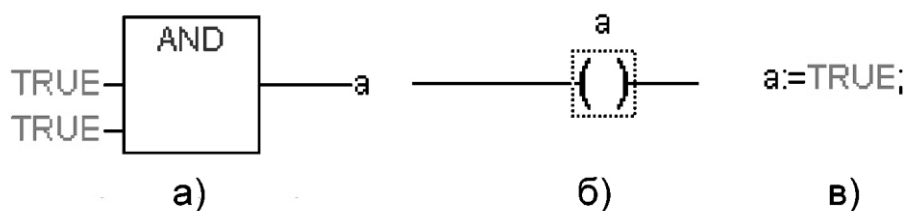


Рисунок. 6 Примеры программ на языках **FBD**(а), **LD**(б) и **ST** (в.)

1. Для загрузки программы в контроллер установите связь с контроллером, вызвав команду меню **Online | Login**. Запустите выполнение загруженной программы, вызвав команду меню **Online | Run** или нажатием кнопки "Старт/Стоп" на передней панели контроллера. Если требуется, чтобы программа осталась в памяти контроллера после перезагрузки, то ее необходимо записать во внутреннюю **Flash-память** контроллера, вызвав команду меню **Online | Create bootproject**. После этого программа будет автоматически запускаться на контроллере при перезагрузке и при включении питания. **ВНИМАНИЕ!** Ресурс встроенной **Flash-памяти** контроллера ограничен (около 50 тыс. записей), поэтому не рекомендуется при отладке программы каждый раз записывать ее во **Flash-память**. **ВНИМАНИЕ!** При создании программы возможна ситуация, когда из-за разного рода ошибок цикл **ПЛК** будет больше допустимого значения (о задании максимального времени цикла см. документ **PLC-Configuration**). Это приведет к перезагрузке контроллера. Если такая программа ошибочно была записана во **Flash-память** контроллера, то после перезагрузки она запустится автоматически, что, в свою очередь, приведет к повторной перезагрузке. Аналогичная ситуация возникает при некорректно прошедшей записи безошибочной программы. Чтобы прекратить циклическую загрузку программы и последующую перезагрузку контроллера необходимо, удерживая нажатой кнопку "Старт/Стоп" на передней панели контроллера нажать кнопку "Сброс". При такой комбинации кнопок программа не будет автоматически запущена, это

даст возможность подключиться к контроллеру и загрузить в него корректно работающую программу.

7. Установка связи с контроллером возможна по интерфейсам **Ethernet**, **Debug RS-232** или через **последовательный модем** (подключенный к порту **Debug RS-232**). Настройка канала соединения с контроллером производится в окне «**Communicationparameters**», вызываемом командой меню **Online | Communicationparameters** в среде CoDeSys (рис. 7).

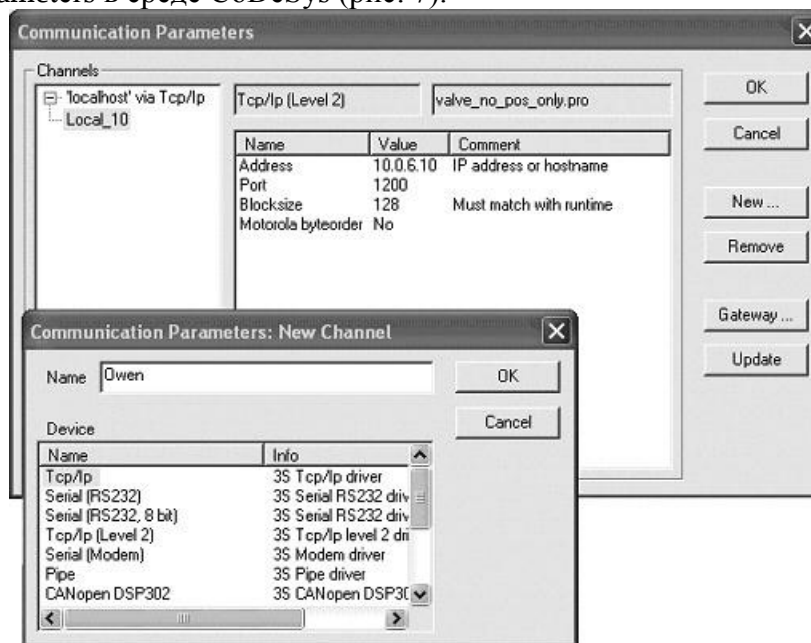


Рисунок 7. Настройка коммуникационных параметров для соединения с ПЛК

Нажать кнопку **New** в этом окне. Откроется окно «**Communication parameters: New Channel**». В этом окне задать имя нового соединения (например, Owen) и выбрать из перечня интерфейс соединения: **Tcp/Ip (Level 2)** для связи по интерфейсу **Ethernet**, **Serial (RS232)** для связи через порт **Debug RS-232** напрямую или **Serial (Modem)** для связи через последовательный модем.

2. При выборе соединения **Serial (RS232)** в настройках параметров следует задать **COM-порт** (параметр **Port**), по которому ПЛК подключается к компьютеру и изменить скорость соединения (параметр **Baudrate**) на 115200 бит/с и настройку бит четности (параметр **Parity**) на "No".

Для изменения параметра следует дважды щелкнуть левой кнопкой мыши по имеющемуся значению параметра, и, листая список доступных значений стрелками на клавиатуре, выбрать новое значение. Для сохранения нового значения – нажать кнопку **Enter** на клавиатуре.

3. Для соединения ПЛК с компьютером через последовательный модем необходимо сначала изменить конфигурацию ПЛК для работы с модемом. Для изменения конфигурации связь с контроллером должна быть установлена через интерфейс **Debug RS-232** напрямую или по интерфейсу **Ethernet**. В большинстве случаев при подключении нового модема необходимо изменить его настройки, для этого надо считать из памяти ПЛК файл «**modem.cfg**» и сохранить его на жестком диске компьютера. Для этого нужно дать команду **Online | Login**, устанавливающую связь с контроллером, затем дать команду **Online | Readfilefrom PLC**, ввести имя файла «**modem.cfg**», выбрать директорию для сохранения и нажать **Enter**. Далее, с помощью текстового редактора, изменить настройки модема на требуемые и сохранить файл. Чтобы записать отредактированный файл «**modem.cfg**» в ПЛК необходимо сначала стереть из памяти ПЛК старый файл «**modem.cfg**» (перезапись не поддерживается), подав команду **filedelete** через **PLC Browser**, а затем подать команду **Online | WritefiletoPLC**, выбрать файл «**modem.cfg**» и нажать **Enter**. Чтобы сконфигурировать контроллер для работы с последовательным

модемом в режиме прямого соединения, необходимо подать команду **SetModemCfgc** параметром 1 через **PLC-Browser** (1 – означает подключение к порту **Debug RS-232** модема в режиме прямого соединения). Затем, обесточив ПЛК к нему необходимо подключить последовательный модем через порт **Debug RS-232** специальным модемным кабелем, не входящим в комплект поставки ПЛК 150. В кабеле есть двухпозиционный переключатель, для работы в среде **CoDeSys** переключатель необходимо установить в положение “ON”. Необходимо включить питание ПЛК 150. В среде **CoDeSys** в окне «**Communicationparameters**» необходимо выбрать новый тип соединения **Serial (Modem)**. В настройках параметров следует задать **COM-порт** (параметр **Port**), по которому подключен последовательный модем к компьютеру, скорость соединения (параметр **Boudrate**) такую же как в подключенном модеме и номер телефона для дозвона на ПЛК 150 (параметр **Dial**).

4 Для установки соединения по интерфейсу **Ethernet** контроллер и компьютер должны находиться в одной **IP-подсети**. Возможны два варианта:– изменение имеющегося **IP-адреса** контроллера в соответствии с настройками сети пользователя или задание компьютеру дополнительного **IP-адреса**, входящего в подсеть контроллера.– изменение **IP-адреса** контроллера возможно при помощи команды **SetIP**, подаваемой через **PLC-Browser**. При этом связь с контроллером должна быть установлена через интерфейс **Debug RS-232**. **Примечание.** Задание дополнительного **IP-адреса** компьютеру делается в свойствах протокола **TCP/IP** в настройках сетевого окружения **Windows**. При изготовлении устанавливается **IP-адрес** контроллера **10.0.6.10**. Поэтому необходимо присвоить компьютеру дополнительный **IP-адрес** в подсети 10.0.6, отличный от адреса 10.0.6.10. Маску подсети задать равной 255.255.0.0. При настройке соединения **Tcp/Ip (Level 2)** в параметре **Address** необходимо задать **IP-адрес** контроллера, дважды щелкнув левой кнопкой мыши по значению адреса, и ввести новое значение с клавиатуры. Для сохранения нового значения нажать кнопку **Enter** на клавиатуре.

5. После настройки соединения подать команду меню **Online | Login**, устанавливающую связь с контроллером. При этом флаг перед строкой меню **SimulationMode** должен быть снят. Для установки связи необходимо, чтобы была создана программа пользователя. **ВНИМАНИЕ!** При смене интерфейса соединения необходимо произвести перезагрузку контроллера, нажав кнопку "Сброс" на лицевой панели.

Примечания.

1 Клеммы 1,8 и 13 электрически объединены внутри контроллера, подключение датчика к дискретным входам может осуществляться относительно любой из этих клемм.

2 Нагрузочное сопротивление аналогового выхода (R) составляет до 900 Ом при выходном сигнале «ток 4...20мА» и более 2 кОм при выходном сигнале «напряжение 0...10 В». Подключение внешнего блока питания для аналоговых выходов не требуется, блок питания встроен в контроллер.

Оборудование и материалы.

Туннельная печь с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов, МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек - 2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Ход работы

1. Ознакомится с конструкцией туннельной печи
2. Ознакомится с конструкцией ПЛК

3. Ознакомится с системой регулирования мощностью
4. Ознакомится с схемотехникой лабораторного стенда
5. Ознакомится с инсталляцией **CoDeSys**
6. Ознакомится с созданием проектов в **CoDeSys**

Оформление отчета

В отчете должны содержаться описание команд использованных в выполнении заданий и программы, написанные по заданным в задании алгоритмам

Контрольные вопросы

1. Какие методы инсталляции **CoDeSys** в ОВЕН ПЛК150-УЛ имеется?
2. Какие программные средства используются для программирования ОВЕН ПЛК150-УЛ?
3. Какое количество дискретных входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
4. Какое количество дискретных выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
5. Какое количество аналоговых входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
6. Какое количество аналоговых выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
7. По какому интерфейсу происходит обмен информации ОВЕН ПЛК150-УЛ с МВУ-8и МВА-8
8. Каким напряжением питается ОВЕН ПЛК150-УЛ
9. Какой тип входных дискретных сигналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
10. Какой тип выходных дискретных сигналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ

Практическая работа № 2 **Исследование трех зонной тепловой камеры**

Цель работы: изучить и ознакомиться с методами снятия экспериментальных данных и определения параметров объекта.

Теоретическая часть

Общие теоретические положения

Для получения комплексных передаточных коэффициентов объекта (системы) были проведены шесть опытов. Комплексные передаточные коэффициенты искались, согласно, в следующем виде:

$$a_{i,j}(p) = \frac{k_{i,j}}{T_{i,j}s + 1} \cdot e^{-s \cdot \tau_{i,j}} \quad (1)$$

где $k_{i,j}$ – коэффициент усиления, $T_{i,j}$ – постоянные времени объекта, $\tau_{i,j}$ – постоянные времени запаздывания объекта, s – оператор Лапласа, где i – индекс канала в котором происходит возмущающее воздействие j – индекс канала на который воздействует возмущающее воздействие.

Исследование объекта проводилось следующим образом. Сначала на все каналы объекта подавался постоянный сигнал мощность двадцать процентов от номинальной мощности. Затем по достижению установившегося температурного режима поочередно на каждый вход (i) объекта (системы) подавался возмущающий постоянный сигнал мощность тридцать процентов от номинальной мощности, и на всех выходах (j) получали графики переходных процессов, из которых определялись параметры объекта ($k_{i,j}$, $T_{i,j}$, $\tau_{i,j}$). Эти параметры определяются с использованием графиков переходных процессов (см. рис. 1).

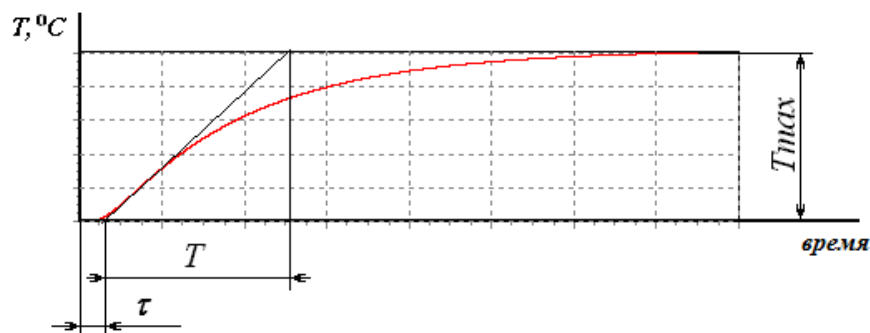


Рисунок. 1 Определение параметров объекта.

По окончании переходного процесса во всех каналах, система охлаждалась до установившегося температурного режима, который был до начала переходного процесса.

Регистрация производилась с помощью среды программирования «CoDeSys», поставляемого фирмой «Owen» совместно с программируемым логическим контролером (ПЛК). Параметры объекта определялись по следующим формулам:

$$k_{i,j} = \frac{T_{ni,j} - T_{ki,j}}{\Delta P_i}; \quad (2)$$

где $k_{i,j}$ - коэффициенты усиления по соответствующим каналам,

$T_{ni,j}$ - температура в начале переходного процесса,

$T_{ki,j}$ - температура в конце переходного процесса,

ΔP_i - изменение мощности зоны нагрева при возмущении по соответствующему каналу управления.

Параметры $T_{i,j}$, $\tau_{i,j}$ определялись в соответствии с рисунком показанным выше. Программный комплекс «CoDeSys» позволяет регистрировать результаты испытаний с использованием цифровой фильтрации сигнала, с частотой опроса аналогового модуля ввода аналогового (МВА-8) равным 0.2 секунды, и проводить отсчет времени в реальном масштабе времени.

Результаты испытаний сведены в таблицу 1, которая приводится ниже.

Оборудование и материалы.

Туннельная печь, с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов, МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек -2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Ход работы

1. Запустить программу испытания печи на лабораторном стенде «isp 1».
- 2.. Снять экспериментальные данные переходного процесса, используя лабораторный стенд следующим образом:

1. Прогреть камеру, подав напряжение 20% от номинального на все зоны камеры.
 2. Достигнув установившегося режима, на первую зону подать возмущение напряжением 30% от номинального, снять переходной процесс в 3х зонах и определить параметры $k_{i,j}$ $T_{ni,j}$ $\tau_{i,j}$
 3. Сбросить возмущение данной зоне и достигнув установившегося режима.
 4. Подать возмущение на вторую зону и повторить пункты 2 и 3 для второй зоны.
 5. Подать возмущение на третью зону и повторить пункты 2 и 3 для третьей зоны.
3. По экспериментальным данным определить параметры переходного процесса и заполнить таблицу вида 1

Таб.1

Параметры объекта		Параметры объекта		Параметры объекта	
$\kappa_{11}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{11}(\text{сек})$		$\tau_{11}(\text{сек})$	
$\kappa_{12}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{12}(\text{сек})$		$\tau_{12}(\text{сек})$	
$\kappa_{13}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{13}(\text{сек})$		$\tau_{13}(\text{сек})$	
$\kappa_{21}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{21}(\text{сек})$		$\tau_{21}(\text{сек})$	
$\kappa_{22}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{22}(\text{сек})$		$\tau_{22}(\text{сек})$	
$\kappa_{23}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{23}(\text{сек})$		$\tau_{23}(\text{сек})$	
$\kappa_{31}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{31}(\text{сек})$		$\tau_{31}(\text{сек})$	
$\kappa_{32}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{32}(\text{сек})$		$\tau_{32}(\text{сек})$	
$\kappa_{33}(\text{град} / \text{Вт})$		$T_{33}(\text{сек})$		$\tau_{33}(\text{сек})$	

Оформление отчета

В отчете должны содержаться графики переходных процессов таблица определения параметров переходного процесса и матрица передаточных функций.

Контрольные вопросы

1. Как определяется коэффициент передачи объекта κ_{13} из графика переходного процесса?
2. Как определяется постоянная времени объекта $T_{11}(\text{сек})$ из графика переходного процесса?
3. Как определяется постоянная запаздывания объекта $\tau_{11}(\text{сек})$ из графика переходного процесса?
4. От каких физических величин зависит постоянная времени объекта?
5. Какое количество дискретных входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
6. Какое количество дискретных выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
7. Какое количество аналоговых входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
8. Какое количество аналоговых выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?

9. По какому интерфейсу происходит обмен информации ОВЕН ПЛК150-УЛ с МВУ-8 и МВА-8
10. Каким напряжением питается ОВЕН ПЛК150-УЛ
11. Какой тип входных дискретных сигналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?

Практическая работа № 3 Построение моделей технологических объектов управления

Цель работы:

1. Разработка программ для работы лаб. (датчики положения створки и объекта перед печью)
2. Проверка работы программ стенда с совместной работой ПЧ привода и ПЛК. Научиться разрабатывать программы разгона и торможения, управления скоростью движения.

Теоретическая часть

Общие теоретические положения

Работу триггеров SR и RS легче всего понять по аналогии с электрическими устройствами. Представьте себе электрический пускатель. Для переключения ему нужны 2 кнопки «ПУСК» и «СТОП». Кнопки не имеют механической фиксации, переключение выполняется коротким нажатием кнопок. Пускатель сам фиксирует свое состояние.

Именно так работают триггеры SR и RS. Их поведение отличается только при одновременном нажатии обеих кнопок. В блоке доминантной установки SR побеждает «ПУСК». В блоке доминантного сброса RS побеждает «СТОП».

SR переключатель с доминантой выключения S

Таблица 1 Входные и выходные сигналы триггера SR

SR			
SET1	BOOL	Q	BOOL
RESET	BOOL		

Блок SR имеет два устойчивых состояния $Q1 = \text{TRUE}$ и $Q1 = \text{FALSE}$. На языке ST работа блока описывается выражением:

$Q1 = (\text{NOT RESET AND } Q1) \text{ OR SET1}.$

Вход SET1 включает выход, вход RESET — выключает. При одновременном воздействии обоих входов вход SET1 является доминантным.

RS переключатель с доминантой выключения R

Таблица.2 Входные и выходные сигналы RS

RS			
SET1	BOOL	Q	BOOL
RESET	BOOL		

Блок SR имеет два устойчивых состояния $Q1 = \text{TRUE}$ и $Q1 = \text{FALSE}$. На языке ST работа блока описывается выражением:

$Q1 = \text{NOT RESET1 AND } (Q1 \text{ OR SET}).$

Вход SET включает выход, вход RESET1 — выключает. При одновременном воздействии обоих входов вход RESET1 является доминантным.

Детекторы импульсов

Детекторы импульсов предназначены для применения в случае, когда требуется реакция не на состояние дискретного сигнала, а на его изменение.

R_TRIG детектор переднего фронта

Таблица 3 Входные и выходные сигналы R_TRIG

R_TRIG

CLK	BOOL	Q	BOOL
-----	------	---	------

Функциональный блок R_TRIG генерирует единичный импульс по переднему фронту входного сигнала.

Реализация блока требует одной внутренней переменной M: **BOOL** := FALSE. На языке ST блок реализуется так:

Q := CLK AND NOT M;

M := CLK;

Выход Q устанавливается в TRUE, если в предыдущем цикле вход CLK был равен FALSE, а в текущем цикле он уже имеет значение TRUE. При следующем вызове функционального блока выход сбрасывается в FALSE. Переменная M запоминает значение CLK в предыдущем цикле.

Если на вход CLK подать константу TRUE, то при перезапуске ПЛК на выходе Q будет сформирован единичный импульс. Аналогично, если вход CLK связан с аппаратурой и уже имеет значение TRUE, экземпляр R_TRIG сформирует ложный единичный импульс при первом вызове. Если бы переменная M имела начальное значение TRUE, то ложного импульса не возникало бы. В случае, когда это явление не желательно, можно создать собственный безопасный детектор фронта или применить пустой вызов экземпляра при начальной инициализации. Такое поведение детекторов фронтов не является ошибкой, поскольку во многих случаях начальный импульс оказывается желательным.

F_TRIG детектор заднего фронта

Таблица 4 Входные и выходные сигналы *F_TRIG*

F_TRIG			
CLK	BOOL	Q	BOOL

Функциональный блок F_TRIG генерирует единичный импульс по заднему фронту входного сигнала.

Реализация блока требует одной внутренней переменной M: **BOOL** := FALSE. На языке ST блок реализуется так:

Q := NOT CLK AND NOT M; M := NOT CLK;

Из сравнения двух реализаций очевидно, что блок F_TRIG превращается в R_TRIG включением на входе инвертора **NOT**.

Обратите внимание на примечание к блоку RTRIG. Блок F_TRIG также обладает свойством формировать ложный импульс при перезапуске.

Счетчики

Теперь рассмотрим реализацию счетчиков.

CTU инкрементный счетчик

Таблица 5 Входные и выходные сигналы *CTU*

CTU			
CU	BOOL	Q	BOOL
RESET	BOOL		
PV	WORD	CV	WORD

По каждому фронту на входе CU значение счетчика (выход CV) увеличивается на 1. Выход Q устанавливается в TRUE, когда счетчик достигнет или превысит заданный PV порог. Логическая 1 на входе сброса (RESET=TRUE) останавливает счет и обнуляет счетчик (CV:=0).

CTD декрементный счетчик

Таблица 6 Входные и выходные сигналы *CTD*

CTD			
CD	BOOL	Q	BOOL

LOAD	BOOL		
PV	WORD	CV	WORD

По каждому фронту на входе CD счетчик (выход CV) уменьшается на 1. Выход Q устанавливается в TRUE, когда счетчик достигнет нуля. Счетчик CV загружается начальным значением, равным PV по входу LOAD = TRUE.

Оборудование и материалы.

Туннельная печь, с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов, МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек -2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ.

Электрическая схема ПЛК и датчиков присутствия и створок на входе и выходе приведена на Рис. 1.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

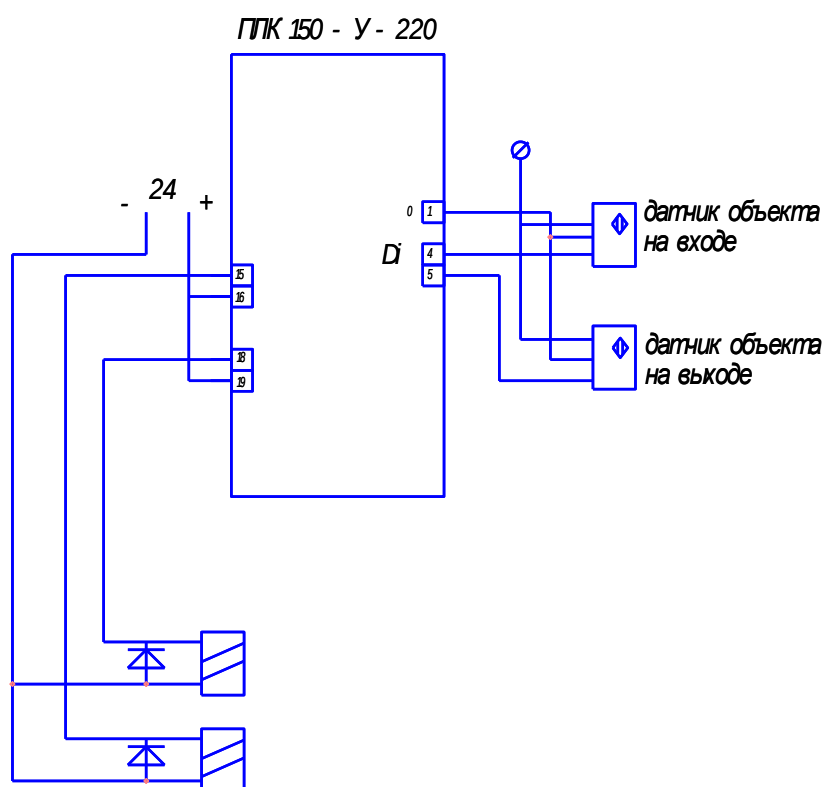


Рисунок. 1 Схема управления входной и выходной створкой

Ход работы

1. Написать программу открытия створок в соответствии с вариантом:
 - а) створки открываются и входная и выходная с учетом времени хода поршня;
 - б) створки открываются с учетом датчиков положения;
 - г) входная створка открывается по входному оптическому датчику, закрываются через расчетную временную задержку и с учетом пункта а;
 - д) входная створка открывается по входному оптическому датчику, закрываются через расчетную временную задержку и с учетом пункта б;
 - е) входная створка открывается по входному оптическому датчику, закрываются через расчетную временную задержку, через заданное время открыть выходную створку и закрыть ее по оптическому датчику на выходе с учетом пункта а;

ж) входная створка открывается по входному оптическому датчику, закрываются через расчетную временную задержку, через заданное время открыть выходную створку и закрыть ее по оптическому датчику на выходе с учетом пункта б;

2. Включить автоматы QS Запустить компрессор подождать, когда давление достигнет необходимого уровня

3. Отлаженную программу и перезагрузить в ПЛК

4. Запустить программу в ПЛК

Контрольные вопросы

1. Как работают программные триггеры RS и SR
2. Как работают формирователи импульса по переднему фронту
3. Как работают формирователи импульса и по заднему фронту
4. Как организованы временные задержки
5. Какое количество дискретных входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
6. Какое количество дискретных выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
7. Какое количество аналоговых входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
8. Какое количество аналоговых выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
9. По какому интерфейсу происходит обмен информации ОВЕН ПЛК150-УЛ с МВУ-8 и МВА-8
10. Каким напряжением питается ОВЕН ПЛК150-УЛ
11. Какой тип входных дискретных сигналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?

Практическая работа № 4 Синтез распределенного регулятора

Цель работы: Синтез распределенного регулятора двумя методами, используя передаточную матрицу полученную в предыдущей работе (лабораторная №2).

Теоретическая часть

Общие теоретические положения

Для анализа объекта управления (ОУ) следует определить границы расположения годографов собственных значений комплексной передаточной матрицы, параметры которой определяются экспериментальным образом. Границы расположения годографов собственных значений могут быть определены с использованием спектров Гершгорина.

Синтез РВР методами модификации передаточной матрицы

Методика построения спектров Гершгорина приведена ниже.

Предположим, что у нас уже имеется матрица комплексных передаточных коэффициентов объекта (системы) вида:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{31} & a_{33} & \dots & a_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где

$$a_{i,j}(p) = \frac{k_{i,j}}{T_{i,j}s + 1} \cdot e^{-s \cdot \tau_{i,j}},$$

где $k_{i,j}$ – коэффициент усиления, $T_{i,j}$ и $\tau_{i,j}$ – постоянные времени, s – оператор

Лапласа.

Необходимо исследовать данную матрицу на диагональную доминантность. Т.е. если модули передаточных функций диагональных элементов $a_{i,j}$ ($i = \overline{1,n}; j = \overline{1,m}$; при $i = j$) много больше суммы (R) модулей недиагональных элементов $a_{i,j}$ ($i = \overline{1,n}; j = \overline{1,m}$; при $i \neq j$), то матрица диагонально доминантна, тогда можно построить многомерную систему управления объектом. В противном случае, если матрица не диагонально-доминантная, требуется перейти к новому ортогональному базису.

Спектр Гершгорина строится следующим образом:

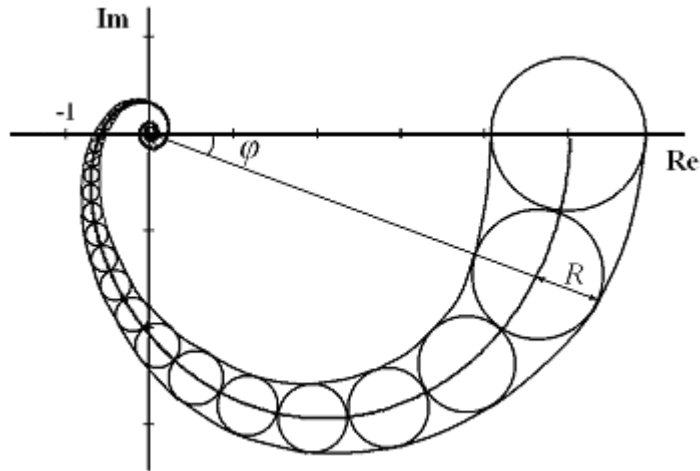


Рисунок.. 2. Спектр Гершгорина.

Определим свойства передаточной матрицы объекта управления. Для этого, по полученной матрице комплексных передаточных коэффициентов, построим спектры Герш Горина [2].

В случае если матрица передаточной функции не является диагонально доминантной, то следует перейти в другой ортогональный базис. Для этого перемножим матрицу комплексных передаточных функций системы (1) на соответствующие вектор-функции (2), представленные, с учетом граничных условий, в виде:

$$C_i(x) = A \cdot \cos(\Psi_i \cdot x), \Psi_i = \frac{\pi \cdot i}{Lx}, i = \overline{1,3}, 0 < x < Lx, \quad (2)$$

В результате, с учетом координат расположения нагревательных элементов, получим следующие вектор-функции:

$$C_1(x) = \begin{vmatrix} 0.983 \\ 0 \\ -0.966 \end{vmatrix}, C_2(x) = \begin{vmatrix} 0.933 \\ -1 \\ 0.866 \end{vmatrix}, C_3(x) = \begin{vmatrix} 0.852 \\ 0 \\ -0.707 \end{vmatrix}.$$

Результаты вычислений занести в отчет.

Модифицируем комплексные передаточные коэффициенты объекта, с учетом полученных спектров Герш Горина, и построим логарифмические амплитудно-частотные и фаза-частотные характеристики (ЛАЧХ и ЛФЧХ), рассчитанные по формулам приведенным ниже.

$$\begin{aligned}
L_1(\omega) &= 20 \lg \left(\sqrt{(\operatorname{Re}(W_{11}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{11}(\omega)))^2} + R_1 \right), R_1 = M_{12}(\omega) + M_{13}(\omega), \\
M_{12} &= \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{12}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{12}(\omega)))^2}, \quad M_{13} = \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{13}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{13}(\omega)))^2}, \\
L_2(\omega) &= 20 \lg \left(\sqrt{(\operatorname{Re}(W_{22}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{22}(\omega)))^2} + R_2 \right), R_2 = M_{21}(\omega) + M_{23}(\omega), \\
M_{21} &= \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{21}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{21}(\omega)))^2}, \quad M_{23} = \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{23}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{23}(\omega)))^2}, \\
L_3(\omega) &= 20 \lg \left(\sqrt{(\operatorname{Re}(W_{33}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{33}(\omega)))^2} + R_3 \right), \quad R_3 = M_{31}(\omega) + M_{32}(\omega), \\
M_{32} &= \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{31}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{31}(\omega)))^2}, \quad M_{32} = \sqrt{(\operatorname{Re}(W_{32}(\omega)))^2 + (\operatorname{Im}(W_{32}(\omega)))^2},
\end{aligned}$$

Выделяя мнимую и действительную части из полученных комплексных передаточных коэффициентов и определяя модуль (M) и фазу (φ), для выбранных значений ω , строим логарифмические частотные характеристики.

Используем полученные частотные характеристики для синтеза распределенного высокоточного регулятора (РВР). Передаточная функция данного регулятора имеет вид:

$$W(G, s) = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G}{n_1} \right) + E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G}{n_2} \right) s + E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G}{n_4} \right) \frac{1}{s}, \quad (3)$$

где G - обобщенная координата; S - оператор Лапласа

n_1, n_2, n_4 - весовые коэффициенты соответственно усилительного дифференцирующего и интегрального распределенных звеньев; E_1, E_2, E_4 - коэффициенты пропорциональности соответственно усилительного дифференцирующего и интегрального распределенных звеньев.

Для синтеза РВР необходимо определить значения параметров $E_1, E_2, E_4, n_1, n_2, n_4$. Для этого определяем из графика на рис. 4.9, с учетом принятого запаса устойчивости по фазе ($\Delta\varphi = \pi/6$), желаемые частоты среза модуля для разных мод входных воздействий. Определяем допустимые значения коэффициентов передачи объекта, которые соответственно равны

Далее, по формуле (3), находим коэффициенты усиления регулятора по соответствующим модам входных воздействий.

$$K_{yi} = \frac{1}{K_{оби}}, \quad (4)$$

где i - номер моды входного воздействия.

Для определения E_1 и n_1 по двум входным воздействиям необходимо решить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} K_{y1} = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_1}{n_1} \right), \\ K_{y2} = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} + \frac{G_2}{n_1} \right), \end{cases} \text{ где } G_1 = \left(\frac{\pi}{L_x} \right)^2 \text{ и } G_2 = \left(\frac{2\pi}{L_x} \right)^2 \quad (5).$$

Решая данную систему уравнений, получаем E_1, n_1 .

Затем определяем соответствующие постоянные времени интегрирования по формуле (6):

$$T_{интi} = \frac{1}{K_{yi} \cdot \omega_{срi}}, \quad (6)$$

Определяем постоянные времени дифференцирования по формуле (7):

$$T_{дифi} = \frac{K_{yi}}{\omega_{срi}}, \quad (7)$$

Аналогично для определения E_2 и n_2 через постоянные времени дифференцирования получим систему уравнений (8):

$$\begin{cases} T_{диф1} = E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_1}{n_2} \right), \\ T_{диф2} = E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} + \frac{G_2}{n_2} \right). \end{cases} \quad (8)$$

Для определения E_4 и n_4 через постоянные интегрирования получим систему уравнений (9):

$$\begin{cases} \frac{1}{T_{инт1}} = E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_1}{n_4} \right) \\ \frac{1}{T_{инт2}} = E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} + \frac{G_2}{n_4} \right) \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, определены значения параметров $E_1, E_2, E_4, n_1, n_2, n_4$ для реализации пространственного регулятора. Можно переходить к реализации регулятора в ПЛК. Реализация регулятора рассмотрена в следующей лабораторной.

Синтез РВР методами СРП

Проведем второй вариант синтеза согласно литературе [1]

Определяем частоты среза при различных модах возмущающего сигнала разомкнутой системы с учетом запаса устойчивости по фазе, который примем равным

$-\pi + \frac{\pi}{6}$, в соответствии с формулой:

$$-\pi + \Delta\varphi_\eta = -\omega\tau_\eta - \arctg(T_\eta\omega); \quad (10)$$

где $\eta = \overline{1,2,\dots}$ - индекс моды сигнала возмущения;

τ_η - постоянная времени запаздывания по соответствующей моде;

T_η - постоянная времени объекта по соответствующей моде.

В результате вычислений получили следующие результаты:

ω_{cp1} - частота среза по первой моде входного сигнала;

ω_{cp2} - частота среза по второй моде входного сигнала;

ω_{cp3} - частота среза по третьей моде входного сигнала.

Через частоты среза по соответствующим модам входного возмущающего воздействия, определенным модули передачи объекта по соответствующим модам по формулам:

$$\begin{aligned} M_{об1} &= M_{11}; \quad M_{об2} = M_{22}; \quad M_{об3} = M_{33}; \\ \text{где - } M_{11} &= \sqrt{\frac{k_{11}^2}{(T_{11} \cdot \omega_{cp1})^2 + 1}}; \quad M_{22} = \sqrt{\frac{k_{22}^2}{(T_{22} \cdot \omega_{cp2})^2 + 1}}; \quad M_{33} = \sqrt{\frac{k_{33}^2}{(T_{31} \cdot \omega_{cp3})^2 + 1}} \end{aligned} \quad (11)$$

где $k_{11} \dots k_{33}$ - коэффициенты передачи (значение коэффициентов передачи и их индексы соответствуют значениям и индексам из модифицированной передаточной матрицы (2);

$T_{11} \dots T_{33}$ - постоянные времени объекта (значение постоянных времени и их индексы соответствуют значениям и индексам из модифицированной передаточной матрицы (2);

$\omega_{cp1}, \omega_{cp2}, \omega_{cp3}$ - частоты среза объекта по соответствующим модам;

$M_{об1}; M_{об2}; M_{об3}$ - расширенные значения модуля передачи объекта по соответствующим модам;

$M_{11} \dots M_{33}$ - модули передачи, вычисленные на частоте среза по модифицированной передаточной матрице.

Затем определяем минимальные коэффициенты усиления регулятора в этих точках по формулам:

$$K_{y1} = \frac{1}{M_{об1}}; \quad K_{y2} = \frac{1}{M_{об2}}; \quad K_{y3} = \frac{1}{M_{об3}}; \quad (12)$$

где K_{y1}, K_{y2}, K_{y3} - коэффициенты усиления регулятора по соответствующим модам;

Коэффициенты усиления регулятора по модам, затем определяем параметр n_1 из уравнения:

$$n_1 = \frac{-1 + \Delta M - \Delta M G_1 + G_2}{\Delta M - 1}; \quad (13)$$

где $\Delta M = \frac{K_{y2}}{K_{y1}}$ - отношение коэффициентов усиления по соответствующим

модам;

$G_1 = 3.855, G_2 = 15.42, G_3 = 34.351$ - значения обобщенных координат.

Из уравнения получим n_1

Обобщенный коэффициент усиления по первой моде определяется по формуле:

$$K_{y1} = E_1 \left[\frac{n_1 - 1 + G_1}{n_1} \right]$$

Преобразовывая данное уравнение и подставляя n_1 в преобразованное уравнение, которое имеет вид:

$$E_1 = \frac{K_{y1} n_1}{n_1 - 1 + G_1}. \quad (14)$$

получаем значение параметра E_1 .

Далее определяем соотношение квадратов между частотами среза максимально удаленным между собой модам по формуле:

$$\Delta \omega^2 = \frac{\omega_{cp2}^2}{\omega_{cp1}^2}; \quad (15)$$

где $\omega_{cp1}^2, \omega_{cp2}^2$ значение частот среза по соответствующим модам в квадрате.

Если $\Delta \omega^2 > 1$, то определяем значение n_4 , а если $\Delta \omega^2 < 1$, то определяем значение n_2 . В нашем случае значение $\Delta \omega^2 = 0.972$ поэтому определяем n_2 по формуле:

$$n_2 = \frac{\Delta \omega^2 - 1 + G_1 - \Delta \omega^2 \cdot G_2}{\Delta \omega^2 - 1}; \quad (16)$$

Определяем параметр Δ , который определяется по формуле:

$$\Delta = \log(\omega_1) - \log(\omega_2)$$

Учитывая, что параметр $\Delta = 0.00622$, то параметр E_2 определяется по формуле:

$$E_2 = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{n_2 - 1 + G_1}{n_2} \right)^2 \cdot 10^{\Delta (\omega_{cp1})^2}}}; \quad (17)$$

Далее определяем коэффициент усиления дифференцирующего пространственного звена по формуле, учитывая значение E_2

$$K_2 = E_2 \left(\frac{n_2 - 1 + G_1}{n_2} \right); \quad (18)$$

Определяем значение E_4 по формуле:

$$E_4 = \frac{1}{10^{\Delta} K_2}; \quad (19)$$

Исходя из формулы (18), что $E_4=0.022$, определяем коэффициент усиления интегрального пространственного звена по формуле:

$$K_4 = \frac{1}{10^{\Delta} E_2}; \quad (20)$$

После определения K_4 определяем параметр n_4 по формуле:

$$n_4 = \frac{-E_4 + E_4 G_1}{K_4 - E_4}; \quad (21)$$

В результате вычислений получили следующие параметры $E_1, E_2, E_4, n_1, n_2, n_4$.

Оборудование и материалы.

Компьютер с программным обеспечением Mathcad.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Ход работы

1. Написать программу для построения спектров Гершгорина и Логарифмических амплитудных и фазовых характеристик, полученную информацию использовать для получения $E_1, E_2, E_4, n_1, n_2, n_4$.

Контрольные вопросы.

1. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
2. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
3. Какие параметры нужно записать в ресурсах ПЛК
4. Какое количество аналоговых входных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
5. Какое количество аналоговых выходных каналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?
6. По какому интерфейсу происходит обмен информации ОВЕН ПЛК150-УЛ с МВУ-8 и МВА-8
7. Каким напряжением питается ОВЕН ПЛК150-УЛ
8. Какой тип входных дискретных сигналов имеет ОВЕН ПЛК150-УЛ?

Практическая работа № 5

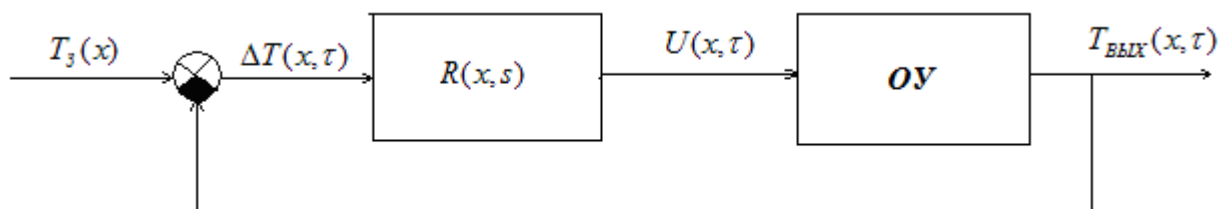
Реализация регулятора для трех зонной тепловой камеры

Цель работы: Разработка программ для работы лаб. стенда трех зонной тепловой камеры (РВР -регулятор)

Теоретическая часть

Общие теоретические положения

Функциональная схема системы управления имеет вид, приведенный на рис.1:



ОУ- объект управления; $R(x,s)$ - распределенный высокоточный регулятор.

Рисунок. 1 Система управления с РВР регулятором.

Сигнал на входе регулятора равен разнице между сигналом задания и сигналом обратной связи т.е.

$$\Delta T(x, \tau) = T_3(x) - T_{\text{ВЫХ}}(x, \tau).$$

где $T_3(x)$ - сигнал задания; $T_{\text{ВЫХ}}(x, \tau)$ - сигнал обратной связи; $\Delta T(x, \tau)$ - сигнал рассогласования.

Передаточная функция проектируемого регулятора имеет следующий вид:

$$R(x, s) = E_1 \left(\frac{n_1 - 1}{n_1} - \frac{1}{n_1} \nabla^2 \right) + E_2 \left(\frac{n_2 - 1}{n_2} - \frac{1}{n_2} \nabla^2 \right) s + E_4 \left(\frac{n_4 - 1}{n_4} - \frac{1}{n_4} \nabla^2 \right) \frac{1}{s}. \quad (1)$$

Для упрощения заменим некоторые постоянные следующим образом в соответствии с результатами раздела 4.2:

$$C_1 = \frac{n_1 - 1}{n_1}; C_2 = \frac{1}{n_1}; C_3 = \frac{n_2 - 1}{n_2}; C_4 = \frac{1}{n_2}; C_5 = \frac{n_4 - 1}{n_4}; C_6 = \frac{1}{n_4}.$$

С учетом выше сказанного получим входное воздействие на объект $U(x, \tau)$ равно:

$$\begin{aligned} U(x, \tau) &= \Delta T(x, \tau) \cdot R(x, s) = \\ &= \left(E_1 C_1 \Delta T(\cdot) - E_1 C_2 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) + \left(E_2 C_3 \Delta T(\cdot) - E_2 C_4 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) s + \\ &+ \left(E_4 C_5 \Delta T(\cdot) - E_4 C_6 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) \frac{1}{s} \end{aligned} \quad (2)$$

Для преобразования уравнения (4.21) к дискретному виду, произведем замену оператора Лапласа s оператором $\frac{\partial}{\partial \tau}$. Тогда получим:

$$\begin{aligned} U(x, \tau) &= \Delta T(x, \tau) \cdot R(x, s) = \\ &= \left(E_1 C_1 \Delta T(\cdot) - E_1 C_2 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) + \frac{\partial}{\partial \tau} \left(E_2 C_3 \Delta T(\cdot) - E_2 C_4 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) + \\ &+ \frac{\partial \tau}{\partial} \left(E_4 C_5 \Delta T(\cdot) - E_4 C_6 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{где } \frac{\partial \tau}{\partial} \left(E_4 C_5 \Delta T(\cdot) - E_4 C_6 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) = E_4 \int_{\tau} \left(C_5 \Delta T(\cdot) - C_6 \nabla^2 \Delta T(\cdot) \right) d\tau,$$

Приведем уравнение (4.22) к дискретной форме записи. Для этого произведем замену переменных x и τ их целочисленными аналогами η и γ . С учетом этого, в дискретном виде получим

$$\begin{aligned}
U(\eta, \gamma) = & E_1 \left(C_1 \Delta T(\eta, \gamma) - C_2 \cdot \nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma) \right) + \\
& + \frac{E_2 \left(C_3 \Delta T(\eta, \gamma) - C_4 \nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma) \right) - E_2 \left(C_3 \Delta T(\eta, \gamma - 1) - C_4 \nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma - 1) \right)}{\Delta \tau} + \\
& + \sum_{\gamma=1}^{\rho} \left(\left(E_4 \left(C_5 \Delta T(\eta, \gamma) - C_6 \nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma) \right) \right) \cdot \Delta \tau \right),
\end{aligned}$$

где $\nabla^2 \Delta T(i, \gamma) = \frac{\Delta T(\eta+1, \gamma) - 2 \cdot \Delta T(\eta, \gamma) + \Delta T(\eta-1, \gamma)}{\Delta x_{23}^2}$, ρ - количество циклов по

времени, Δx - шаг дискретизации по координате x , $\Delta \tau$ - шаг дискретизации по времени для второй зоны регулирования мощности, когда расстояние между зонами нагрева с датчиками температуры, одинаковые $\Delta x_{23}^2 = 0.504$;

и $\nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma) = \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial x^2} = \left(\frac{\Delta T(\eta+1, \gamma) - \Delta T(\gamma)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(\eta, \gamma) - \Delta T(\eta-1, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} \right)$ для первой зоны регулирования мощности, когда расстояние между зонами нагрева с датчиками температуры, не одинаковые $\Delta x_{12}^2 = 0.0088$;

Аналогично последней формуле составим уравнение и для третьей зоны управления мощностью.

$$\nabla^2 \Delta T(\eta, \gamma) = \frac{\partial^2 \Delta T}{\partial x^2} = \left(\frac{\Delta T(\eta+1, \gamma) - \Delta T(\gamma)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(\eta, \gamma) - \Delta T(\eta-1, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \quad (4)$$

Для использования в алгоритме работы пространственного регулятора примем постоянные коэффициенты соответственно равными: $E_1 C_1 = A_1$; $-E_1 C_2 = A_2$; $-E_2 C_3 = A_3$; $-E_2 C_4 = A_4$; $E_4 C_5 = A_5$; $E_4 C_6 = A_6$.

Тогда дискретные формулы будут выглядеть соответственно:

- Для пропорциональной части регулирующего воздействия первой зоны регулирования мощности:

$$U_{1p}(2, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(2, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(2, \gamma) - \Delta T(1, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} \right) \right)$$

- для пропорциональной части второй зоны регулирования мощности;

$$; U_{2p}(2, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(3, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right)$$

- для пропорциональной части третьей зоны регулирования мощности;

$$U_{3p}(3, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(4, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(5, \gamma) - \Delta T(4, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right).$$

Для дифференциальной части регулирующего воздействия первой зоны регулирования мощности:

$$U_{1d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(2, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(2, \gamma) - \Delta T(1, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(2, \gamma - 1) - A_4 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma - 1) - \Delta T(2, \gamma - 1)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(2, \gamma - 1) - \Delta T(1, \gamma - 1)}{\Delta x_{12}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для дифференциальной части регулирующего воздействия второй зоны регулирования мощности:

$$U_{2d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(3, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(3, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для дифференциальной части регулирующего воздействия третьей зоны регулирования мощности:

$$U_{3d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(4, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(5, \gamma) - \Delta T(4, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(4, \gamma - 1) - A_4 \left(\frac{\Delta T(5, \gamma - 1) - \Delta T(4, \gamma - 1)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(4, \gamma - 1) - \Delta T(3, \gamma - 1)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для интегральной части регулирующего воздействия первой зоны регулирования мощности:

$$U_{1i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(2, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(2, \gamma) - \Delta T(1, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

Для интегральной части регулирующего воздействия второй зоны регулирования мощности:

$$U_{2i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(3, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

Для интегральной части регулирующего воздействия третьей зоны регулирования мощности:

$$U_{3i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(4, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(5, \gamma) - \Delta T(4, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

Во всех выше перечисленных формулах - $\Delta T(2, \gamma), \Delta T(3, \gamma), \Delta T(4, \gamma)$ это отклонение температуры от заданной в зонах нагрева, где находятся датчики температуры; - $\Delta T(1, \gamma), \Delta T(5, \gamma)$ это отклонение температуры от заданной на границе камеры по оси х.

В связи с тем, что границы туннельной печи (точки Т(1) и Т(5)) теплоизолированные, а зоны нагрева с датчиками температуры (точки Т(2) и Т(4)) находятся очень близко к границам туннельной печи, примем значение $\Delta T(2, \gamma) - \Delta T(1, \gamma)$ и $\Delta T(5, \gamma) - \Delta T(4, \gamma)$ равными нулю. В противном случае из-за соотношения $(\Delta x_{12}^2 / \Delta x_{23}^2) = 0.0175$ в системе возникнут сильные возмущающие воздействия, которые увеличат колебательные процессы вследствие возникновения двух дополнительных пространственных усилительных звеньев.

Формулы для наших трех зон регулирования будут выглядеть следующим образом.

Для первой зоны пропорциональной составляющей закона регулирования: -

$$U_{1p}(2, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(2, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} - \frac{\Delta T(2, \gamma) - \Delta T(1, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} \right) \right).$$

Для второй зоны пропорциональной составляющей закона регулирования: -

$$U_{2p}(2, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(3, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right).$$

Для третьей зоны пропорциональной составляющей закона регулирования: -

$$U_{3p}(3, \gamma) = \left(A_1 \Delta T(4, \gamma) - A_2 \left(\frac{\Delta T(5, \gamma) - \Delta T(4, \gamma)}{\Delta x_{12}^2} - \frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right).$$

Для первой зоны дифференциальной составляющей закона регулирования: -

$$U_{1d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(2, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(2, \gamma - 1) - A_4 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma - 1) - \Delta T(2, \gamma - 1)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для второй зоны дифференциальной составляющей закона регулирования: -

$$U_{2d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(3, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(3, \gamma) - A_4 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для третьей зоны дифференциальной составляющей закона регулирования: -

$$U_{3d} = \left(\frac{A_3 \Delta T(4, \gamma) - A_4 \left(-\frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} - \frac{A_3 \Delta T(4, \gamma - 1) - A_4 \left(-\frac{\Delta T(4, \gamma - 1) - \Delta T(3, \gamma - 1)}{\Delta x_{23}^2} \right)}{\Delta \tau} \right).$$

Для первой зоны интегральной составляющей закона регулирования: -

$$U_{1i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(2, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(3, \gamma) - \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

Для второй зоны интегральной составляющей закона регулирования: -

$$U_{2i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(3, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - 2\Delta T(3, \gamma) + \Delta T(2, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

Для третьей зоны интегральной составляющей закона регулирования: -

$$U_{3i} = \sum_{\gamma}^N \left(A_5 \Delta T(4, \gamma) - A_6 \left(\frac{\Delta T(4, \gamma) - \Delta T(3, \gamma)}{\Delta x_{23}^2} \right) \right) \Delta \tau.$$

2. Аппаратная и программная реализация регулятора

Регулятор реализован на программируемом логическом контролере ПЛК-150-UL, поставляемый фирмой «Owen». Данный контролер имеет четыре программируемых аналоговых входа (в нашем случае запрограммированные для работы с датчиками типа ТХК(L)) и два аналоговых выхода с унифицированным сигналом (0-10В). Блок усиления мощности представляет собой микропроцессорный блок управления тиристорами и симисторами (БУСТ). В связи с тем, что ПЛК не имеет третьего аналогового канала, третий канал управления мощностью нагрева третьей зоной нагрева тепловой камеры реализован через модуль вывода управляющий (МВУ8). МВУ8 управляется ПЛК через сеть по интерфейсу связи RS-485. МВУ8 имеет аналоговый выход с унифицированным сигналом (0-20mA), который согласуется с входными управляющими сигналами блока управления тиристорами и симисторами (БУСТа).

Среда программирования «CoDeSys», поставляемая фирмой «Owen» совместно с программируемым логическим контролером (ПЛК) предоставляет несколько возможностей для реализации алгоритма с помощью различных языков МЭК (международная электротехническая комиссия). Рассмотрим реализацию алгоритма работы регулятора на языке FBD (Function Bloc Diagram). Программу в FBD реализуем с помощью стандартных блоков, которые имеются в библиотеке «CoDeSys».

Алгоритм работы регулятора приведен на рисунках 2 - 4 ниже

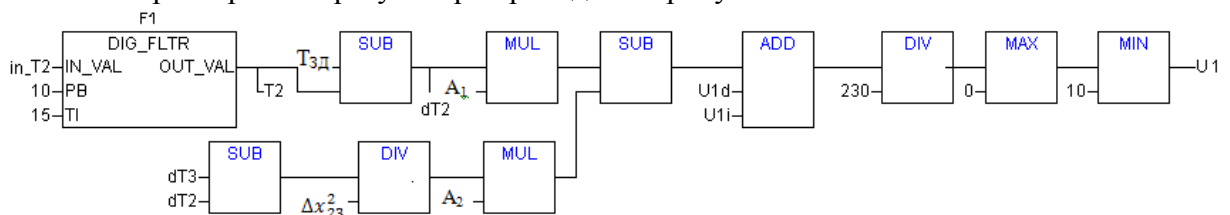


Рисунок. 2 Пропорциональная составляющая закона управления для 1 зоны нагрева распределенного регулятора.

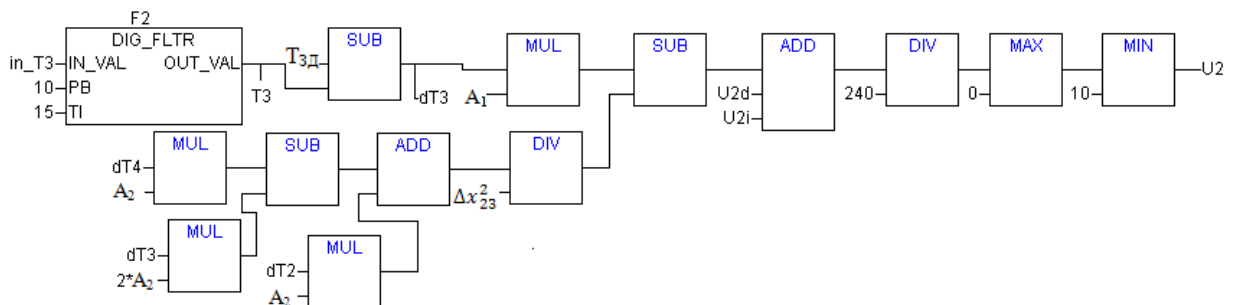


Рисунок. 3 Пропорциональная составляющая закона управления для 2 зоны нагрева распределенного регулятора.

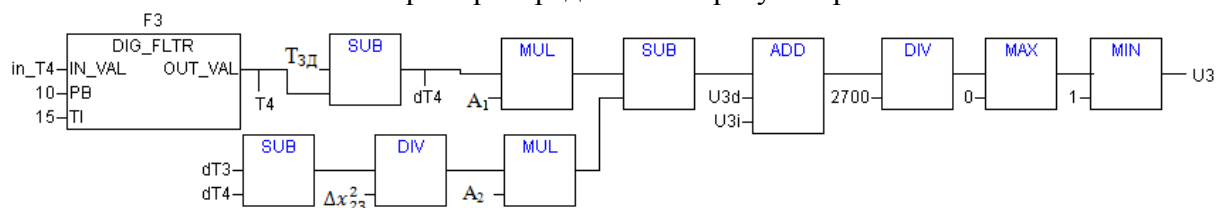


Рисунок. 4 Пропорциональная составляющая закона управления для 3 зоны нагрева распределенного регулятора.

Для реализации функций дифференцирования и интегрирования воспользуемся готовыми функциональными блоками, которые имеются в среде программирования «CoDeSys». Функция дифференцирования в нем осуществляется аппроксимацию по четырем точкам, что снижает ошибку при наличии шума на входе блока. Функция интегрирования использует двух точечный метод трапеций.

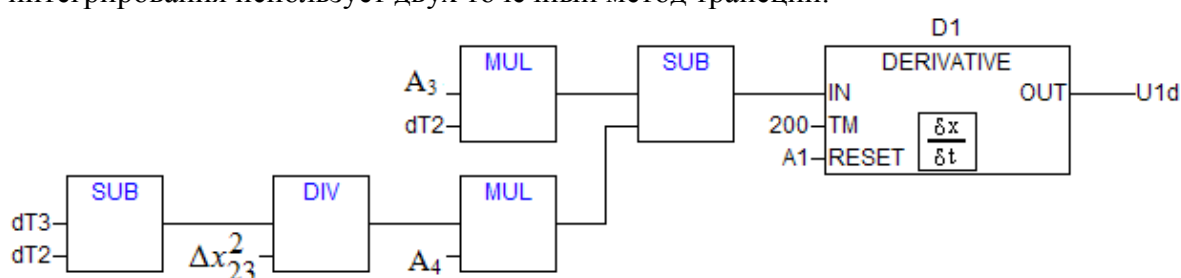


Рисунок.5 Дифференциальная составляющая закона управления распределенного регулятора для первой зоны нагрева.

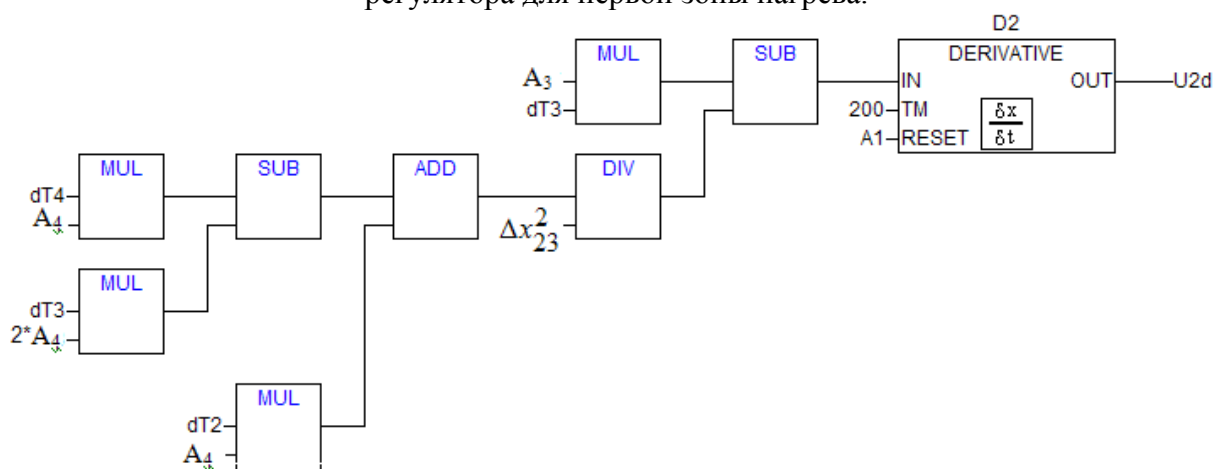


Рисунок. 6 Дифференциальная составляющая закона управления распределенного регулятора для второй зоны нагрева.

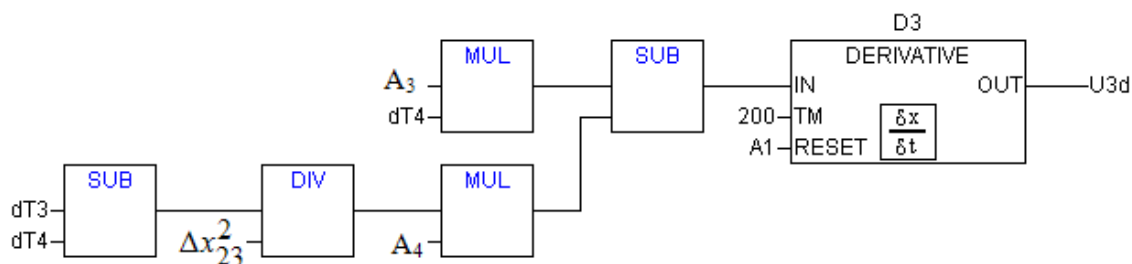


Рисунок. 7 Дифференциальная составляющая закона управления распределенного регулятора для третьей зоны нагрева.

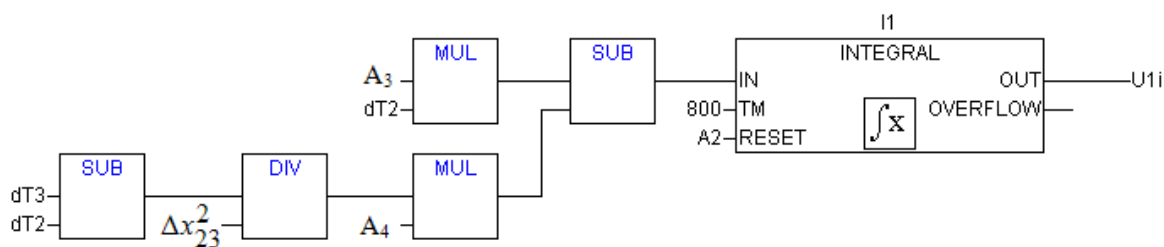


Рисунок. 8 Интегральная составляющая закона управления распределенного регулятора для первой зоны нагрева.

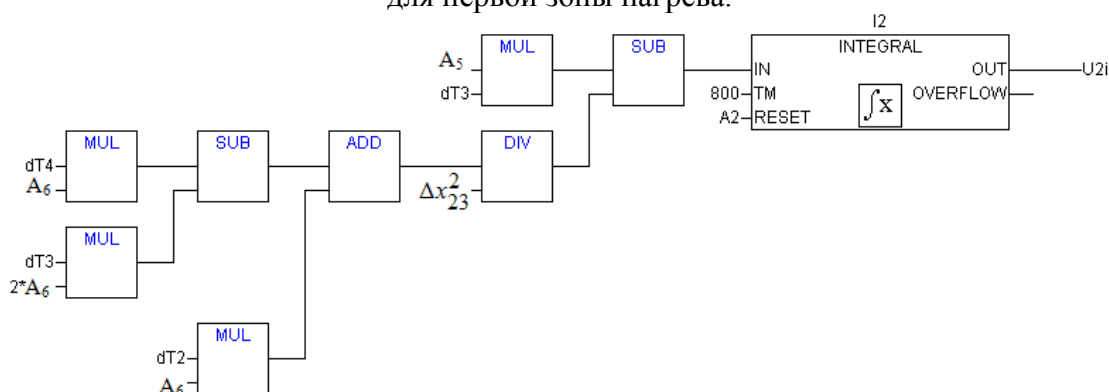


Рисунок. 9 Интегральная составляющая закона управления распределенного регулятора для второй зоны нагрева.

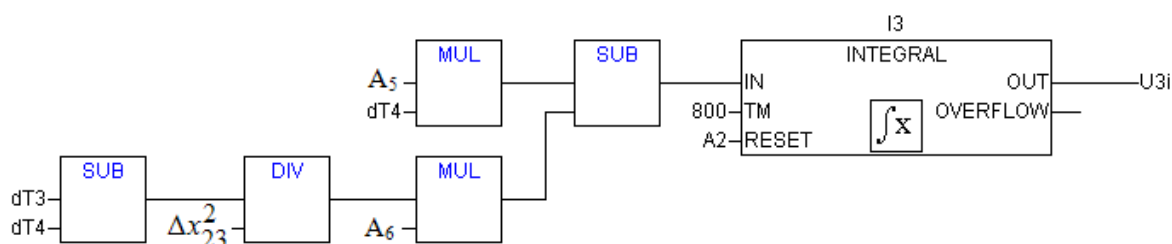


Рисунок. 10 Интегральная составляющая закона управления распределенного регулятора для третьей зоны нагрева.

На рисунках 5-10 приведенных выше обозначены блоки следующих арифметических действий и сигналы:

- SUB блок вычитания;
- MUL блок умножения;
- ADD блок сложения,
- DIV блок деления;
- DERIVATIVE блок дифференцирования;
- INTEGRAL блок интегрирования;
- DIG_FLTR блок цифровой фильтрации входного сигнала;
- in_T2, in_T3, in_T4 – соответственно сигналы от датчиков температуры 1 канала, 2 канала, 3 канала;
- U1, U2, U3 сигналы управляющего воздействия на усилитель мощности;
- U1d, U2d, U3d сигналы дифференциальной составляющей по соответствующим каналам управления;
- U1i, U2i, U3i сигналы интегральной составляющей по соответствующим каналам управления;
- T_{зд} сигнал задания температуры объекта;
- Δx_{23}^2 квадрат расстояния между зонами нагрева;

- $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ постоянные коэффициенты пространственного регулятора, вычисленные в разделах 4.2-4.4

В данном алгоритме не приводятся блоки периодического сброса интегратора и дифференциатора (через входы «RESET» соответствующих блоков) т.к. накопление интегральной составляющей приводит неограниченному росту перерегулирования на нашем объекте с медленно протекающими тепловыми процессами.

В нашем алгоритме переходной процесс зависит от следующих параметров:

$\Delta x^2 = 0.504$ расстояние между датчиками в квадрате,

$\Delta \tau = 0.2$ сек или 200 мс время опроса датчиков и цикла подачи управляющего сигнала на силовой блок,

TM_d, TM_{II} - времени между двумя вызовами блока, в нашем случае оно составляет 0.2 секунды или 200 мс для TM_d , и 0.8 или 800 мс для TM_{II}

A1- период сброса дифференцирующего блока, который составляет 1с..

A2- период сброса интегрирующего блока, который составляет 5с..

Оборудование и материалы.

Туннельная печь, с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов, МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек -2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ. На рис 11 Схема регулятора температуры

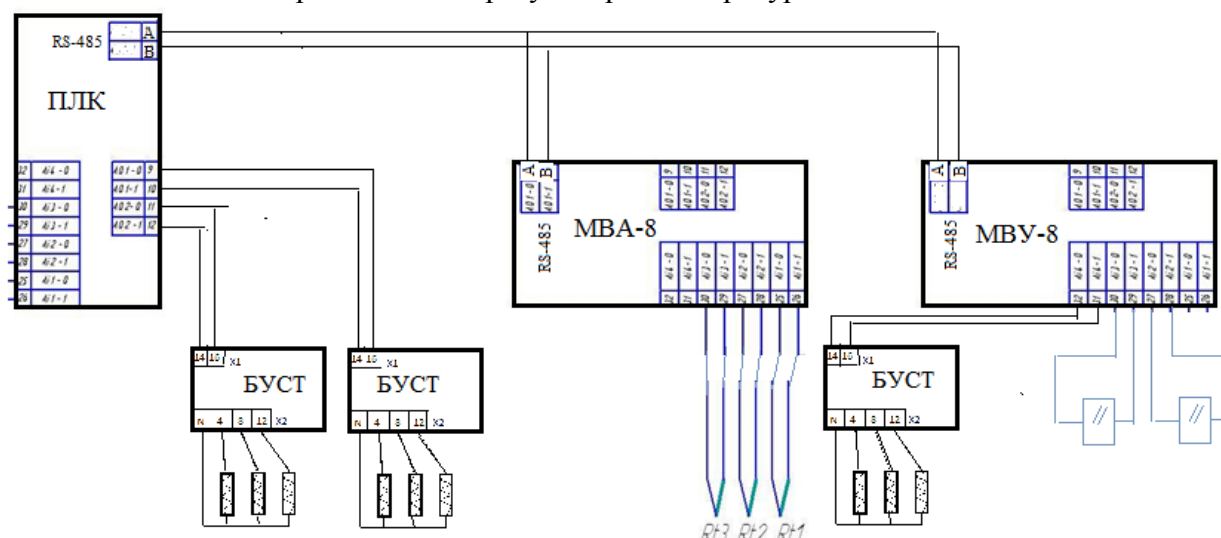


Рисунок. 11 Схема регулятора температуры

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Ход работы

1. Написать программу получения информации о температуре через ПЛК и МВА для испытания объекта.
2. Отлаженную программу и перезагрузить в ПЛК
4. Запустить программу на лабораторном стенде ПЛК

Контрольные вопросы.

1. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
2. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8

3. Какие параметры нужно записать в ресурсах ПЛК
4. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
5. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
6. Какие параметры нужно прописать в ресурсах ПЛК для работы с МВУ-8 и МВА-8

Практическая работа № 6

Исследование работы распределенного регулятора для трех зонной тепловой камеры

Цель работы: Проверка работы программы, разработанные в предыдущей лабораторной работе.

Теоретическая часть

Для реализации РВР регулятора

1. Работа ПЛК по интерфейсу RS-485 с МВУ (модуль ввода или вывода). Запустите CoDeSys, создайте новый проект или откройте существующий. Зайдите на вкладку *Resources* и выберите пункт *PLC Configuration* (Рис.1).

В открывшемся слева окне конфигурации ПЛК правой кнопкой «мыши» нажмите верхнюю надпись. Например, при использовании ПЛК150-220.И-Л этой надписью будет *PLC 150 I*. В открывшемся контекстном меню выберите пункт *Append Subelement*, а в появившемся новом контекстном меню – пункт *Owen (Master)* (Рис.2).

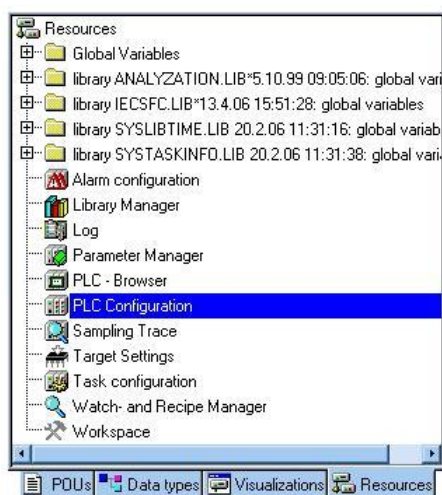


Рисунок. 1

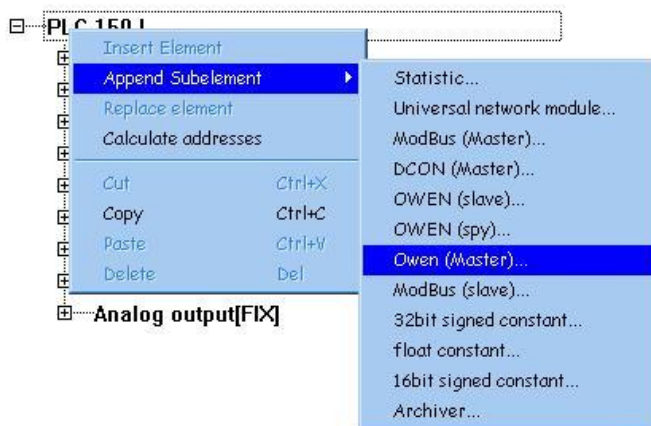


Рисунок. 2

Таким образом, вы добавляете в конфигурацию модуль обмена данными по протоколу Овен. Контроллер должен быть ведущим прибором, то есть мастером сети, что отражено в названии добавленного модуля *Owen (Master)*.

2. Выделите появившийся модуль *Owen (Master)*, в окне слева выберите вкладку *ModuleParameters* (Рис.3).

Задайте для параметра *MaxResponseDelayms* значение не менее 200 мс в колонке *Value*. Разверните пункт *Owen (Master)*, нажав левой кнопкой «мыши» на значке «+». Выделите пункт *RS-485 [SLOT]*, затем зайдите на вкладку *ModuleParameters*. На Рис. 4 представлены те значения параметров обмена по сети, которые вам необходимо установить.

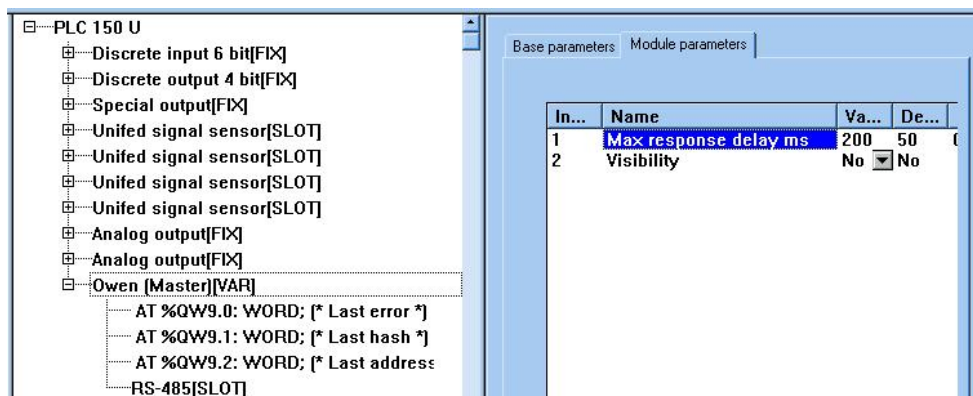


Рисунок. 3

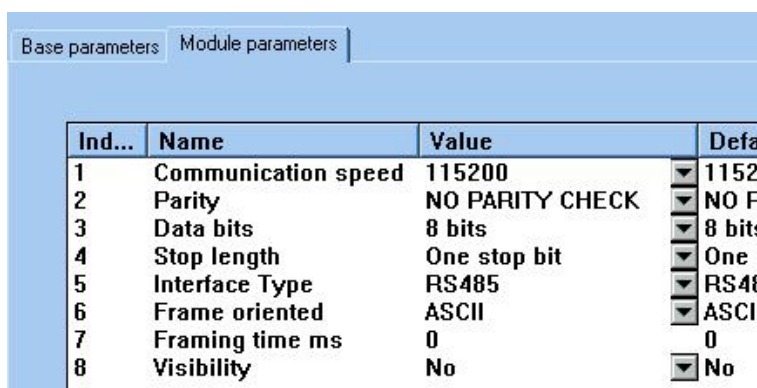


Рисунок. 4

Заметим, что модули расширения MBA8, MBY8 и МДВВ общаются с ПЛК по интерфейсу RS485.

3. Конфигурация MBY8. Уже сделана и поэтому проведем согласование работы модулей MBA-8 и MBY-8. Для этого для MBA-8 в подпункте RS485. Добавим тип принимаемой переменной «Float variable + time (Listen) [Var] как , показано на рис. 5

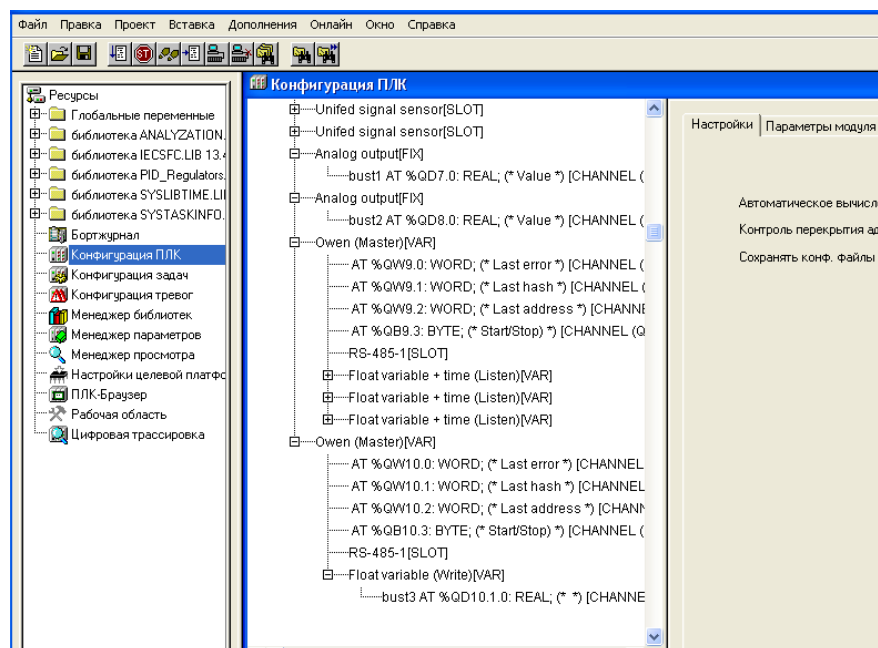


Рисунок. 5

Так как число датчиков 3 добавляем 3 доп. параметра т.к. датчики подсоединены начиная с входа на блоке «0» а блок имеет адрес «8», то для 3 датчика параметры будут выглядеть как показано на рис. 6 и рис. 7

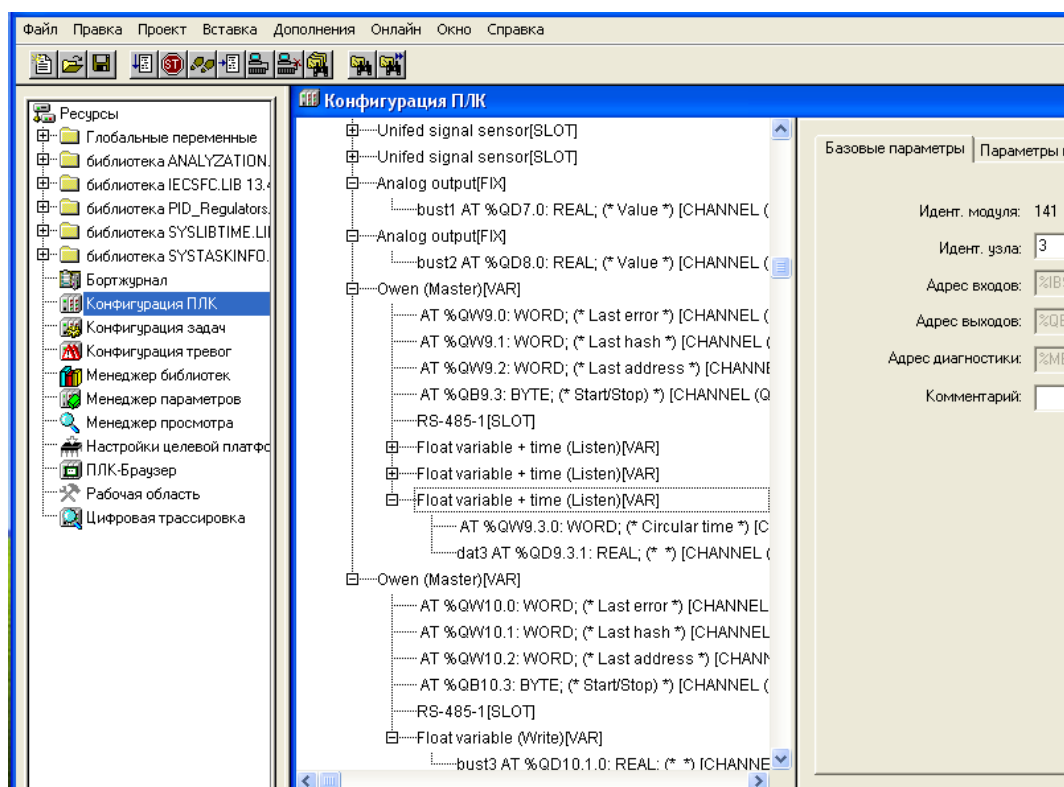


Рисунок. 6

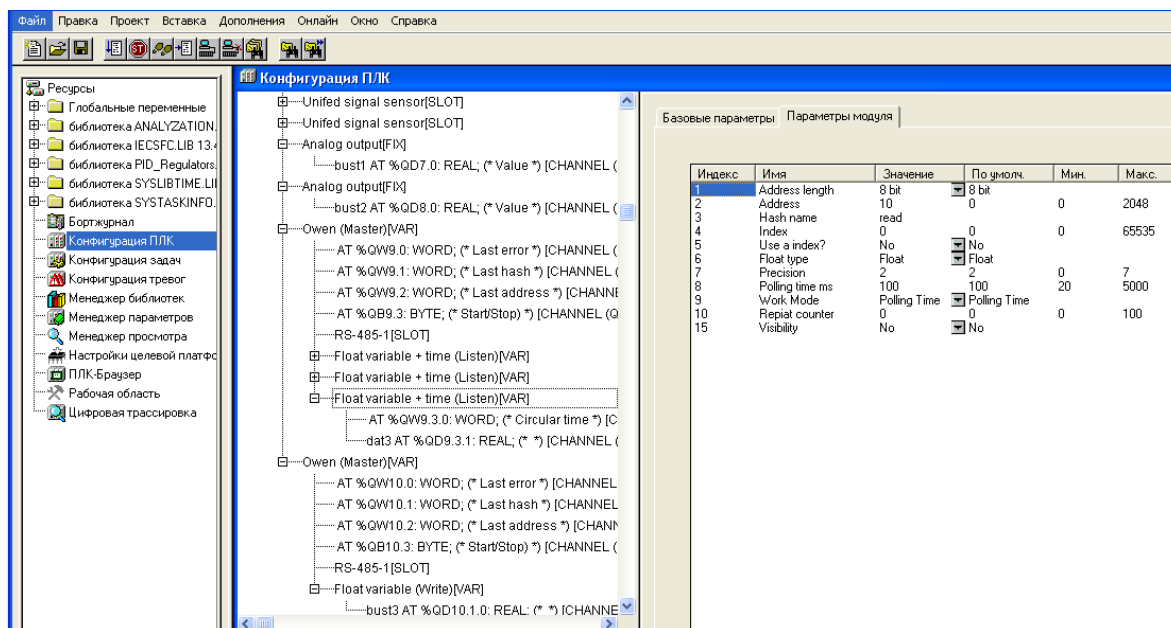


Рисунок. 7.

4. Проведем согласование работы модуля МВУ-8. Так ПЛК-150 –УЛ имеет только 2 аналоговых выхода то для третьего канала управления нужно подключить 1 канал МВУ-8 (0 – выход в режиме универсального токового выход (4-24мА)). Для этого для МВУ-8 повторим вызов пункта *Owen (Master)* и подпункт RS-485. Добавим тип принимаемой переменной «Float variable (Write) [Var] как, показано на рис. 8.

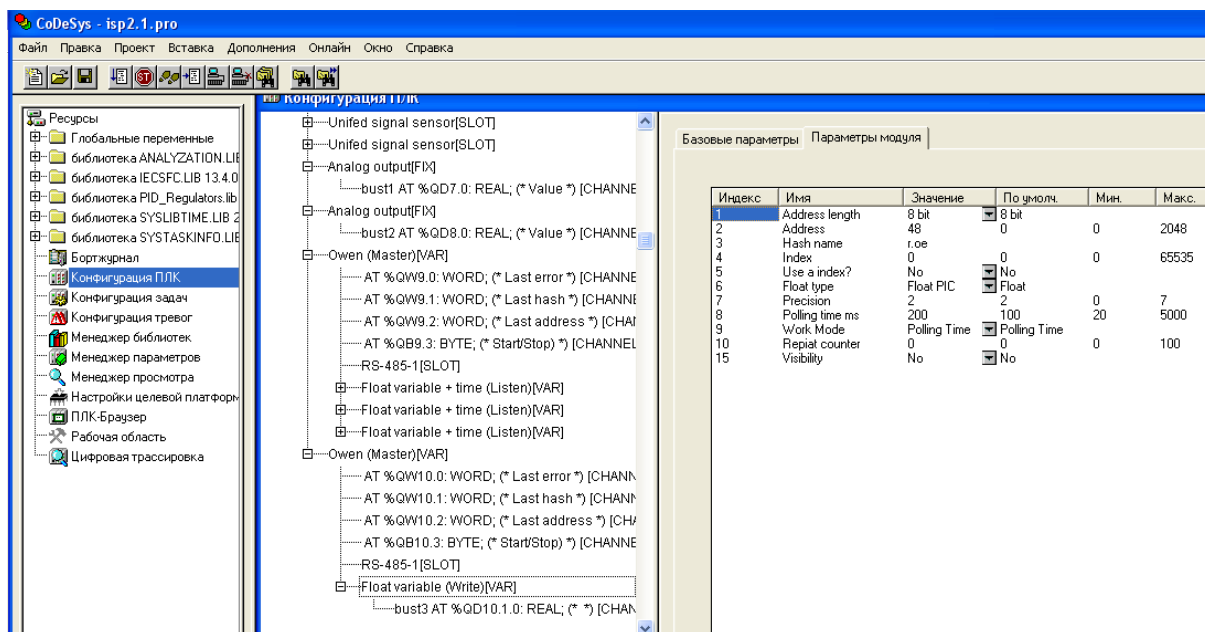


Рисунок. 8.

Проверяем в параметрах модуля адрес «№», для МВУ он начинается с 48 и тип переменной в графе «Hash name» - r.oe.

5. Для визуализации процессов, протекающих в системе, создадим графики изменения температуры в туннельной камере. Для этого в разделе визуализации выбираем Тренд (мелкое изображение) расширяем мышью на поле визуализации проекта. Вызываем конфигурирование согласно рис. 9.

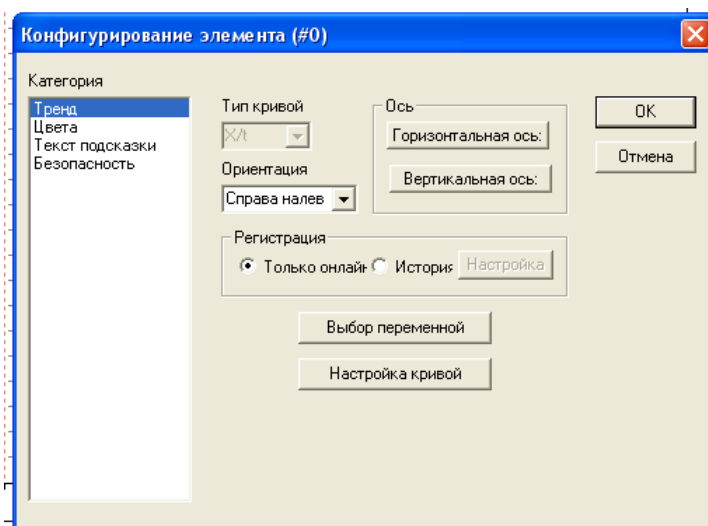


Рисунок. 9

Затем конфигурируем горизонтальную ось, вертикальная ось и выбор переменной
рис. 10-12.

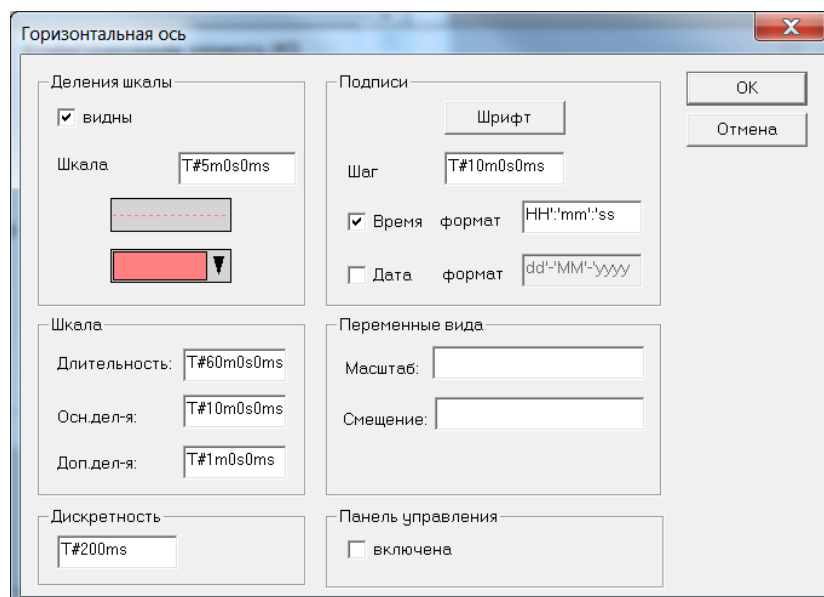


Рисунок. 10.

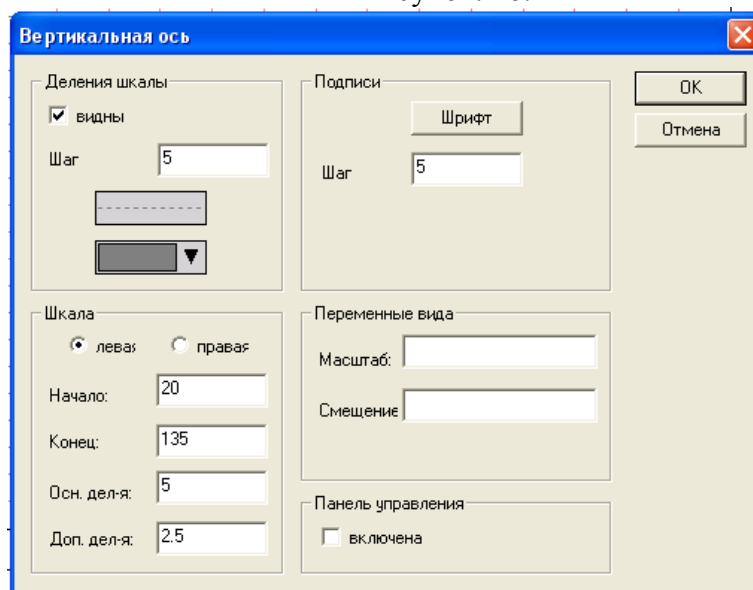


Рисунок. 11

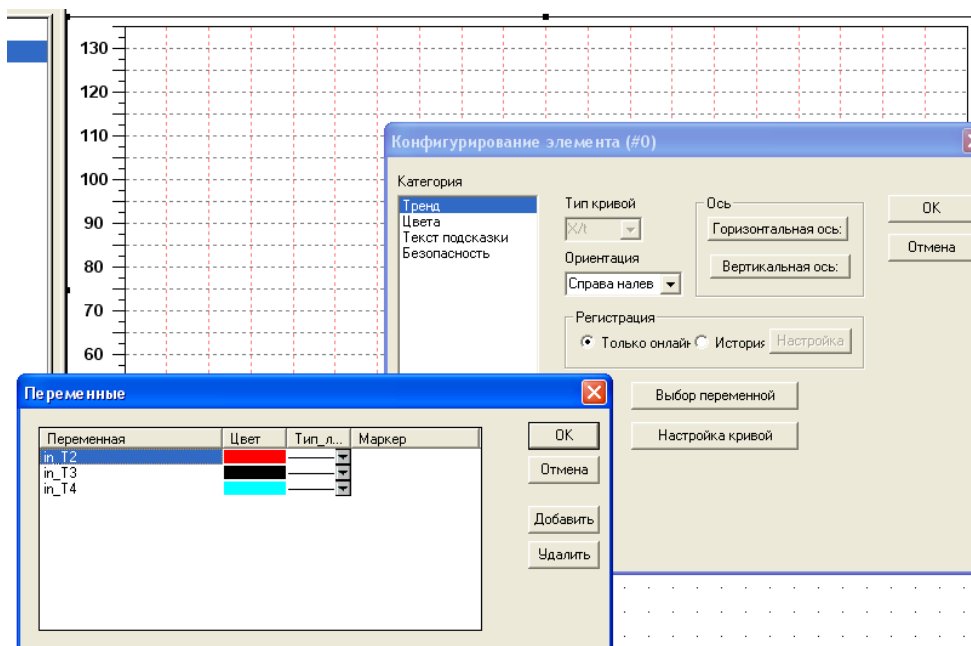


Рисунок. 12

Оборудование и материалы.

Туннельная печь, с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов, МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек -2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ. На рис 13 Схема лабораторного стенда.

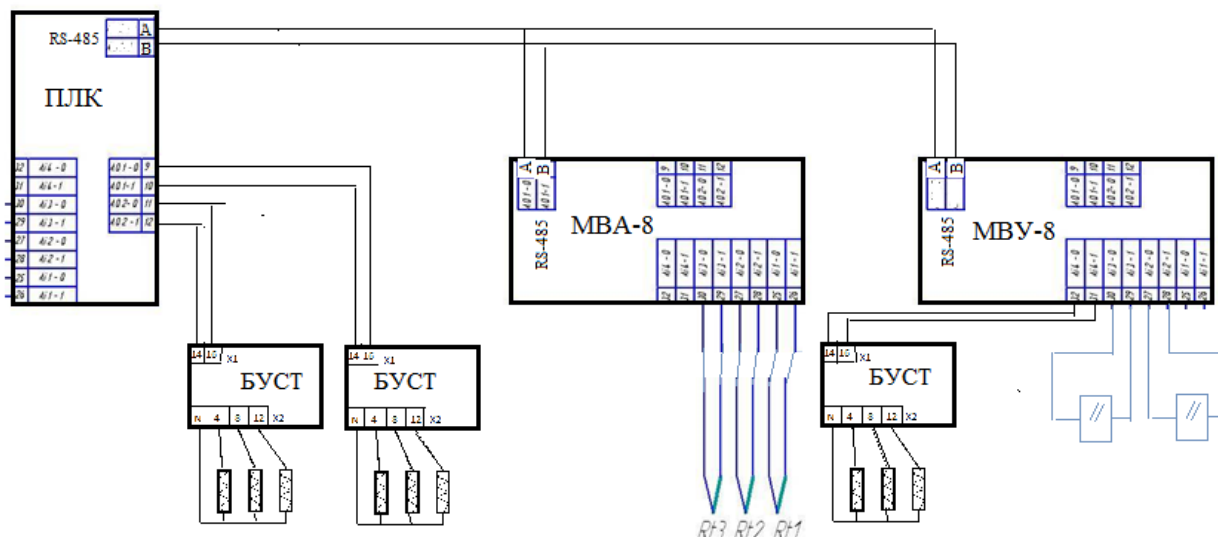


Рисунок. 13 Схема лабораторного стенда.

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

Ход работы

1. Отлаженную программу работы РВР регулятора, перезагрузить в ПЛК
2. Запустить программу на лабораторном стенде ПЛК.
3. Снять переходные процессы, протекающие в системе.

Контрольные вопросы.

1. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
2. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
3. Какие параметры нужно записать в ресурсах ПЛК
4. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
5. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
6. Какие параметры нужно прописать в ресурсах ПЛК для работы с МВУ-8 и МВА-8
7. Каким образом показывается в подразделе «Ресурсы» обмена информации по RS-485
8. Чем отличается обмена информации по RS-485 «ОВЕН мастер» от Modbus

Практическая работа № 7 **Разработка программ для ПЛК с преобразователями частоты**

Цель работы:

1. Разработка программ для работы лаб. (разными устройствами по RS-485)
2. Проверка работы программ стенда с совместной работой ПЧ привода и ПЛК. Научиться разрабатывать программы разгона и торможения, управления скоростью движения.

Теоретическая часть

Для подключения регистров памяти ПЧВ и командного слова будем использовать стандартный инструмент конфигурации ПЛК для связи с [Modbus](#)-устройствами. Запустите [CoDeSys](#), создайте новый проект или откройте существующий. Зайдите на вкладку *Ресурсы* и выберите пункт *Конфигурация ПЛК* (рис. 1).

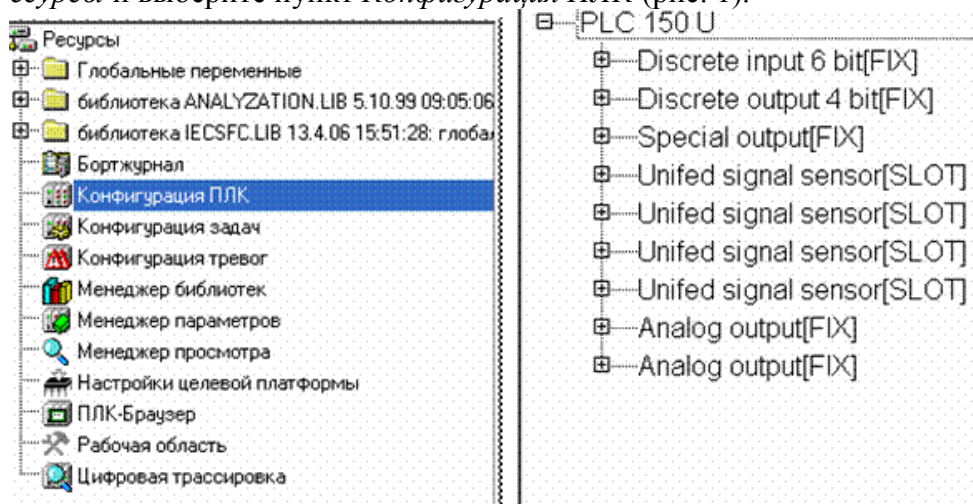


Рисунок. 1 Конфигурация ПЛК

В открывшемся слева окне конфигурации ПЛК правой кнопкой «мыши» нажмите верхнюю надпись. Например, при использовании ПЛК150-220.U-M этой надписью будет *PLC 150 U*. В открывшемся контекстном меню выберите пункт *Добавить Подэлемент*, а в появившемся новом контекстном меню – пункт *ModBus (Master)*.

Таким образом, вы добавляете в конфигурацию модуль обмена данными по протоколу ModBus. Для опроса модулей и других устройств по сети с помощью данного протокола контроллер должен быть ведущим прибором, то есть мастером сети, что отражено в названии добавленного модуля *ModBus (Master)* (Рис. 2).

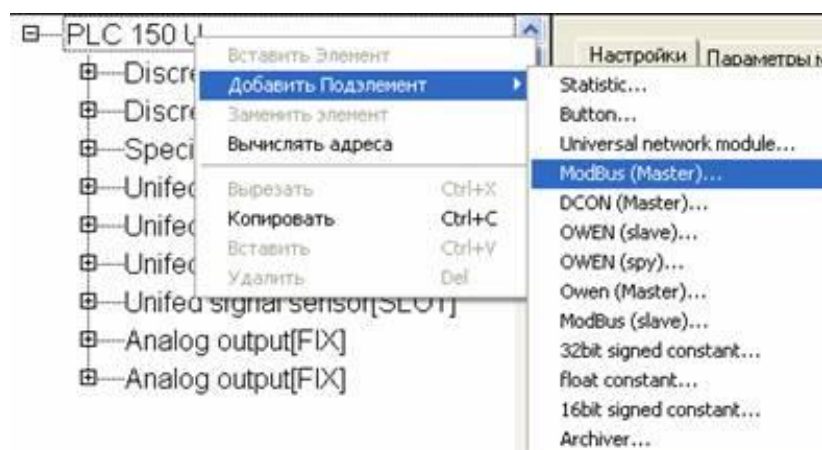


Рисунок. 2 Добавление подэлемента ModBusMaster

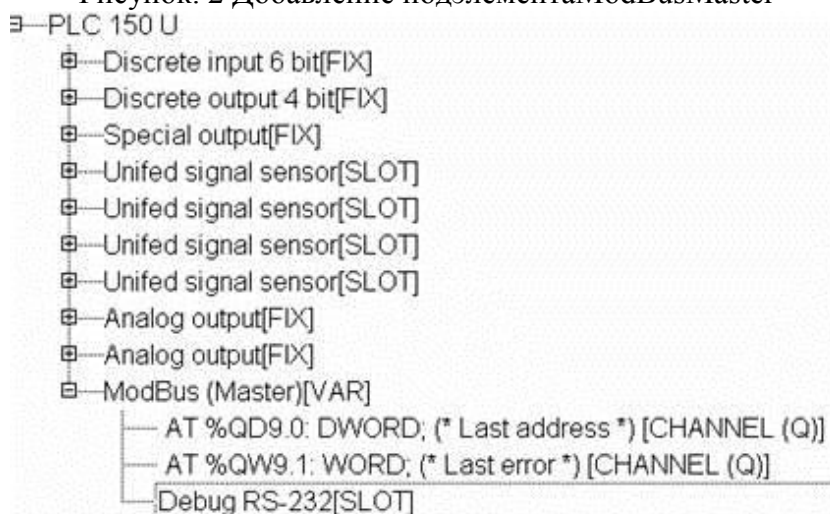


Рисунок. 3 Параметры добавленного модуля ModBusMaster

Заметим, что ПЧВ общается с ПЛК по интерфейсу RS-485. Поэтому в параметрах подэлемента *ModBusMaster* заменим значение параметра используемого интерфейса *Debug RS-232[Slot]* на RS – 485.

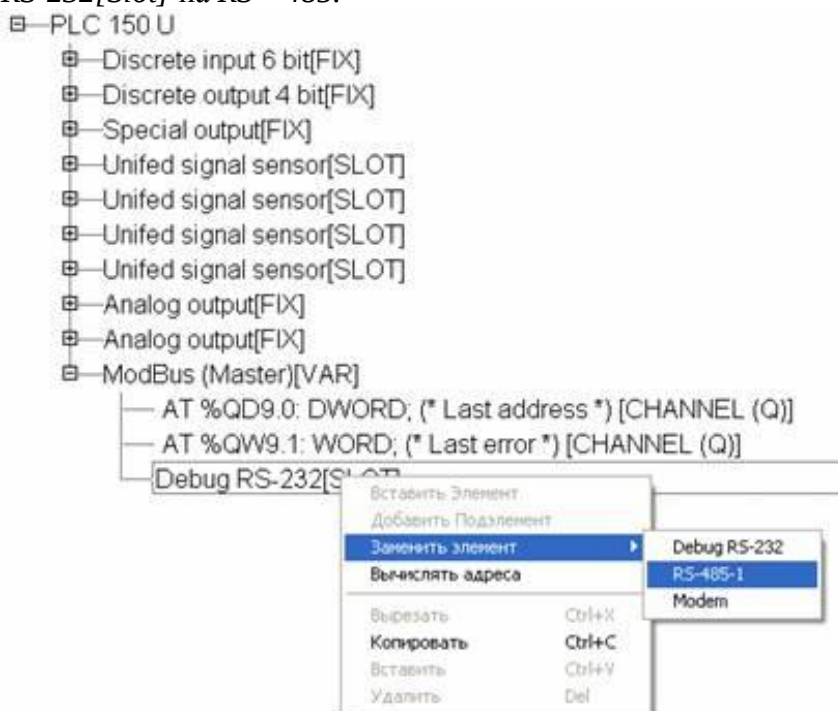


Рисунок 4 Замена параметра интерфейса связи подэлемента ModBus Master

Разверните пункт *ModBus (Master)*, нажав левой кнопкой «мыши» на значке «+». Выделите пункт *RS-485 [SLOT]*. Затем зайдите на вкладку *Параметры Модуля*, расположенную в верхней части правого окна на экране. На рис.5 представлены рекомендуемые значения параметров обмена по сети, которые вам необходимо установить для ПЧ DELTAVFD-S. Выберите нужные значения из списков, выпадающих при нажатии на кнопки.

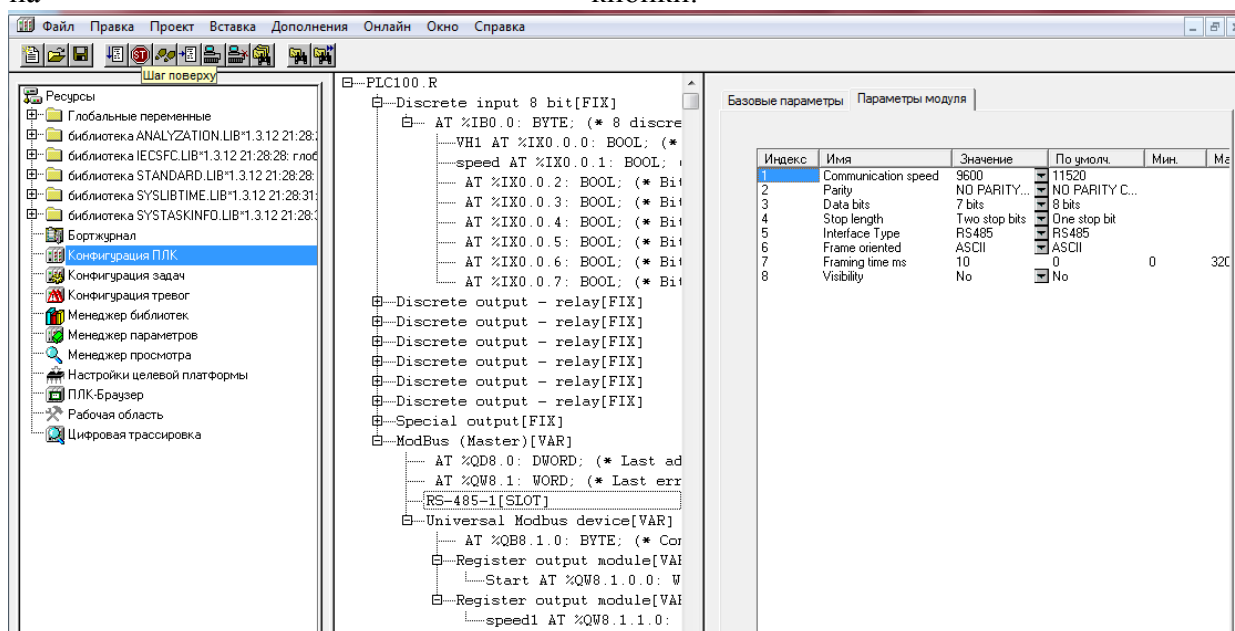


Рисунок 5

Оборудование и материалы.

Туннельная печь, с 3-мя зонами нагрева, ОВЕН ПЛК150-УЛ, МВУ- модуль вывода управляющих сигналов,МВА- модуль ввода аналоговых сигналов, БУСТ - блок управления семисторами тиристорами 3шт., ПЧ –преобразователь частоты для управления асинхронным приводом датчики положения задвижек -2шт., датчики оптические на входе и выходе печи, система подготовки воздуха с системой стабилизации давления на ЭКМ. На рис. 6 Схема управления ПЧ от ПЛК

Указания по технике безопасности

Соответствуют технике безопасности по работе с компьютерной техникой.

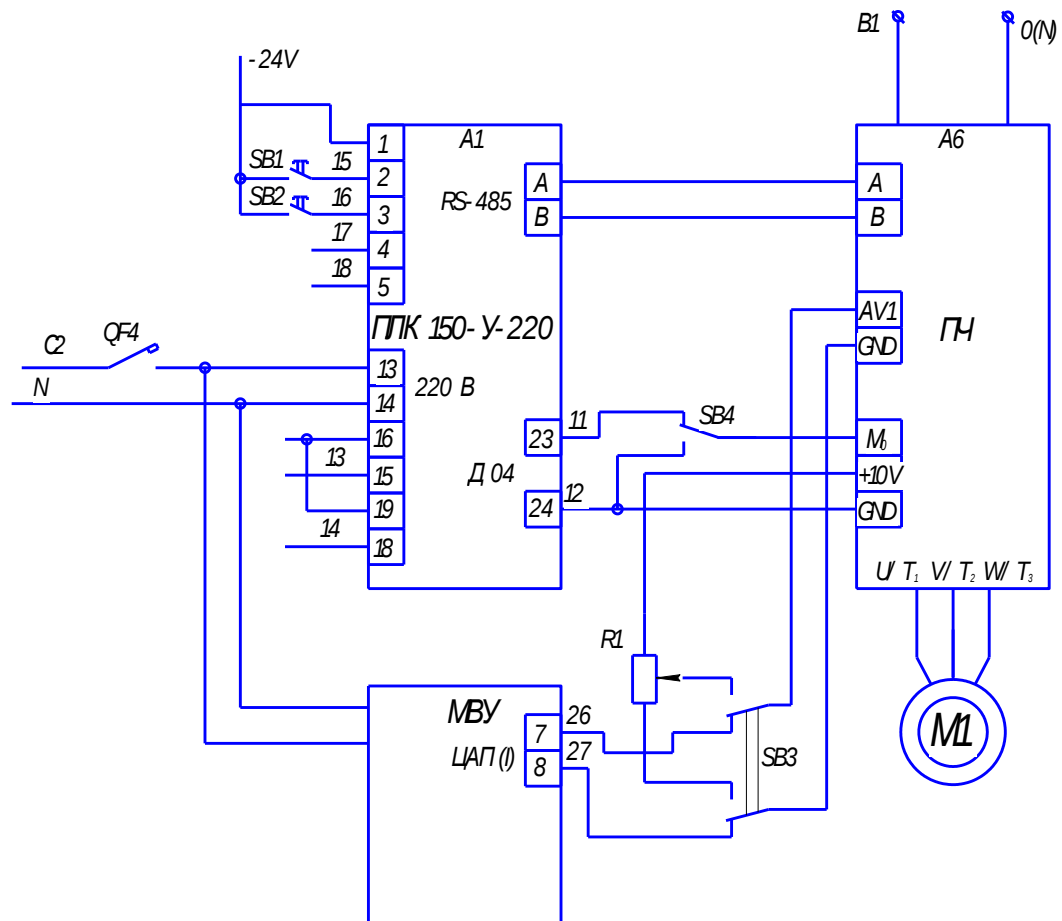


Рисунок. 6 Схема управления ПЧ от ПЛК

Ход работы

1. Написать программу обмена информации по RS-485 для управления частотой вращения асинхронного двигателя с помощью ПЧ через ПЛК.
2. Отлаженную программу и перезагрузить в ПЛК
3. Запустить программу на лабораторном стенде ПЛК

Контрольные вопросы.

1. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
2. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
3. Какие параметры нужно записать в ресурсах ПЛК
4. Сколько аналоговых каналов имеет ПЛК на входе и выходе
5. Сколько аналоговых каналов имеет МВА-8
6. Какие параметры нужно прописать в ресурсах ПЛК для работы с МВУ-8 и МВА-8
7. Каким образом показывается в подразделе «Ресурсы» обмена информации по RS-485
8. Чем отличается обмена информации по RS-485 ОВЕН мастер от Modbus
9. Какие регистры использует ПЛК
10. Какие регистры использует ПЧ