

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

**Д. А. Рождественский**

**Автоматизированные комплексы  
распределенного управления**

Учебное пособие

Томск – 2007

Рецензенты:

Профессор Томс. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники,  
гл. специалист ЗАО «Элеси» **А. Г. Гарганеев**;

**Рождественский Д.А.**

Автоматизированные комплексы распределенного управления:  
учеб. метод. пособие / Д. А. Рождественский. – Томск : Томск. гос. ун-т  
систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 150 с.

© Рождественский Д. А., 2007

© Том. гос. ун-т систем упр. и  
радиоэлектроники, 2007

## Содержание

1	Введение. Обзор АСУТП.....	5
1.1	Предпосылки появления АСУТП.....	5
1.2	Технологический процесс .....	6
1.3	АСУТП .....	9
1.4	Функции АСУТП .....	10
1.5	Классификация АСУТП .....	13
2	Описание уровней АСУТП.....	19
2.1	Нижний уровень АСУТП .....	19
2.2	Средний уровень АСУТП .....	24
2.3	Верхний Уровень АСУТП.....	27
3	История развития контроллеров АСУТП .....	28
3.1	Первый этап «Релейные контроллеры».....	29
3.2	Второй этап «Программируемые логические контроллеры(ПЛК) и Специализированные логические контроллеры (СЛК)».....	30
3.3	Третий этап(современный рынок) - Модульные ПЛК.....	36
3.4	РС-совместимые контроллеры .....	38
3.5	Сравнительный анализ современных ПЛК и РС-совместимых контроллеров.....	40
3.6	Промышленные компьютеры .....	44
3.7	Требования, предъявляемые к контроллерам АСУТП .....	46
4	Развитие SCADA систем.....	53
4.1	Характеристики применения .....	54
4.2	Задачи, решаемые на верхнем уровне АСУТП:.....	57
4.3	Особенности SCADA как процесса управления.....	58
4.4	Требования к системам верхнего уровня .....	59
4.5	Технические средства верхнего уровня:.....	61
4.6	Функциональные возможности SCADA-систем .....	62
4.7	OPC .....	64

4.8	Функции основных блоков SCADA - системы .....	65
5	Проблемы распределенных производств, решаемые с помощью АСУТП85	
6	Глоссарий .....	88
7	Описание стендов .....	93
7.1	Стенд «УмныйДом» .....	93
7.2	Стенд «ПЛК» .....	98
7.3	Стенд «АСУТП» .....	106
7.4	Стенд «АСУ уличного освещения – Горсвет» .....	117
7.5	Стенд «ПИД-регулятора» .....	124
8	Пошаговое руководство по изучению MasterSCADA. ....	158
9	Методические указания к выполнению индивидуальной работы .....	170
9.1	Контрольная работа №1 .....	174
9.2	Контрольная работа №2 .....	175
9.3	Контрольная работа №3 .....	176
10	Список литературы .....	178

# 1 Введение. Обзор АСУТП

## 1.1 Предпосылки появления АСУТП

Технико-экономическими предпосылками развития АСУТП являются:

- рост масштабов производства,
- увеличение единичной мощности оборудования,
- усложнение производственных процессов,
- использование форсированных режимов (повышенные давления, температуры, скорости реакций),
- появление установок и целых производств, функционирующих в критических режимах,
- усиление и усложнение связей между отдельными звеньями технологического процесса.
- нехватка в области трудовых ресурсов.
- необходимость реализации значительных потенциальных производственных резервов
- решение задач оптимального управления технологическими процессами, эффективность производственного процесса зависит от качества управления технологией и организации производства.
- Возросшими требованиями к повышению качества технологического процесса.
- замена устаревших систем управления, вследствие невозможности реализации на существующем оборудовании современных требований к автоматизации, а также устаревшая элементная база, уже не выпускаемая промышленностью, с небольшими функциональными возможностями и сервисными функциями.

## 1.2 Технологический процесс

Производство любого продукта обеспечивается технологическим процессом.

**Технологический процесс** – есть алгоритмическая последовательность преобразования во времени и/или пространстве входных параметров(сырья), результатом которого является продукт.

Исходные данные, порождаемые на технологическом уровне производства, разделяются на следующие типы:

- ресурсные параметры производств, включая реальное использование ресурсов, полупродуктов применительно к каждой установке и т.д.;
- параметры технологического оборудования, позволяющие диагностировать текущее состояние установок, и на основе этих данных и нормативных документов по проведению планово-предупредительных ремонтов прогнозировать ремонтные, осмотровые работы;
- технологические параметры, тесно связанные с качеством и количеством потребляемых ресурсов.

Для обеспечения качества технологического процесса и изделия, создаваемого в нем, необходима информация о показателях состояния этого процесса и/или изделия

При этом, в общем виде, для производства любого продукта может быть использовано бесконечное количество видов(типов) технологических процессов(ТП) и при этом для реализации одного и того же ТП может быть использовано бесконечное количество технических и организационных решений.

Выбор оптимальной структуры технических решений контроля и управления технологическим процессом необходим для экономической эффективности работы предприятия.

Любой технологический процесс должен управляться и контролироваться.

**Цель управления**– получение(производство) продукции с наименьшей себестоимостью и с как можно большим качеством.

Или другими словами – это выполнение производственной программы при наилучшем в экономическом и экологическом смысле технологическом режиме, получении максимума прибыли.

**Цель контроля** – это не просто сбора информации о состоянии технологического процесса и участвующих в нем потоков, но и ее анализ на соответствие состояния объекта определенным требованиям. На основе данного анализа наблюдатель формирует решение об управлении, т.е. о воздействии на технологический процесс с целью достижения заданного качества процесса и создаваемого в нем изделия.

Для выполнения данных целей контроля и управления применяется автоматизированная система управления технологическим процессам – АСУТП.

### Пример технологического процесса

Технологическая мнемосхема производства листового стекла флоат-методом приведена на рисунке 4.1.

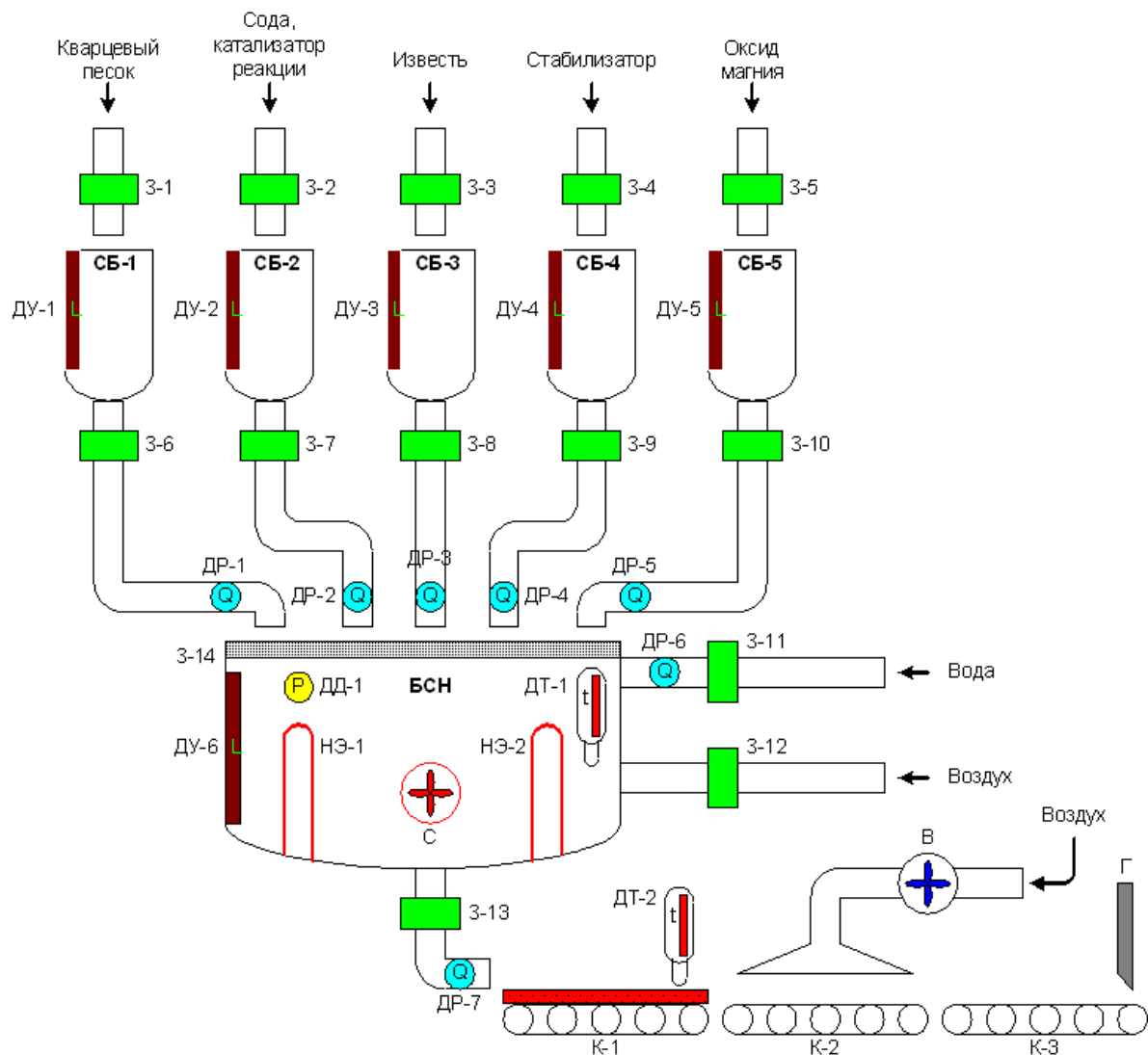


Рисунок 4.1 – Технологическая мнемосхема флоат-процесса производства стекла.

На схеме рисунка 4.1 условно обозначены:

3-1...3-14 – задвижки, СБ-1...СБ-5 – сырьевые блоки, ДУ-1...ДУ-6 – датчики уровня, ДР-1...ДР-7 – датчики расхода, ДТ-1, ДТ-2 – датчики температуры., ДД-1 – датчик давления, НЭ-1, НЭ-2 – нагревательные элементы, БСН – бункер смешения и нагрева, С – привод смесителя, К-1...К-3 – конвейеры, В – вентилятор, Г – технологическая гильотина.



### 1.3 АСУТП

**АСУТП** - это централизованный контроль за ходом технологических процессов на предприятии в реальном времени, в соответствии с регламентом, и обеспечение систем более "верхних" уровней(АСУПП ,АСУП) достоверными данными об этих процессах.

АСУТП – это, прежде всего, детерминированная закрытая система с четко заданными параметрами по объему информации, гарантированными временами доставки сообщений и управления. И если сказать, что это открытая система с возможностью произвольных неконтролируемых внешних воздействий и дополнения другими устройствами (не входящими в первоначальный набор поставки АСУТП), то никто не сможет гарантировать время реакции системы по прошествии некоторого времени. А вот элементы, из которых она собирается, могут (и это желательно) иметь открытые интерфейсы и протоколы связи

#### ***Место человека в АСУТП:***

АСУТП реализует сбор информации от объекта управления, передачу, преобразование и её обработку, формирование управляющих команд и выполнение их на управляемом объекте.

***Человек*** осуществляет:

- выбор критериев оценки качества протекания процесса;
- анализ текущего состояния с требуемой( регламенты, проект) и выдает команды управления на АСУТП(оптимизация управления технологическим процессом);
- принятие решений при возникновении непредвиденной аварийной ситуации.

При этом человек работает на базе информации как от АСУТП, так и от неформальной базы(опыт, навыки, инструкции, умения руководителей).

### ***Уровни АСУТП***

Типовая АСУ ТП строится по иерархическому принципу и имеет многоуровневую структуру

- нижний уровень — уровень датчиков и исполнительных механизмов, осуществляет функцию взаимодействия АСУТП с технологическим процессом(преобразования различных типов физических величин в стандартные электрические и информационные сигналы);
- средний уровень — уровень управляющих контроллеров и сетевых средств, осуществляет функции посредника(буфер) между нижним и верхним уровнем, а также замыкает в себе контуры автоматического (локального)управления;
- верхний уровень — уровень промышленного сервера, операторских и диспетчерских станций, осуществляет функцию автоматического управления распределёнными средствами среднего уровня и функцию взаимодействия АСУТП с человеком.

Следующим уровнем управления является уровень управления производством и планирования ресурсов предприятия, который связывает между собой все рабочие станции функциональных служб предприятия и верхних уровней (SCADA) различных АСУ ТП по корпоративной сети предприятия. В рамках данной дисциплины они рассматриваться не будут.

### **1.4 Функции АСУТП**

***Функция АСУТП*** - это совокупность действий системы, направленных на достижение частной цели управления. При этом в качестве действий рассматриваются заранее predetermined и описанные в эксплуатационной документации последовательности

операций и процедур, выполняемые частями системы. В большинстве случаев под термином «функция АСУТП» понимают такую законченную совокупность действий, выполняемых системой, которая проявляется вне ее и поэтому имеет определенную потребительскую ценность.

Принято различать *информационные и управляющие функции АСУТП*.

К *информационным* относятся такие функции АСУТП, результатом выполнения которых являются представление оператору системы или какому-либо внешнему получателю информации о ходе управляемого процесса.

Характерными примерами информационных функций АСУТП являются:

- контроль за основными параметрами, т.е. непрерывная проверка соответствия параметров процесса допустимым значениям и немедленное информирование персонала при возникновении несоответствий;
- измерение или регистрация по вызову оператора тех параметров процесса, которые его интересуют в ходе управления объектом;
- информирование оператора (по его запросу) о производственной ситуации на том или ином участке объекта управления в данный момент;
- фиксация времени отклонения некоторых параметров процесса за допустимые пределы;
- вычисление по вызову оператора некоторых комплексных показателей, неподдающихся непосредственному измерению и характеризующих качество продукции или другие важные показатели технологического процесса;
- вычисление достигнутых технико-экономических показателей работы технологического объекта;

- периодическая регистрация измеряемых параметров и вычисляемых показателей(по вызову, периодическая, по отклонению, действий оператора, аварийных и предаварийных ситуаций, выполнения системой функций защит);
- обнаружение и сигнализация наступления опасных (предаварийных, аварийных) ситуаций.
- Экспертная система анализа и выдача рекомендаций действий оператору

**Управляющие функции** АСУТП включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий на объект управления. Здесь под выработкой понимается определение (на основании полученной информации) рациональных воздействий, а под реализацией - действия, обеспечивающие осуществление принятых после выработки решений.

К основным управляющим функциям относятся:

- стабилизация переменных технологического процесса на некоторых постоянных значениях, определяемых регламентом производства;
- программное изменение режима процесса по заранее заданным законам;
- защита оборудования от аварий;
- формирование и реализация управляющих воздействий, обеспечивающих достижение или соблюдение режима, оптимального по технологическому или технико-экономическому критерию;
- распределение материальных потоков и нагрузок между технологическими агрегатами;
- управление пусками и остановами агрегатов и др.

Различают *виды* управления:

- дистанционное управление
- автоматическое регулирование
- автоматическая защита (блокировка)
- логическое управление

## 1.5 Классификация АСУТП

### *Классификация по критерию сложности объектов управления.*

Данная классификация АСУТП применительна к предприятиям с непрерывным и непрерывно-дискретным характером производства, за критерий которой взято число контролируемых параметров и управляющих воздействий в соответствии с ростом сложности объекта управления (табл.1.1).

Таблица 1.1

Основная характеристика класса АСУТП	Основные функциональные признаки	Типовые примеры объектов управления
1	2	3
1-0. Автоматизированная система программного управления	Управление по жесткой программе с предварительно запрограммированным и воздействиями	Станки, смесеприготовители, полиграфические машины
1-1. АСУ технологическими установками с малым числом контролируемых и	Измерение, индикация, регистрация и одноконтурное	Топки паровых котлов, весовые дозаторы, установки

регулируемых параметров (до 20)	регулирование параметров	автоматического пожаротушения
1-2. АСУ технологическими установками или агрегатами с малым числом контролируемых и регулируемых параметров (около 40)	То же, что для класса 1-1, и логические операции	Технологические котельные, печи, нагревательные колодцы и фурмы доменных печей, ректификационные колонки
1-3. АСУ технологическими установками, агрегатами или процессами со средним числом контролируемых, регулируемых и оптимизируемых параметров (около 100)	То же, что для класса 1-2, и многоконтурное регулирование	Конверторы, секционные печи, химические реакторы, установки первичной переработки нефти, комплексы шихтоподготовки обогатительных и агломерационных фабрик
1-4. АСУ технологическими агрегатами или процессами с большим числом регулируемых и оптимизируемых параметров (около 800)	То же, что для класса 1-3, и вычисление технико-экономических показателей	Энергоблоки, прокатные станы, доменные печи, атомные реакторы, производство этиленбензола, производство печной сажи
1-5. АСУ технологическими переделами и производствами с агрегатами и установками для местного управления которыми средства	То же, что для класса 1-4, и диспетчеризация при одноступенчатом уровне	Электролизные цеха производства серной кислоты, искусственного волокна, агломерационные фабрики, обогатительные

вычислительной техники не используют		фабрики
1-6. АСУ технологическими переделами и производствами с агрегатами и установками, оснащенными средствами вычислительной техники	То же, что для класса 1-5, но при двухступенчатом управлении	Конверторные цеха, доменные печи, цементные заводы, сернокислотные производства, обогатительные комбинаты

***Классификация по функционально-алгоритмическому признаку.***

Представляется целесообразным разделить по функционально-алгоритмическому признаку системы управления технологическими процессами на базе управляющих ЭВМ на три класса (табл.1.2).

Такая классификация в определенной мере условна, поскольку функции, выполняемые системами указанных классов, могут в ряде случаев перекрываться. Однако такое разделение АСУТП имеет в настоящее время принципиальное практическое значение для развертывания работ по автоматизации технологических процессов.

Таблица 1.2

Основная характеристика класса АСУТП	Основные функциональные признаки	Типовые примеры объектов управления
1	2	3
1. Системы логико-программного управления (группой однотипных технологических установок)	Прямое цифровое управление по жесткой или полужесткой программе в режиме разделения времени между управляемыми установками	Группы автоматизированных постов контроля или испытаний изделий электронной техники, прецизионных механообрабатывающих станков, термического оборудования
2. Системы оптимального управления (технологическим процессом или режимами технологической установки)	Решение задач оптимизации на основании получаемой от управляемого объекта информации и принятых математических моделей, выработка регулирующих воздействий или советов оператору в реальном времени	Химические реакторы, трубопрокатные станы, группа диффузионных печей, установки первичной переработки нефти
3. Системы комплексного управления (технологической линией, участком, цехом) -	Автоматический или полуавтоматический сбор, обработка, наглядное	Технологические линии производства интегральных схем, кинескопов, энергоблок



АСУОТП <sup>1)</sup>	отображение технологической и организационно-производственной информации, управление через оперативный персонал ходом технологических процессов	атомной электростанции, сернокислотное производство, доменная печь, тепловая электростанция
----------------------	---	---

<sup>1)</sup>АСУОТП - автоматизированная система управления организационно-технологическим процессом

Осуществляя управление технологическим процессом, ЭВМ получает информацию о ходе процесса и выдает регулирующие воздействия (в частном случае - советы оператору) в соответствии с алгоритмом управления, заложенным в виде программ в запоминающие устройства.

К 1-му классу АСУТП относятся системы с наиболее простой формой алгоритма управления - полностью запрограммированным ходом процесса (ранее его вел оператор). Основная функция центрального процесса АСУТП - логические операции по выполнению нескольких программ (в частном случае - одной) с автоматическим распределением времени. Типовым алгоритмом управления служит заранее установленная последовательность логических операций с условным или безусловным переходом от одной позиции к другой.

К системам 1-го класса относятся, в частности, системы прямого многоканального цифрового регулирования (стабилизация параметров) или системы прямого цифрового управления металлорежущими станками.

В общем случае при управлении с помощью ЭВМ рядом технологических установок в запоминающем устройстве хранится число программ, реализующих типовой алгоритм, соответствующее числу объектов управления. При этом с помощью специальной программы-диспетчера организуется мультипрограммный режим работы машины.

АСУТП 2-го класса достаточно широко применяются в непрерывных и непрерывно-дискретных производственных процессах. Главной функцией центрального процессора в таких системах являются выполнение на основании входных данных, получаемых от объекта управления, математических операций и выработка по результатам вычислений регулирующих воздействий.

Алгоритм управления процессом (объектом), как правило, разрабатывается на основе его детерминированной или статистической модели, что позволяет оптимизировать, т.е. управлять процессом с целью удовлетворить некоторый критерий.

К системам 2-го класса относятся, в частности, системы прямого многосвязного цифрового управления с оптимизацией, системы управления последовательными технологическими операциями, связанными по качеству, системы адаптивного управления технологическими комплексами.

АСУТП 3-го класса в основном охватывают среднюю ступень иерархических систем управления производством. Это класс организационно-технологических АСУ-АСУОТП.

Главной функцией технологического характера является управление через оперативный персонал (операторов, технологов и т.д.) ходом технологических процессов на основании статистической обработки технологической информации и текущего планового задания.

Поскольку 3-й класс систем охватывает группу технологических процессов, а следовательно, и ряд различных технологических установок и целые производственные подразделения, то в функции этих систем включают также обработку планово-производственной информации и управление (по результатам этой обработки) оперативным персоналом, работой участка, цеха. Из вышесказанного следует, что алгоритмы отдельных задач, решаемых АСУТП 3-го класса, весьма разнообразны,

носят в первую очередь информационно-вычислительный характер и каждый алгоритм в отдельности прост для программирования. Однако в целом задача анализа и прогноза хода производственного процесса (например, реализация алгоритма управления технологическим процессом в целях оптимального номенклатурного распределения выпускаемых изделий в зависимости от планового задания) может быть весьма сложной.

Следует отметить, что системы 3-го класса могут вырастать из систем 1-го и 2-го классов, когда ЭВМ осуществляет централизованное управление (логико-программное или оптимальное) группой технологических установок на уровне производственного участка, линии, цеха и на нее возлагаются дополнительные функции оперативно-диспетчерского управления с анализом работы производственного подразделения и прогнозом его дальнейшего хода.

## **2 Описание уровней АСУТП**

### **2.1 Нижний уровень АСУТП**

Данный уровень состоит из датчиков и исполнительных механизмов, устанавливаемых на технологических объектах. Нижний уровень включает в себя компоненты предоставляющие информацию о состоянии технологического процесса на верхние уровни автоматизации (датчики), и компоненты, воздействующие на объект управления (исполнительные устройства - ИУ).

Данный уровень - эта основа автоматизации, он изначально присутствует в любой системе автоматизации на предприятии и устаревает вместе с технологическим процессом. На нем зарождаются информационные потоки: показатели выпуска продукции, расхода сырья, энергии, воды и пр.

К устройствам нижнего уровня автоматизации относятся:

- датчики и конструкции для их размещения :
- датчики физических величин (технологические датчики, счетчики, анализаторы, контрольно-измерительные приборы и др.);
- датчики состояния технологического оборудования (средства контроля состояния электроприводов, датчики положения запорной аппаратуры и др.);
- датчики технико-экономических показателей (электросчетчики, тепло- и водосчетчики и т.п.);
- исполнительные устройства и силовые распределительные шкафы для их запитки и управления :
- регулирующая и запорная аппаратура,
- пусковая аппаратура электроприводов и т.д.
- блоки питания датчиков, приборов и устройств и гальванические разделители;

Нижний уровень являются наиболее массовой и дорогой частью системы автоматизации: как в себестоимости, так и в монтажных работах.

Под датчиком, в общем случае, понимается преобразователь физической величины в стандартный электрический сигнал. Его конструкция и исполнение позволяют устойчиво и безопасно функционировать при самых неблагоприятных погодных условиях, а также во взрывоопасных зонах.

**Датчик** ( измерительный преобразователь) – это техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших

преобразований, индикации или передачи. Датчики используемые в АСУТП должны соответствовать и иметь сертификат применения его как средства измерения.

***Классификация датчиков по типу измеряемого технологического параметра:***

- Энергетические датчики: Мощности, Переменного/ постоянного напряжения, Переменного/ постоянного тока, Частотомер, фазометр.
- Физические датчики: Вязкости, Давления, Расхода, Температуры, Уровнемер, Плотности.
- Механические, датчик: Положения, Перемещения, Угла поворота: (индуктивного и емкостного типа, ультразвуковые).
- 

***Классификация датчиков по типу связи с вышестоящим уровнем в системе автоматизации:***

1) **Аналоговые(простые)-** информация передается изменением непрерывного аналогового сигнала., по его типу они подразделяются на датчики

- тока, мА (0-5; 4-20; 1-5) ;
- напряжения, В (0-5; 0-10);
- частоты, Гц (0-10 000)
- счетно-импульсные, импульс с соответствующим весовым коэффициентом,
- широтно-импульсная модуляция(ШИМ)-выход

Примечание: в скобках даны существующие стандарты, а выделен наиболее распространенный на сегодняшний день тип выходной аналоговой величины.

Под простым датчиком, в данном случае, понимается устройство преобразующее физическую величину технологического процесса в стандартизованный электрический сигнал для передачи в контроллер с целью дальнейшей обработки, преобразования, архивации и передачи на верхний уровень.

2) **Цифровые** - информация передается по некоторому цифровому протоколу, из великого множества, перечислим наиболее распространенные:

- сеть Microlan – определяет спецификацию протокола и физической среды передачи данных;
- в стандарте Bell 202 (протокол HART) ;
- AS-интерфейс;
- протокол Modbus, в основном связь по шинному интерфейсу RS-485;
- полевые шины: FOUNDATION Fieldbus, Profibus.

В настоящее время аналоговые системы автоматизации технологического управления заменяются цифровыми, что обусловлено более высокой точностью и лучшими техническими характеристиками последних. Традиционно передача данных осуществляется с использованием стандартных сигналов типа токовой петли 4-20мА. После обработки измеренной физической величины, цифровой сигнал преобразуется в аналоговый 4-20мА и передается в систему сбора данных. Между системой и аналоговым датчиком существует односторонняя связь: "от датчика к системе". Что является недостаточным, так как для настройки и обслуживания датчика необходимо непосредственное взаимодействие оператора и датчика, и когда датчики расположены в труднодоступных местах и на больших расстояниях друг от друга то данное взаимодействие затруднено.

Решением данной проблемы является использования "интеллектуальных" датчиков с двухсторонней цифровым каналом связи между датчиком и системой.

Поэтому практически любая современная АСУТП использует для сбора данных "интеллектуальные" датчики. Термин "интеллектуальный" связан, прежде всего, с наличием внутри датчика микропроцессора. На микропроцессор возлагаются функции первичной обработки сигнала с сенсора, например, линеаризация, изменение величины демпфирования, переустановка диапазона измерения и т.д. Микропроцессорные датчики имеют улучшенные метрологические характеристики по сравнению с традиционными аналоговыми датчиками за счет глубокой первичной математической обработки измерительного сигнала.

Интеллектуальный датчик позволяет производить настройку на другой диапазон измерений или полуавтоматическую калибровку, а также осуществлять функции внутренней самодиагностики, что упрощает техническое обслуживание. Интеллектуальные датчики связываются с системой АСУТП при помощи цифрового коммуникационного протокола, который позволит осуществлять передачу важной управляющей и иной служебной информации в обоих направлениях между полевыми устройствами и системами управления. Цифровая связь позволяет объединять датчики в общую шину, что позволяет существенно сократить стоимость кабельной проводки.

Использование микропроцессорных датчиков в АСУТП значительно снижает вычислительную нагрузку на главный контроллер, тем самым, повышая быстродействие всей системы в целом. К примеру, интеллектуальный датчик позволяет составлять одно или несколько измерений в одно новое измерение.

В мире существует множество конкурирующих коммуникационных протоколов. Каждая фирма-производитель стремится продвинуть на

рынок свой протокол, сделать так, чтобы как можно больше компаний выпускало оборудование, поддерживающее данную коммуникационную технологию. Для этого организуются некоммерческие фонды, продвигающие тот или иной протокол. Вот наиболее распространенные коммуникационные технологии: FOUNDATION Fieldbus и HART в Америке, Profibus, Modbus и HART в Европе.

В идеале, уровень датчиков и исполнительных механизмов должен напрямую связываться с системами диспетчерского управления верхнего уровня. В этом случае минимум посредников приводит к минимуму искажений передачи информации. Так «идеальным» датчиком представляется устройство преобразующее физический параметр технологического процесса в информационный параметр единой базы данных предприятия(отрасли). В настоящее время уже используются датчики с передающие информацию непосредственно в системы диспетчерского управления через спутник, или по корпоративным сетям(Web-технологии).

Но сегодняшняя стоимость технологий не позволяет устанавливать данное оборудование на каждый технологический параметр. Для удешевления доставки информации с сохранением требований реального времени между датчиками и верхним уровнем вводится посредник –*контроллер* – устройство призванное удешевить стоимость системы путем мультиплексирования простых датчиков для выхода на прямую связь с системами верхнего уровня.

## 2.2 Средний уровень АСУТП

Основное назначение данного уровня является функция посредника между верхним, диспетчерским, уровнем и нижним уровнем



исполняющей и контролирующей аппаратуры, с функцией выполнения алгоритмов местного(локального) управления и предоставление функций диспетчерского контроля и управления непосредственно на месте эксплуатации.

Здесь находятся контроллеры, управляющие через нижний уровень системы технологическими процессами в реальном времени, объединенные между собой промышленной сетью и поддерживающие обмен с верхним уровнем системы.

**Контроллер** - устройство, предназначенное для получения в реальном времени информации с датчиков, преобразования ее и обмена с другими компонентами системы автоматизации (компьютер оператора, монитор, база данных и т.д.), а также для управления исполнительными механизмами.

Контроллеры реализованы на базе микропроцессорной техники и работают в локальных и распределенных системах управления в реальном времени в соответствии с заданной программой.

В основные задачи контроллера входит:

- Измерение, опрос и управление оборудованием
- Первичное преобразование результатов измерения;
- регистрация событий;
- ведение среднeminутных, -часовых и др. архивов.
- поддержка высокоуровневого протокола связи с центральным пунктом, обеспечивающего быструю и гарантированную доставку информации;
- автономная и бесперебойная работа с защитой данных;
- диагностика технических средств и защита технологического оборудования от последствий отказов;

- организация замкнутых, локальных контуров управления, для обеспечения надежности и уменьшения времени реакции системы на критичных участках: защиты, регулирования, логического управления и пр.

ПЛК универсальны и возможность их применения в конкретной АСУ ТП определяется заложенной программной-аппаратной гибкостью, производительностью и объемом памяти.

Выбор конкретного ПЛК является многофакторной задачей и определяется как требованиями технологического процесса, так и стоимостью аппаратных, программных средств, наличием средств разработки и отладки, поддержкой сетевого взаимодействия.

Структура оборудования среднего уровня АСУТП должна быть адекватна структуре объекта автоматизации, то есть с одной стороны оборудование среднего уровня должно располагаться в непосредственной близости оборудования нижнего уровня, чтобы минимизировать затраты на прокладку кабелей и снизить влияние помех, а с другой стороны в структуре среднего уровня должны быть ясно выделены функциональные узлы объекта автоматизации, для которых необходима реализация локальных контуров управления.

К примеру, для АСУТП распределенных производств, средний уровень представлен автономным контроллером, реализующим функции контроля и управления небольшим изолированным технологическим узлом, как, например, водозаборные скважины, пункты питания городским освещением и т.д..

К контроллерам для распределенных АСУТП предъявляются более высокие требования к типам поддерживаемых интерфейсов.

Выделяют три класса интерфейсов:

- нисходящие - для соединения с интеллектуальными устройствами нижнего уровня;
- горизонтальные - связывающие отдельные устройства через сеть с другими средствами автоматизации среднего уровня;
- восходящие – для связи с верхним уровнем системы и подключения местных панелей оператора и пультов управления.

### **2.3 Верхний Уровень АСУТП**

Это уровень промышленного сервера и сети автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов, диспетчеров, установленных в различных помещениях и зданиях.

АРМ реализованы на базе комплексов диспетчерского управления и сбора данных (SCADA системы).

SCADA-системы представляют собой специализированное программное обеспечение, ориентированное на визуализацию технологических процессов и коммуникацию с внешним миром.

Данные системы построены по модульному принципу и предусматривает возможность поддержки распределенных или централизованных систем контроля и управления.

Основу большинства SCADA-пакетов составляют несколько программных компонентов (база данных реального времени, ввода-вывода, предыстории, аварийных ситуаций) и администраторов (доступа, управления, сообщений).

Современные системы SCADA хорошо структурированы и представляют собой готовые к применению и согласованные по функциям и по всем интерфейсам наборы программных продуктов и

вспомогательных компонентов. В сетевых системах средствами SCADA реализуются станции разного функционального назначения, взаимодействующие между собой в системах управления технологическими процессами. Они и включают в свою номенклатуру разные типы станций: станции-серверы и станции-клиенты, взаимодействующие в структуре "клиент-сервер"; станции наблюдения (мониторинга) для руководящих работников; специальные станции сбора архивных данных и документирования данных и событий и др.

С ростом мощности компьютеров и соответствующим ростом информационной мощности операторских станций соответственно потребностям приложений SCADA-системы становятся масштабируемыми, они выпускаются в вариантах, которые при сохранении в целом функционального профиля поддерживают от нескольких десятков или сотен до десятков тысяч входов-выходов.

На уровне управления производством для диспетчерского управления (Manufacturing Executing System - MES) вполне применимы SCADA-системы для АСУТП. *Сбор, отображение, архивирование данных и протоколирование хода производства средствами систем SCADA успешно применяется в диспетчерских пунктах предприятий.* Однако особенности функций диспетчерского управления привели разработчиков SCADA-систем к созданию специальных программных продуктов для уровня управления производством.

### **3 История развития контроллеров АСУТП**

Контроллеры по отношению к архитектуре прошли полный круг развития:

- Первый этап - децентрализованные «Релейные контроллеры»;

- Второй этап - централизованные «Программируемые логические контроллеры(ПЛК) и Специализированные логические контроллеры (СЛК)»;
- Третий этап - децентрализованные «Модульные ПЛК».

### **3.1 Первый этап «Релейные контроллеры»**

Релейные контроллеры появились еще до появления микропроцессорных технических средств и до сих пор еще присутствуют на производстве в силу большой инертности автоматизации в России.

Функции релейных контроллеров:

- визуальный рассредоточенный контроль – использование вторичных приборов, выполняющих функции вывода информации оператору, регистрации, сигнализации об отклонении от значения нормальной эксплуатации, аналогово-дискретных преобразователей для систем технологических защит;
- рассредоточенное аппаратное управление:
  - использование электромагнитных реле для построения логических алгоритмов в системах технологических защит, системах избирательного управления и системах автоматического управления.
  - использование регулирующих аналоговых приборов для построения систем автоматического регулирования

Основные недостатки:

- низкая степень автоматизации контроля и управления технологическим процессом

- большие затраты на наладку и обслуживание систем, которые увеличиваются в связи с ростом информационной и управляющей сложности систем автоматизации;
- невозможности реализации на существующем оборудовании современных требований к автоматизации.

### **3.2 Второй этап «Программируемые логические контроллеры(ПЛК) и Специализированные логические контроллеры (СЛК)»**

#### **3.2.1 Программируемые логические контроллеры (ПЛК)**

##### Предпосылки появления

- Развитие и уменьшение стоимости микропроцессорных средств с одновременным увеличением стоимости ресурсоемких компонентов( медный кабель, реле, трансформаторы и т.д.).
- замена датчиков на унифицированные и внедрение информационных систем на базе микропроцессоров с отказом от вторичных приборов и щитов;
- замены релейно-контактных схем, собранных на дискретных компонентах — реле, счетчиках, таймерах, элементах жесткой логики
- внедрение регулирующих систем на базе микропроцессоров с отказом от релейных схем управления;
- внедрение систем дистанционного управления арматурой и механизмами на базе микропроцессоров с отказом от наборных полей и ключей управления.

*Принципиальное* отличие ПЛК от релейных схем заключается в том, что все его функции реализованы программно. На одном контроллере можно реализовать схему, эквивалентную тысячам элементов жесткой логики. При этом надежность работы схемы не зависит от ее сложности.

### Функции ПЛК

- автоматическое регулирования и логическое управления
- поддержка технологического языка программирования, не требующий знаний языков программирования,
- систем отображения, регистрации и хранения информации, выполненных на микропроцессорных средствах со специально разработанными программными пакетами;
- систем комплексной автоматизации на основе программно-технических комплексов (ПТК), имеющих сетевую структуру.

ПЛК исполняют прикладное ПО, разработка которого выполняется с использованием стандартных языков технологического программирования IEC 61131-3, включающим такие языки как Ladder Diagram- язык созданный на базе релейно-контактных схем, Functional Block Diagram- языком функциональных блоковых диаграмм, когда разработка программы ведется посредством стыковки готовых библиотечных модулей.

Следует отметить, что у разработчика, работающего на языках технологического программирования, меньше степеней свободы, что с одной стороны уменьшает вероятность внесения ошибки периода исполнения при его недостаточно высокой квалификации как программиста, а с другой стороны влияет на оптимальность и качество программы под конкретную задачу.

Конфигурирование контроллеров осуществляется при помощи стандартных конфигурационных программ. В основном это сводится к заданию количественных и качественных параметров контролера отображаемого в промышленную сеть (каналов ввода-вывода и функций обработки и т.д.).

***Пример: ПЛК - контроллер ROC364 фирмы Fisher Rosemaund***

Контроллер ROC364 - микропроцессорное устройство для дистанционного измерения и управления.

**1) Каналов ввода-вывода**

Контроллер поддерживает до 4-х внешних панелей, на каждой из которых может устанавливаться до 16 модулей ввода/вывода.

Типы модулей:

- модуль аналогового ввода (0-5В/4-20мА/0-5мА), с питанием контура;
- модуль дискретного ввода (0-30В), с питанием контура ;
- модуль дискретного выхода (релейный, 220В, 2А) ;

**2)Интерфейсные каналы**

Имеет три последовательных порта:

- порт LOI (RS232) установлен на плате процессора, предназначен для конфигурирования контроллера на месте эксплуатации;
- порт 1 и 2 – установка интерфейсных модулей (RS232 или RS485) в процессорную плату контроллера.
- Каждый интерфейсный порт пользователь может настроить на требуемый тип интерфейса Modbus Master/Slave, ROC Master/Slave.

**3) Поддерживает работу с локальной дисплейной панелью для отображения параметров измерения и управления.**



Недостатки:

- Избыточная стоимость, так как производить сегодня выпускать модули без интеллекта не выгодно –технологическая сложность, без разгрузки центрального процессора. А потери в цене от выгорания модуля с интеллектом или без него будут практически одинаковые.
- Примитивный язык программирования (содержит всего 33 команды) - сложность в разработке и ограничения по объему программ пользователя.
- Ограниченный набор типов модулей ввода-вывода

### **3.2.2 Специализированные логические контроллеры (СЛК)**

СЛК являются законченными устройствами, предназначенными для решения очень узкого круга задач. СЛК не позволяют пользователю изменять программу, а допускают лишь конфигурирование на конкретный объект(выбору режима и/или вводу параметров управления).

В основном данные контроллеры не соответствуют общепринятым нормам и стандартам, что и не позволяет использовать данные контроллеры в других системах. В настоящее время данные контроллеры остаются только в сфере узкоспециализированных устройств. Это решение является лучшим в тех случаях, когда предъявляемые специфические требования невозможно выполнить с помощью стандартных серийных средств. Данный контроллер изготавливается как единое целое, и имеет фиксированное число входов/выходов с заранее заданными свойствами.

По конструктивному признаку СЛК выделяют двух типов:

- Автономный СЛК –ПИД-регулятор, контроллер управления шаговым двигателем.

- Встроенный СЛК - является частью прибора нижнего уровня АСУТП (прибор, станок с ЧПУ и т.д.).

Достоинства СЛК:

- Применение СЛК для решения типовых задач автоматизации позволяет уменьшить время и затраты на внедрение АСУ ТП.
- имеют предельно упрощенную структуру и, при прочих равных условиях, самую высокую надежность.
- Недостатки СЛК:
- ограниченность применения и избыточность ресурсов в каждой конкретной реализации, вследствие невозможности закрыть всегда ограниченной номенклатурой таких контроллеров бесконечно разнообразные требования потребителей
- невозможность адаптации процесса регулирования к специфическим особенностям конкретного объекта(так как нет возможности программной подстройки, а только конфигурирование заложенное разработчиком)
- слабо-развитые коммуникационные возможности. СЛК ориентированны для автономной работы с местной индикацией и управлением, что влияет на сложность в стыковке с другими ПЛК и верхним уровнем АСУТП

### **3.2.3 Устройства сбора и обработки (УСО)**

УСО представлены в виде отдельных модулей, устанавливаемых на специализированные платы, имеющие клеммные соединители для подвода внешних цепей. Такие платы называют монтажными панелями, или оптопанелями.

В структуре АСУТП УСО занимают место между оборудованием нижнего уровня и контроллерами среднего уровня и осуществляют

линейное преобразование сигналов от датчиков с его первичной обработкой (фильтрация, нормализация) и защиты (поканальная гальваноизоляция).

Модули УСО содержат небольшое количество каналов определенного типа(1,2,4) и разработчик системы может очень точно подобрать необходимый набор модулей, не переплачивая за лишние модули.

Как правило, на УСО возлагаются следующие функции:

- ввод сигналов от различных датчиков: термопар, термометров, давления, сопротивления и т.д.;
- нормализация аналогового сигнала - приведение границ сигнала первичного источника к одному из стандартных диапазонов аналого-цифрового преобразования;
- фильтрация аналогового сигнала;
- линейный аналоговый выход в виде тока или напряжения в стандартных диапазонах с точностью преобразования порядка 0,05%;
- подавление дребезга источника дискретного сигнала типа "сухой контакт";
- гальваническая изоляция между источником аналогового или цифрового сигнала и измерительного канала управляющего контроллера;
- гальваническая изоляция выходного канала управляющего контроллера, как цифрового, так и аналогового от исполнительного устройства;
- коммутация мощной нагрузки(1-20А) и ввод сигналов постоянного и переменного тока с номинальным значением напряжения до 280 В.

Модули УСО как отдельный тип сформировался недавно и в настоящее время еще используется благодаря своим преимуществам — низкая цена, исключение искажений низковольтных аналоговых сигналов, экономия кабельной продукции, простота проектирования и монтажа и т.п.

Представители:

- Analog Device (серии 5B, 7B),
- Grayhill (серии OpenLine, G5, Стандарт, Мини),
- Pepperl+Fush ELCON (серия HiD3000),
- Dataforth (SCMD),
- Advantech (Adam-3000)

### **3.2.4 Общие недостатки ПЛК и СЛК**

Сложность стыковки контроллеров различных производителей: контроллеры имеют различную закрытую архитектуру.

Отсутствует единые стандарты на системные шины, на полевые шины, на протоколы и на языки программирования задач управления.

Каждый производитель контроллеров решал на аппаратном уровне задачи повышения надежности и скорости реакции контроллера на событие.

## **3.3 Третий этап(современный рынок) - Модульные ПЛК**

Предпосылки:

- Удаленные датчики и регуляторы становятся интеллектуальными, что уменьшает количество требуемых измерительных входов в контроллерах и увеличивает требования к коммуникационным возможностям и модульности контроллеров.

- Тенденции разукрупнения схем управления АСУТП и перехода от иерархических к распределенным в угоду требованиям управляемости, живучести и реальному времени.

Для решения выделенных задач в современных автоматизированных системах сформировалась тенденция использования контроллеров с модульной организацией. В этой структуре контроллер разбивается на функциональные блоки–модули, связанные стандартными каналами связи.

Другими словами, модульные ПЛК отличает деструктуризация контроллера на отдельные взаимосвязанные блоки(логически изолированные компоненты).

Такой подход позволяет децентрализовать сложный механизм обработки данных, увеличивает гибкость системы, позволяя легко наращивать контроллер, добавляя необходимые модули на существующие каналы связи. А также при этом уменьшается затраты на его обслуживание, увеличивается скорость пуско-наладки, улучшается ремонтпригодность контроллера.

На сегодняшний день выделяют следующие два типа модульных ПЛК:

- интеллектуальные модули ввода вывода, объединенные стандартной параллельной шиной под управлением мощного вычислительного процессора в едином конструктиве.
- Распределенный ввод/вывод информации - интеллектуальные модули, объединенные полевой сетью.

Рассмотрим их более детально.

Контроллер разбивается на отдельные блоки (модули), при этом центральный процессор выполняется также в виде отдельного модуля.

Для физической реализации данного типа ПЛК все его блоки объединяются в едином конструктивном исполнении (конструктиве), объединены между собой линиями связи (внутриблочным интерфейсом), к ним должно быть подведено питание и т.д. Совокупность этих средств называется *платформой*.

Сегодня на рынке доминируют контроллеры со стандартными «внутриблочными» интерфейсами: уже зарекомендовавшим себя в офисных ПК - ISA, PCI или модифицированные под жесткие условия эксплуатации промышленных контроллеров – VMEbus, PC104.

Основным достоинством такого подхода является максимально гибкое удовлетворение запросов пользователей за счет создания различных модулей и возможности их произвольного сочетания в одном конструктиве.

Данные ПЛК ориентированны на решение сложных задач управления с мощным математическим аппаратом для средних и крупных участков АСУТП.

### **3.4 РС-совместимые контроллеры**

Контроллеры данного класса характеризуется использованием как контроллеров на базе специализированных микропроцессоров и архитектур, так и контроллеров на базе РС-совместимой архитектуры.

Контроллеры на базе РС (PC based control), как правило, управляют сравнительно небольшими замкнутыми объектами. Общее число входов/выходов контроллера на базе РС обычно не превосходит нескольких десятков соединений, а набор функций предусматривает либо сложную обработку измерительной информации с расчетом нескольких

управляющих команд, либо вычисления по специализированным формулам, аргументами которых выступают измеряемые величины.

В качестве периферийных плат промышленных компьютеров используются встраиваемые системы сбора данных, представляющие собой устанавливаемые в компьютер платы ввода/вывода для сопряжения компьютера с любыми исполнительными устройствами. Спектр плат сбора данных включает АЦП, ЦАП, платы дискретного ввода/вывода, платы со встроенными реле, платы сбора данных с термодатчиков (терморезисторов и термопар), устройства управления шаговыми двигателями, счетчики/таймеры. Этот набор инструментов позволяет решать любые задачи контроля и управления – от построения интеллектуальных зданий до автоматизации навигационных систем. Как правило, все платы сбора данных имеют драйвера для DOS, Windows, Linux и совместимы с популярной программой визуального контроля и управления LabView.

При программировании PC-совместимого контроллера программист может пользоваться любым известным ему компилятором, способным генерировать машинный код, работающий под управлением операционной среды контроллера (например, Си++), ему доступен BIOS, программные и аппаратные прерывания. При этом у разработчика не существует зависимости от конкретного производителя уникальной аппаратной архитектуры, и его программы работают одинаково корректно на PC-совместимых контроллерах разных производителей. Последнее, правда, справедливо в случае, если не используются уникальные аппаратные ресурсы конкретного контроллера. Но и в этом случае доработка программного обеспечения минимальна.

### **3.5 Сравнительный анализ современных ПЛК и РС-совместимых контроллеров**

Программируемые логические контроллеры имеют по сравнению с РС контроллерами ряд преимуществ: выполнение программ действительно в реальном времени, большее быстродействие, значительно упрощенная архитектура (и как следствие повышенная надежность).

К недостаткам можно отнести необходимость наличия специализированного программного обеспечения и дополнительного обучения специалистов.

К важным достоинствам РС-совместимых контроллеров следует отнести:

- открытую архитектуру, легкость подключения любых блоков ввода/вывода, выпускаемых третьими фирмами,
- возможности по использованию широкой номенклатуры наработанного системного и прикладного программного обеспечения (операционных систем реального времени, баз данных, пакетов прикладных программ контроля и управления, протоколы полевых шин). С производителя во многом снимается задача по программной поддержке своего изделия. Необходимо только добавлять библиотеки доступа к новым платам УСО.
- стоимость микросхем для производства процессорных модулей РС-совместимых контроллеров существенно ниже из-за огромных тиражей, которыми они выпускаются.
- высокая производительность позволяет возложить на программное обеспечение большое количество задач, которые решались раньше аппаратно. Это еще один фактор сокращения стоимости.



- при наличии Softlogic-систем с производителя контроллеров в случае выбора PC-архитектуры снимается проблема создания инструментальных средств программирования его изделий. При этом пользователь получает стандартные, уже известные ему, языки программирования контроллера.

К недостаткам можно отнести:

- требования PC-совместимых контроллеров к параметрам окружающей среды, которые не должны сильно отличаться от условий работы обычных офисных персональных компьютеров, так как используется одна и та же элементная база;
- низкая скорость старта PC-совместимого контроллера, так как при использовании универсальных операционных систем требуется дополнительное время на их загрузку и запуск приложения под их управлением.

При наличии большого количества плюсов и малых минусов (которые легко обходятся) большинство производителей, давно работающих на рынке контроллеров, стали постепенно переходить на PC-платформу, а контроллеры переходят в класс интеллектуальных модулей УСО, для которых требования надежности и малой стоимости являются определяющими.

### ***Представители:***

#### **А) Программируемые контроллеры**

- контроллеры M3, M5 DeltaV фирмы Emmerson
- ПЛК «КУРС-МКТ» ЗАО "ENTER+"
- ПЛК «Микротек»- НПФ "ИНТЕК"(ISA)

- "ДИРИЖЕР"-Программируемый контроллер ПКЭМ-3 в стандарте МЭК 1131 (VME-bus)
- ADAM-5000 фирмы Advantech
- FPC400 фирмы FESTO
- SMART I/O фирмы IsaGraf
- SysMac фирмы OMRON
- Контроллер "ЭЛСИ-Т" фирмы Элеси

Б) PC-совместимые контроллеры

- Контроллеры стандарта MicroPC фирмы Octagon Systems
- Контроллеры стандарта MicroPC фирмы Fastwel
- Контроллеры I-8000 и WinCon фирмы ICPCon

В качестве примера рассмотрим контроллер WinCon фирмы ICPCon. Они предназначены для установки в контроллеры 8000 серии и имеют гораздо более высокие скорости сбора данных – до 100 КГц. Контроллеры WinCon предназначены для создания распределенных систем сбора и обработки данных и предусматривают возможности подключения модулей ввода/вывода как по внутренней шине контроллера, так и по последовательным портам или через сеть. Контроллеры WinCon оснащены Windows CE.Net и имеют мощность современных PC. Встроенные порты клавиатуры, мыши и монитора позволяют пользователям кодировать, отлаживать и тестировать программу управления на самом контроллере, а также непосредственно с него осуществлять управление технологическими процессами.

*Распределенный ввод/вывод информации - интеллектуальные модули, объединенные полевой сетью под управлением концентратора(или без него)*

Предпосылки:

Вышеперечисленные недостатки ПЛК с параллельной шиной направляют к тому, чтобы приблизить средний уровень к нижнему.

В результате вместо большого количества 2-х, 3-х и 4-проводных линий связи, идущих от множества датчиков и исполнительных механизмов к каналам мощного ПЛК, предлагается установка нескольких малых ПЛК в непосредственной близости с датчиками и исполнительными механизмами и связанными между собой и концентратором по последовательной шине.

Линейка интеллектуальных модулей позволяет решить в полном объеме требуемые задачи на данных объектах с лучшим критерием цена/функциональность. Данная система представляет также отличную функционально-структурную гибкость, когда при поэтапной автоматизации группа вновь установленных датчиков подключается к системе простым добавлением требуемого модуля на существующую сетевую линейку.

При этом интенсивность межмодульного взаимодействия снижена за счет реализации внутри интеллектуального модуля требуемых операций ввода/вывода, обработки и сжатия информации. Межмодульное взаимодействие в этом случае требуется только для получения информации о значениях параметров, необходимых для функционирования собственных алгоритмов управления и заданий/рапортов извне.

Данный класс можно назвать развитием рассмотренных выше аналоговых устройств сбора и обработки (УСО) связанный с внедрением интеллекта и перехода на последовательную шину.

В качестве концентратора, в зависимости от области применения, используются различные РС-совместимые решения:

- простой концентратор – промышленный ПК с WindowsCE, с последовательными портами (RS232, RS485) и Ethernet (Adam6500)
- концентратор с модулями ввода-вывода – модульный PC-совместимый контроллер
- концентратор с пультом оператора - промышленный панельный компьютер.
- концентратор с сервером – одноплатный компьютер

Представители:

- Серии ADAM-4000 и ADAM-6000 фирмы Advantech
- Серия I-7000 фирмы ICPCON
- Серия DECONT фирмы ДЭП
- Серия DCS-2000 фирмы “ЭМИКОН”
- Серия WAGO I/O фирмы WAGO
- Контроллеры МЕГА НПФ "ИНТЕК"
- Контроллеры GLADAM Фирма Геленджик
- Контроллеры АПДАР «Автоматизация Производств» г. Томск

Более подробно данный тип ПЛК будет рассмотрен далее.

### **3.6 Промышленные компьютеры**

Промышленные компьютеры представляют собой устройства повышенной надежности, способные работать в неблагоприятных условиях окружающей среды, таких как пыль, влага, низкие/высокие температуры, вибрация и т.д.

Промышленные компьютеры имеют ряд конструктивных особенностей, отличающих их от обычных офисных PC. Вместо стандартных системных плат, в корпус промышленных компьютеров устанавливаются пассивные объединительные шины, которые содержат разъем питания и слоты расширения для установки процессорных плат

формата ISA, PICMG, PCISA, PIAGP и периферийных плат ISA, PCI, AGP, служащих для связи с внешними устройствами (различными датчиками, исполнительными устройствами и каналами коммуникации). Такая конструкция позволяет производить замену любой платы (в том числе процессорной) за считанные минуты. Некоторые модели пассивных шин позволяют собирать на одной плате до 4 независимых компьютерных систем.

Корпуса промышленных компьютеров могут быть предназначены для установки в 19” стойку, иметь настольное или настенное исполнение, а также монтироваться на DIN-рейку. Для предохранения от загрязнений и несанкционированного доступа корпуса часто оборудованы специальной дверцей с замком. Практически все модели промышленных корпусов имеют вентилятор со сменным фильтром.

Современные промышленные компьютеры снабжены специализированными источниками питания, которые отличаются от обычных высокой надежностью и долговечностью, имеют широкий диапазон входных напряжений, а также могут поддерживать защиту от перенапряжений и коротких замыканий по выходу. Существуют также резервируемые блоки питания для использования в высоконадежных серверных системах.

Широкое распространение получили промышленные рабочие станции, у которых системный блок и дисплей размещены в одном защищенном корпусе, а клавиатура, выполненная по мембранной технологии, встроена непосредственно в переднюю панель. Рабочие станции имеют, как правило, защиту IP-65 (практически полная защита от пыли и воды) по передней панели и могут устанавливаться в непосредственной близости от промышленного объекта. В одном ряду с рабочими станциями также стоят панельные компьютеры и устройства человеко-машинного интерфейса (HMI). Они отличаются от рабочих

станций гораздо меньшей толщиной (несколько сантиметров), позволяют подключать не более 1 периферийной платы и не имеют встроенной клавиатуры. Панельные компьютеры и устройства человеко-машинного интерфейса используются для отображения информации, а также для визуализации технологических процессов и управления. И рабочие станции, и панельные РС, и устройства НМІ, могут быть, как правило, оснащены сенсорным экраном (touch screen).

Помимо конструктивных отличий, промышленные компьютеры, по сравнению с офисными, имеют дополнительные функции, например, сторожевой таймер (watchdog), автоматически перезапускающий систему в случае зависания программы, или возможность хранения параметров технологического процесса в энергонезависимой памяти для защиты от сбоев питания. Часто операционная система загружается из ПЗУ, а в качестве накопителей используются электронные диски, в том числе на базе флэш-памяти.

### **3.7 Требования, предъявляемые к контроллерам АСУТП**

#### **3.7.1 Требования к контроллерам со стороны системных свойств:**

- Возможность модернизации и наращиваемости контроллера: добавление или изменение типов датчиков, изменение конфигурации, изменение типа линии связи с центром;
- Должно обеспечиваться гарантированное время реакции на внешние события, поступающие от объекта(исполнительные устройства, датчики), за время, определенное для каждого события.
- гибкость и способность к взаимодействию с другими подсистемами, совместимость с существующими системами, легкая расширяемость и перестраиваемость, согласованность со стандартами

- «Открытость» -соответствие стандартам по электрическим параметрам, коммуникационным протоколам, инструментальным средствам;
- ориентация как на специальные коммуникации, так и на имеющиеся на предприятиях и в зданиях сети: телефонные, охранные, электропитания;
- Возможность интегрирования в единую систему АСУ ТП контроллеров различных производителей, выполненных в стандарте открытых систем;
- сопряжение контроллеров различных фирм с различными SCADA-системами через стандартные средства межзадачного обмена;
- единая технология программирования контроллеров различных фирм и переносимость технологических программ пользователя;
- низкие требования к качеству электропитания;
- децентрализации и автономного выполнения различных функций;
- широкая номенклатура модулей, позволяющая разрабатывать многофункциональные системы контроля и управления;
- наличие интеллектуальных модулей ввода/вывода, в том числе модулей, регуляторов автономного функционирования;
- Соответствие современным задачам управления и требованиям к составу и функциональности операторских интерфейсов.
- Модульность и функциональная расширяемость в необходимом ассортименте специализированных интерфейсов УСО.
- масштабирование систем;
- подключение к глобальной информационной сети Интернет (встроенный Web-сервера);

- независимая от верхнего уровня сеть межконтроллерного обмена данными.
- Компактность и встраиваемость, которая оценивается как непосредственно по физическому объему собранного контроллерного узла, так и по объему работ по интеграции данного узла в состав объекта.
- повышение производительности и уменьшение времени цикла контроллера за счет сокращения нагрузки на центральный процессор по объему вычислений и интенсивности обменов данными с модулями УСО, возможность повышения за счет этого информационной емкости контроллера;
- наличие встроенных гальванически изолированных каналов релейной коммутации мощной нагрузки, что избавит от применения дополнительных модулей УСО (управление КЗР, МЭО, электродвигателями насосов и вентиляторов, соленоидными клапанами)
- наличие гальванически изолированных каналов дискретного ввода для регистрации “сухого контакта” без применения дополнительных модулей УСО
- Минимальные требования к параметрам эксплуатации

### **3.7.2 Требования со стороны надежности**

Требования по надежности предполагают обеспечение автономной и бесперебойной работы контроллера при непредсказуемым изменением значений внешних параметров и условий окружающей среды



После анализа требований по надежности с разных точек зрения (разработчики, эксплуатационщики), автором было выделенно три пути обеспечения надежности контроллера:

- защита контроллера и его компонентов от внешних параметров, выходящих(явно или потенциально) за допустимые номинальные значения;
- полная гальваническая развязка всех входных и выходных каналов контроллера, вследствие низкого качества заземления технологического оборудования;
- защита выходов модулей УСО от короткого замыкания;
- непрерывная внутримодульная диагностика, наличие сторожевых таймеров во всех модулях;
- должны предусматриваться различные варианты полной текущей диагностики неисправностей с глубиной до отдельной платы;
- по всех интерфейсах используемых в контроллере должны быть предусмотрены защитные коды(CRC), предохраняющие информацию от искажений во время передачи и хранения;
- уменьшение количества компонентов, как общего количества, так и тех, которые уменьшают надежность устройства
- контроллер должен состоять из минимального числа образующих его элементов, чем меньше компонентов, тем меньше вероятность выхода их из строя;
- отказ от использования в контроллере компонент с заведомо низкой надежности, любых электродвигателей и прочей кинематики, подверженной механическому износу и чувствительной к температурам и влажности;

- снижение числа межмодульных контактных соединений за счет использования последовательной внутренней шины(отказ от параллельной);
- отсутствие специализированного оборудования для обеспечения номинальных условий эксплуатации, так как в данном случае на надежность контроллера будет прямым образом влиять надежность данного оборудования (к примеру подсистем кондиционирования).
- минимальные размеры и простота прикладных программ, так как увеличение размеров программ ведет к экспоненциальному росту числа ошибок и сложности проверки правильности ее функционирования.
- введение **резервирования** как отдельных компонентов, так и всего устройства в целом: дополнительных линий связи, дублирование контроллера или его наиболее важных блоков.

К наиболее распространенным способам резервирования контроллеров можно отнести:

- горячий резерв отдельных компонентов и/или контроллера в целом (при непрохождении теста в рабочем контроллере управление переходит ко второму контроллеру);
- троирование основных компонентов и/или контроллера в целом с голосованием по результатам обработки сигналов всеми контроллерами, составляющими группу (за выходной сигнал принимается тот, который выдали большинство контроллеров группы, а контроллер, рассчитавший иной результат, объявляется неисправным);
- работа по принципу "пара и резерв". Параллельно работает пара контроллеров с голосованием результатов, и аналогичная пара находится в горячем резерве. При выявлении разности результатов работы первой пары управление переходит ко второй паре; первая

пара тестируется, и либо определяется наличие случайного сбоя и управление возвращается к первой паре, либо диагностируется неисправность и управление остается у второй пары.

Здесь необходимо отметить, что при введении резервирования нужно делать выбор между стоимостью и надежностью оборудования. Оптимальных решений, как правило, нет, однако есть базовые принципы, которые следует соблюдать при проектировании среднего уровня распределенных АСУ ТП, а именно:

- резервирование цеховых (фронтальных) контроллеров;
- распределение функций в многопроцессорной системе фронтальных контроллеров
- резервирование информационной магистрали или локальных контроллеров наиболее ответственных объектов;
- резервирование цепей аварийного останова системы;
- резервирование цепей дистанционного управления оборудованием(по необходимости);
- резервирование контрольно-измерительных каналов (по необходимости).
- дублирование центрального процессора и блока питания;
- резервирования модулей УСО, установленных на одной шине, с возможностью «горячей» замены модулей;
- возможность резервирования шин УСО вместе с подключенными к ним модулями УСО;
- дублирование каналов связи контроллера ( обмен по двум независимым каналам связи).

### **3.7.3 Требования со стороны разработчика и обслуживающего персонала:**

- минимальные требования к обслуживанию.
- возможность конфигурирования гальванически изолированных аналоговых входов для измерения, как унифицированных сигналов тока и напряжения, так и сопротивления, что позволяет перекрыть большинство необходимых в практике автоматизации теплоэнергетических установок типы воспринимаемых аналоговых сигналов, (в том числе сигналов термометров сопротивления и резистивных датчиков положения КЗР, МЭО и т.д.) без применения дополнительных модулей УСО
- наличие средств тестирования, конфигурирования и прикладного программирования контроллеров конечным пользователем, как удаленное из программ «верхнего» уровня (с АРМ оператора, сервера, из системы визуального программирования), так и непосредственно на месте эксплуатации с помощью переносного или местного пульта индикации и управления;
- возможность контроля, управления и тестирования модуля в автономном режиме с помощью переносного пульта настройки или компьютера через последовательный порт модуля с интерфейсом;
- быстрое обновление алгоритмов управления (в том числе и на работающем оборудовании).
- простота и переносимость технологических программ, снижение затрат на их разработку и отладку за счет их независимости от способов построения и работы аппаратуры ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, датчиков и исполнительных органов;

- минимальная стоимость и доступность элементной базы и комплектующих в России.

#### **4 Развитие SCADA систем**

Прогресс в области SCADA-систем в последние годы получил значительное ускорение. Привлечение разработчиками новейших информационных технологий, интеграция приложений, встраивание стандартных языковых средств для программирования пользовательских алгоритмов и экранных взаимодействий значительно повысили эффективность SCADA-систем. В распоряжении пользователей разных групп теперь появляется мощный инструментарий. Технологии распределенной межсетевой архитектуры для корпоративных систем DNA (Distributed interNet Architecture) в среде MS Windows, комплексирование продуктов для управления технологией и офисов создают новые возможности в интеграции систем управления и перераспределения функций между ними. Теперь в дежурный список поддерживаемых системами технологий и интерфейсов дополнительно к уже ставшим традиционными DDE, DLL, OLE, ODBC/SQL включаются объектные компонентные модели COM/DCOM с ActiveX, технологии Java, универсальный интерфейс связи с внешними устройствами OPC, языки стандарта IEC 61131-3, языки описаний на основе Visual Basic for Applications, Internet/Intranet и т.д.

В распоряжении разработчиков и пользователей разных уровней оказывается мощный и пластичный инструментарий современных SCADA-систем, поддерживаемый средствами операционных систем и сетевых архитектур. Решения прикладных проблем в конкретных проектах становятся многовариантными благодаря таким возможностям, как распределение функций между станциями и формирование функциональных нагрузок станций; подключение внешних средств

обработки данных (электронных таблиц, баз данных и др.) - статистической обработки, контроля технико-экономических показателей (ТЭП) и т.д.

Конечных пользователей не очень интересует перечень технологических средств, использованных в конкретной SCADA-системе. Для него важны функциональные и коммуникационные возможности и технические характеристики систем, например, такие, как возможность через Internet приобрести нужный фрагмент для разрабатываемой станции и без проблем "вставить" его в проект; руководству фирмы - "заглянуть" на экраны операторских станций дальнего предприятия и убедиться в соблюдении технологии; программисту - по просьбе заказчика проверить работу своей программы в системе управления и после исправлений немедленно переслать новый вариант. И возможность избавиться от "проблемы драйверов" средствами OPC-интерфейса. В целом новации в SCADA-системах обеспечивают значительное снижение затрат труда на разработку и обслуживание операторских станций, повышение скоростей и дальности (Internet!) обмена данными в системах управления и многие другие, важные для применений, качества. Добавим, что интеграция систем управления на всех уровнях в пределах предприятия, о которой говорили уже несколько десятилетий, теперь обеспечена средствами интегрированных программных систем (наборов) и коммуникаций.

#### **4.1 Характеристики применения**

Удобство применения - совокупность средств и качеств, обеспечивающих пользователям достаточно быстрое освоение и успешное применение программной системы. К ним относятся следующие.

Дружественность диалога (считается, что это качество обеспечивается применением получившими признание стандартов де-

факто в оформлении интерфейса с пользователем - "Windows-подобный интерфейс"); полнота и наглядность представления функций системы на экране, удобство и информативность контекстных и оперативных подсказок (help), справочной системы.

Качество документации: полнота, ясность и наглядность описаний системы, ошибки и неточности; применение установившейся терминологии. Для импортных программных продуктов: русификация, уровень русификации (экраны, подсказки (helps), справочная система, системные сообщения, документация).

Удобство сопровождения системы при эксплуатации: полнота/недостаточность средств диагностики состояния системы при сбоях и отказах, нарушениях внешних связей; трудоемкость и уровень автоматизации работ при инсталляции системы; возможности внесения изменений в базу данных системы и коррекции экранов без ее остановки и т.д.

Наблюдавшиеся и выявленные ошибки, и отказы в работе программ, а также их значимость при работе системы управления.

Все показатели имеют либо количественный характер (информационная мощность, требования к ресурсам, стоимость и т.д.), либо качественный (наличие/отсутствие конкретных средств - функций, опций, интерфейсов), а также, возможно, представляют собой перечисление (например, форматы импорта).

Технические и экономические характеристики программных продуктов в основном документируются и публикуются, и должны гарантироваться разработчиками. Их можно получить из документации. Характеристики удобства применения и качества документации в значительной мере носят субъективный характер и не имеют оценочной меры. О характеристиках применения можно судить только по результатам практического использования продукта: тестирования, опробования,

анализа, опыта промышленного внедрения. Отметим, что косвенной характеристикой качества и отработанности тиражного программного продукта служит его положение на рынке, поскольку большое число реализаций продукта свидетельствуют о солидном опыте применений, учтенном при обновлениях продукта, и о завоеванном авторитете у пользователей всех групп.

Автоматизированные рабочие места (АРМ) верхнего уровня АСУТП образуют единый информационно-вычислительный комплекс (ИВК).

АРМы выделяются как полностью дублирующие (равноправные по получаемым данным и по функциям управления) друг друга рабочие места (АРМ оператора-технолога), так и как технологически ориентированные рабочие места, адекватно учитывающие специфику работы персонала и технологии участка производства (АРМ-геолога, АРМ-гл.инженера, АРМ-энергетика и т.д.).

На этом уровне осуществляется наблюдение за технологическим процессом. Технологический процесс на экране монитора представляется в виде мнемосхемы, при этом параметры технологического процесса могут отображаться в реальном масштабе времени как в цифровом виде, так и посредством анимированных изображений, изменяющих свой цвет, размер, положение, внешний вид – в зависимости от состояния соответствующего параметра (мнемосхемы, панели сигнализации, тренды, графики и т.п.).

Помимо функций визуализации состояния технологического процесса, системы диспетчеризации обеспечивают регистрацию и архивацию значений технологических параметров, формирование, протоколирование и выдачу сигналов тревог (визуальных, звуковых), протоколирование действий персонала, расчет текущих технико-экономических показателей и формирование оптимальных регламентов



работы оборудования, которые передаются для исполнения на уровень управления процессом.

С целью обеспечения независимости ПО SCADA от программных и аппаратных особенностей промышленной сети и контроллеров разработана спецификация OPC (OLE for Process Control), позволяющая независимым разработчикам программного обеспечения и аппаратных средств, создавать совместимые между собой продукты.

Связь SCADA системы с нижним уровнем производится через стандартные OPC сервера, поставляемые фирмами-изготовителями контроллеров нижнего уровня.

#### **4.2 Задачи, решаемые на верхнем уровне АСУТП:**

- прием и сохранение в архивах принятой информации о контролируемых технологических параметрах от оборудования нижестоящего уровня (контроллеров и датчиков);
- обработка принятой информации в реальном масштабе времени:
  - математическая обработка информации от «нижнего» уровня с целью получения реальной картины состояния всего технологического процесса;
  - сравнение измеренных значений технологических параметров с заданными значениями и формирование сигналов управления, а также предупредительной и аварийной сигнализации;
- сохранение принятой информации в единой базе данных;
- отображение хода технологического процесса в виде мнемосхем, трендов (графиков изменения параметров во времени),

индикаторов; хронометрирования основных технологических параметров, формирование протокола событий и архивных данных;

- обмен информацией с автоматизированной системой управления предприятием.
- прием команд оператора и передача их контроллерам и исполнительным механизмам;
- непосредственное автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданными алгоритмами и технологическими регламентами;
- регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы;
- оповещение эксплуатационного и обслуживающего персонала об обнаруженных аварийных событиях, связанных с контролируемым технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУТП, с регистрацией действий персонала в аварийных ситуациях;
- формирование сводок и других отчетных документов на основе архивной информации.

### **4.3 Особенности SCADA как процесса управления**

Особенности процесса управления в современных диспетчерских системах;

- процесс SCADA применяется в системах в которых обязательно наличие человека;
- процесс SCADA был разработан для систем, в которых любое неправильное воздействие может привести к отказу (потере) объекта управления или даже катастрофическим последствиям;

- оператор несет, как правило, общую ответственность за управление системой, которая, при нормальных условиях, только изредка требует подстройки параметров для достижения оптимальной производительности;
- активное участие оператора в процессе управления происходит нечасто и в непредсказуемые моменты времени, обычно в случае наступления критических событий (отказы, нештатные ситуации и пр.);
- действия оператора в критических ситуациях могут быть жестко ограничены по времени (несколькими минутами или даже секундами).

#### **4.4 Требования к системам верхнего уровня**

- Они должны работать только с технологической информацией, отражающей основной технологический процесс. Поэтому АРМы должны быть сориентированы на работу в терминах и понятиях технологического процесса
- обеспечение открытости, как с точки зрения подключения различного контроллерного оборудования, так и коммуникации с другими программами;
- мощной, иметь гибкие средства, обеспечивающие пользователю эффективное создание экранных форм с минимальными затратами труда и времени (максимальная автоматизация рутинных процессов);
- обеспечение простоты разработки приложений и доступной не только для разработчика, но и для конечного пользователя создаваемой АСУТП, поскольку облик системы определяется и может подвергаться изменениям как разработчиком, так и пользователем (возможность самообучения специалистов);

- максимально открытой, во-первых, иметь возможность сопряжения с различными продуктами других фирм (ПО технологических контроллеров, СУБД, другими SCADA), во-вторых, иметь в наличии мощный и универсальный скриптовый язык и, в-третьих, иметь возможность встраивания в SCADA готовых компонентов (в первую очередь – ActiveX);
- масштабируемой и полнофункциональной, позволяющей создавать проекты разного масштаба от сотен сигналов до десятков тысяч и для различных задач промышленной автоматизации;
- надежной (технологическая и функциональная)–быть устойчивой к ошибкам во внешних компонентах и к некорректным действиям обслуживающего персонала, т.е.:
  - никакой единичный отказ оборудования не должен вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
  - никакая единичная ошибка оператора не должна вызвать выдачу ложного выходного воздействия (команды) на объект управления;
  - все операции по управлению должны быть интуитивно-понятными и удобными для оператора (диспетчера).
- эффективной – обеспечивать необходимую функциональность и быстродействие при ограниченных требованиях к компьютеру;
- иметь умеренную цену на основное ПО и на лицензии исполнительных модулей пакета.
- Иметь средства компьютерной защиты информации, разграничение ответственности пользователей
- *должна предоставлять обслуживающему персоналу гибкий инструментарий для анализа поступающей информации* .В стандартный набор типовой SCADA, как правило, не входят средства для решения и гибкого анализа, а возможности, предоставляемые

стандартными SCADA-пакетами, являются явно недостаточными для выполнения полноценного, детального анализа поступающей информации. Для увеличения отдачи от системы автоматизации в ее состав должна входить некоторая надстройка, обеспечивающая выполнение функций анализа, формирования технологических и технико-экономических балансов для технологических объектов/узлов, включая приведенные, расчетные и удельные показатели, построения сравнительных таблиц, графиков, диаграмм с произвольным набором параметров, указанных пользователем и т.п.

#### **4.5 Технические средства верхнего уровня:**

- операторские станции, организующие информационное сопровождение и оперативное управление технологическим процессом;
- инженерные станции, организующие доступ инженера к программному обеспечению для отладки и тестирования;
- промышленный сервер - обеспечивает ввод и обработку информации, формирование алгоритмов управления и вывод управляющих воздействий в схемы управления арматурой и механизмами, накопление в реальном масштабе времени и надежное длительное хранение больших объемов технологической информации, а также доступ к ней с большого числа операторских и инженерных станций.
- сетевое оборудование, обеспечивающее передачу информации и управления между станциями и устройствами ПТК;
- устройства связи с другими ПТК или АСУ или устройства удаленного доступа.

## 4.6 Функциональные возможности SCADA-систем

Хотелось бы подчеркнуть, что в названии присутствуют две основные функции, возлагаемые на SCADA-систему:

- сбор данных о контролируемом технологическом процессе,
- управление технологическим процессом, реализуемое ответственными лицами на основе собранных данных и правил (критериев), выполнение которых обеспечивает наибольшую эффективность и безопасность технологического процесса.

*Основные возможности* и средства, присущие всем системам и различающиеся только техническими особенностями реализации:

- автоматизированная разработка, дающая возможность создания ПО системы автоматизации без реального программирования;
- средства сбора первичной информации от устройств нижнего уровня;
- средства управления и регистрации сигналов об аварийных ситуациях;
- средства хранения информации с возможностью ее постобработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных);
- средства обработки первичной информации;
- средства визуализации информации в виде графиков, гистограмм и т.п.;
- возможность работы прикладной системы с наборами параметров, рассматриваемых как "единое целое" ("recipe" или "установки").

**SCADA-системы** обеспечивают выполнение следующих основных функций:

1. Прием информации о контролируемых технологических параметрах от контроллеров нижних уровней и датчиков
2. Сохранение принятой информации в архивах.
3. Вторичная обработка принятой информации.
4. Графическое представление хода технологического процесса, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме.
5. Прием команд оператора и передача их в адрес контроллеров нижних уровней и исполнительных механизмов.
6. Регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы
7. Оповещение эксплуатационного и обслуживающего персонала об обнаруженных аварийных событиях, связанных с контролируемым технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУ ТП с регистрацией действий персонала в аварийных ситуациях.
8. Формирование сводок и других отчетных документов на основе архивной информации.
9. Обмен информацией с автоматизированной системой управления предприятием (или, как ее принято называть сейчас, комплексной информационной системой).
10. Непосредственное автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданными алгоритмами.

Если попытаться коротко охарактеризовать основные функции, то можно сказать, что SCADA-система собирает информацию о технологическом процессе, обеспечивает интерфейс с оператором,

сохраняет историю процесса и осуществляет автоматическое управление процессом в том объеме, и котором это необходимо.

Перечисленные возможности SCADA-систем в значительной мере определяют стоимость и сроки создания ПО, а также сроки ее окупаемости.

## 4.7 OPC

Для работы оборудования с широким набором современных SCADA системам необходимы драйверы OPC. Что такое OPC? OLE(object linking and embedding) for Process Control, Объектное связывание и встраивание для контроля процессов – открытый для широкого использования набор спецификаций, разработанный организацией OPC Foundation на основе технологий Microsoft COM/DCOM. Когда упоминают термин OPC-драйверы для приборов, чаще всего имеют в виду OPC–сервер, реализующий спецификацию Data Access(DA). OPC DA - широко известная спецификация которая сейчас уже имеет версию 3.0, другие спецификации доступны только в виде альфа и бета версий. Она позволяет читать и писать данные в прибор, организовывать подписку на данные и получать клиенту уведомление об обновлении данных.

Для работы с OPC-драйверами требуется любая SCADA система, поддерживающая спецификацию OPC DA. Кроме того, прочитать и записать данные может пользовательская программа на языке, полноценно поддерживающем COM технологию Microsoft (Visual Basic, C++, Java, Delphi и т.д.). Получение данных возможно также и из приложений поддерживающих доступ к COM объектам (например, таких как Microsoft Office). Это позволит пользователю получить в таблице Excel набор технологических параметров изменяющихся в реальном масштабе времени



## **4.8 Функции основных блоков SCADA - системы**

Ниже дано краткое описание архитектуры и функциональных возможностей типовой современной SCADA системы.

В состав типовой SCADA входят следующие подсистемы:

- Графической среды разработки и запуска приложений,
- Архивов,
- Аварий,
- Доступа
- Встроенных языков программирования

### **4.8.1 Графическая среда разработки и запуска приложения**

Объединяет средства разработки и просмотра графических мнемосхем автоматизированных рабочих мест оператора АСУ ТП.

Является инструментальным средством, предназначенным для визуализации контролируемых технологических параметров и оперативного диспетчерского управления на верхнем уровне АСУ ТП.

Мнемосхемы (экранные формы) могут создаваться как на основе встроенных средств рисования, так и управляющих элементов ActiveX различных производителей.

Основные характеристики

- Мощные инструменты для создания экранных форм и динамических элементов отображения
- Возможность встраивания элементов управления ActiveX и объектов OLE
- Встроенная среда редактирования сценарных процедур Microsoft Visual Basic. Алгоритмы вторичной обработки данных и процедуры

управления экранными формами могут разрабатываться в данной среде

- Динамизация элементов отображения с малым временем обновления (<50 мс)
- Поддержка шаблонов экранных форм, содержащих наиболее часто используемые слои графических объектов
- Возможность встраивания в HTML-страницы и другие контейнеры OLE (MS Word, MS Excel, MS Access и др.)
- Возможность просмотра браузерами Интернет, такими как MS Internet Explorer
- Обширная библиотека элементов отображения, ориентированных на построение мнемосхем промышленных объектов
- Поддержка графических слоев: один файл может содержать множество экранных форм
- Поддержка градиентов цветовой палитры, обеспечивающая возможность реализации объемной графики
- Возможность динамической смены источников данных во время исполнения посредством технологии псевдонимов
- Защита экранных форм паролем от внесения несанкционированных изменений
- Возможность встраивания графиков, журналов событий и тревог.
- Средства импорта графических метафайлов (WMF) и растровых изображений (BMP)
- Встроенный редактор выражений для выполнения математических, функциональных, логических и других операций над данными.

Единые принципы организации экранных форм предоставляют следующие преимущества:

- наглядность изображения;
- высокую информативность;
- низкую утомляемость.

Структура типовой экранной формы АРМ:

- общий светло-серый фон (~25%);
- в верхней части экрана отображается панель управления, на ней расположены чаще всего используемые кнопки, общие для всех мнемосхем («Смена пользователя», «Общая сводка тревог» и «Тренды»);
- ниже панели управления располагается панель переходов с пиктограммами выбора экранов и стрелками переходов между формами;
- в нижней части экрана отображается окно тревожных и аварийных событий;
- в правой части экрана под панелью переходов отображаются индикаторы наиболее важных аварийных параметров и режимов;
- в левой верхней части экрана, на панели управления, приводится изображение логотипа;
- в правой верхней части экрана, на панели управления, дата и время;
- вверху по центру, на панели переходов, наименование объекта автоматизации;
- в центре текущая мнемосхема объекта автоматизации.

## **Отображение объектов и параметров на мнемосхемах**

Объектами отображения называются единицы технологического оборудования и автоматики, которые имеют отдельное изображение на мнемосхеме. Для всех объектов зарезервированными состояниями считаются:

- авария – красный цвет;
- ремонт, блокировка – синий цвет;
- недостоверность, неопределенность – тёмно-серый.

Для аналоговых измерений зарезервированными состояниями считаются:

- выход за предельное значение – жёлтый цвет;
- выход за аварийное значение – красный цвет;
- ремонт, блокировка – синий цвет;
- недостоверность, неопределенность – тёмно-серый.

В состоянии недостоверности вместо текущего значения отображается символы “XXX”.

## **Отображение параметров контроля технологического процесса**

На мнемосхемах требуется отображать параметры контроля технологического процесса. Для этого была использована типовую ячейку (рисунок 5.8) отображения параметров, которая помогает оператору своевременно реагировать на сгенерированную тревогу, так как показывается место возникшей тревоги. К тому же типовая ячейка занимает минимум места на мнемосхемах, что немаловажно, так как технологический процесс имеет сложную структуру, содержащий большое количество исполнительных механизмов.

Типовая ячейка представлена в виде прямоугольника с привязкой к месту установки. Прямоугольник делится горизонтальными линиями на три равных части по вертикали. В верхней части указывается позиция

датчика по проекту, в средней - значение отображаемого параметра, в нижней – единица измерения.

РТ 2.6
>3.8
МПа

Рисунок 4.1 – Типовая ячейка отображения параметра

Для сигнализации предельных порогов параметра разработан следующий метод: если порог верхний, то закрашивается верхняя часть, если нижний – нижняя часть. При нормальном состоянии все части имеют темно-серый цвет. При выходе значения за порог, область обозначения порога для данного параметра окрашивается в соответствующий цвет (рисунок 5.9).

Типы порогов сигнализации:

LoLo – значение меньше “Ниже нижнего порога”, красный цвет

Lo – значение меньше “Нижнего порога”, желтый цвет

Hi – значение больше “Верхнего порога”, желтый цвет

HiHi – значение больше “Выше верхнего порога”, красный цвет.

LOLO	LO	HI	HIHI
1E+1	1E+1	1E+2	1E+2
-30	-20	66	77
град°	град°	град°	град°

Рисунок 4.2 – Типы порогов сигнализации

Чтобы сократить время на анимацию типовых ячеек, была сконфигурирована глобальная таблица порогов, доступная всей системе. В глобальной таблице были определены цвета для порогов сигнализации. Такая таблица дает централизованное средство управления преобразованием системных данных. Если в дальнейшем появится необходимость изменить цвет или порог, то достаточно будет сделать изменения только в одном месте, в таблице порогов.

Пример окна контроля и управления задвижкой

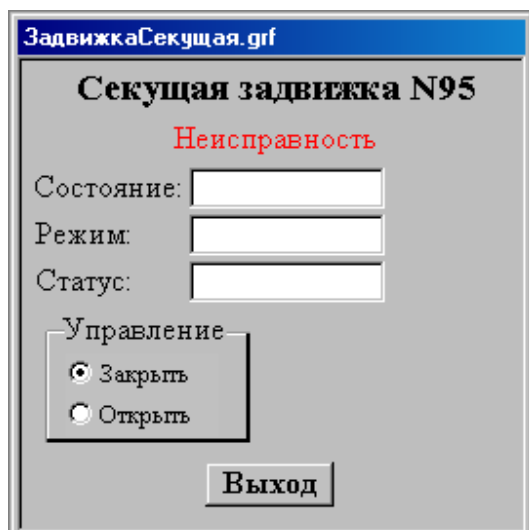


Рисунок 4.3 – Окно управления задвижкой

В данном окне информация представлена по степени важности:

- Сигнализация аварии
- Состояние: “В работе”/ “В ремонте”
- Режим: “Местный”/”Дистанционный”
- Статус: “Открыта”/ “Закрыта”
- Панель управления

Сигнализация аварии – надпись ”Неисправность” – выводится в верхней части окна, так как важно вовремя оповестить оператора о возникшей аварии.

Поля ”Состояние” и ”Режим” расположены выше других объектов, так как от значения этих полей зависят возможности оператора по управлению секучей задвижки:

- если задвижка находится в состоянии ”В ремонте”, то возможен только местный режим управления и панель ”Управление” недоступна;
- если задвижка находится в состоянии ”В работе” и в режиме ”Дистанционный”, то оператор может управлять задвижкой с помощью панели ”Управление”.

Режим “Местный”/ “Дистанционный” выбирается аппаратно, переключением тумблера в шкафу автоматики.

#### **4.8.2 Подсистема архивов**

Графическое представление значений технологических параметров во времени способствует лучшему пониманию динамики технологического процесса предприятия. Поэтому подсистема создания трендов и хранения информации о параметрах с целью ее дальнейшего анализа и использования для управления является неотъемлемой частью любой SCADA - системы.

Тренды реального времени (Real Time) отображают динамические изменения параметра в текущем времени. При появлении нового значения параметра в окне тренда происходит прокрутка графика справа налево. Таким образом текущее значение параметра выводится всегда в правой части окна.

Тренды становятся историческими (Historical) после того, как данные будут записаны на диск и можно будет использовать режим прокрутки предыдущих значений назад с целью посмотреть прошлые значения. Отображаемые данные тренда в таком режиме будут неподвижны и будут отображаться только за определенный период

Подсистема трендов представляет открытое решение по высокопроизводительному построению графических зависимостей контролируемых параметров. Поддерживает спецификацию OPC доступа к историческим данным (OPC HDA), устанавливающую требования к подсистеме накопления и регистрации значений контролируемых параметров в различных базах данных с возможностью последующего извлечения и представления на графиках.

Подсистема архивов обеспечивает накопление и представление текущих данных в виде графических зависимостей от времени, а также является мощным средством архивирования накапливаемой информации в базах данных с возможностью последующего извлечения и просмотра на графиках.

Основные функциональные возможности подсистемы архивов:

- Представление значений контролируемых параметров, получаемых от серверов ОРС, на графиках различных типов в реальном масштабе времени.
- Поддерживаются следующие виды графиков:
  - зависимость от времени;
  - логарифмическая зависимость от времени;
  - гистограмма;
  - круговая диаграмма;
  - зависимость одного параметра от другого.
- Возможность настройки параметров графика, добавления и удаления перьев во время исполнения
- Возможность построения графических зависимостей на основе данных пользователя путем использования сценариев VBA или внешних приложений
- Архивирование значений контролируемых параметров в базах данных MS Access, MS SQL Server, Oracle
- Вычисление статистических характеристик выборок значений контролируемых параметров
- Извлечение значений контролируемых параметров из архивов и представление в виде графиков различных типов
- Возможность одновременного просмотра текущих и исторических данных в одной области построения



- Вывод графиков на печатающее устройство
- Разработка и исполнение сценарных процедур на встроенном Visual Basic for applications
- Возможность вставки элементов просмотра графиков в различные контейнеры ActiveX
- Встроенное средство генерации отчетов в базах данных и MS Excel

#### **4.8.3 Подсистема аварий**

Это подсистема обнаружения, идентификации, фильтрации и сортировки аварийных и других событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и состоянием технических средств АСУ ТП.

Является набором программных компонентов, предназначенных для обнаружения аварийных событий, оповещения оперативного персонала, приема подтверждений восприятия информации об аварийных событиях и регистрации информации об авариях в базе данных.

Основные функциональные возможности подсистемы аварий:

- Обнаружение аварийных событий по множеству признаков и критериев, настраиваемых пользователем
- Передача информации об обнаруженных авариях клиентским приложениям, расположенным на разных узлах локальной или глобальной сети
- Простое оповещение персонала об обнаруженных аварийных событиях путем прерывистого отображения информации об аварии и звукового сигнала
- Голосовое оповещение персонала об обнаруженных аварийных ситуациях\*

- Оповещение персонала путем автоматического дозвона по коммутируемым каналам связи с передачей сообщений об аварийных событиях и приемом подтверждений восприятия от ответственных лиц\*
- Персональное планирование оповещения для привлечения к мероприятиям по устранению аварийной ситуации только дежурного персонала\*
- Анализ аварийных событий и действий ответственного персонала
- Объединение всех аварийных событий и подтверждений восприятия системных сообщений ответственным персоналом в сводки аварийных событий
- Отображение вспомогательной информации для аварийных событий, позволяющей локализовать и устранить причины аварии
- Связь с аппаратными средствами системы через интерфейсы OPC
- Возможность запуска сервера обнаружения аварий в качестве службы Windows NT
- Возможность записи информации о событиях в журнал Windows NT
- Мощное средство конфигурирования признаков аварийных событий
- Управляющий элемент ActiveX просмотра текущих аварийных событий
- Управляющий элемент ActiveX просмотра архива событий
- Встроенная среда редактирования сценарных процедур Microsoft Visual Basic for Applications 5.0

Состояние тревоги, в дальнейшем аларм (Alarm) - это некоторое сообщение, предупреждающее оператора о возникновении определенной ситуации, которая может привести к серьезным последствиям, и потому требующее его внимания, а часто и вмешательства. А принял - ли оператор сообщение об аларме? Чтобы снять эти сомнения, в системах управления принято различать неподтвержденные и подтвержденные алармы. Аларм называется подтвержденным после того, как оператор отреагировал на сообщение об аларме. До этого аларм оставался в состоянии неподтвержденного.

Наряду с алармами в SCADA - системах существует понятие событий. События представляют собой обычные статусные сообщения системы и не требуют реакции оператора. Обычно событие генерируется при возникновении в системе определенных условий (типа регистрации оператора в системе).

От эффективности подсистемы алармов зависит скорость идентификации неисправности, возникшей в системе, или технологического параметра, вышедшего за установленные регламентом границы. Быстродействие и надежность этой подсистемы могут существенно сократить время простоя технологического оборудования. Например, если оператор не получит вовремя информацию о том, что двигатель насоса перегрелся, это может привести в лучшем случае к выходу насоса из строя, а то и к крупной аварии.

Причины, вызывающие состояние аларма, могут быть самыми разными. Неисправность может возникнуть в самой SCADA-системе, в контроллерах, каналах связи, в технологическом оборудовании. Может выйти из строя датчик или нарушатся его метрологические характеристики. Параметры технологического процесса могут выйти за границы, установленные регламентом и т.д.

Подсистема алармов - это обязательный компонент любой SCADA - системы. Но возможности подсистем алармов различных SCADA - систем, вероятно, разные. С другой стороны, когда речь идет о типах алармов, то все SCADA - системы поддерживают такие типы алармов, как дискретные и аналоговые.

*Дискретные алармы* срабатывают при изменении состояния дискретной переменной. При этом для срабатывания аларма можно использовать любое из двух состояний: TRUE / ON (1) или FALSE / OFF (0). По умолчанию дискретный аларм может срабатывать на ON или OFF, в зависимости от конкретной SCADA - системы.

*Аналоговые алармы* базируются на анализе выхода значений переменной за указанные верхние и нижние пределы. Аналоговые алармы могут быть заданы в нескольких комбинациях:

- High и High High (верхний и выше верхнего);
- Low и Low Low (нижний и ниже нижнего);
- Deviation (отклонение от нормы);
- Rate of Change - ROC (скорость изменения).
- изменения).

Алармы High и High High срабатывают при достижении переменной заданных для каждого аларма пределов (High Alarm, High High Alarm). Для выхода переменной из состояния аларма (High и High High) необходимо, чтобы ее значение стало меньше порогового на величину, называемую зоной нечувствительности (Deadband). Аналогично можно интерпретировать алармы типа Lo и LoLo.

Все вышеизложенное справедливо и для аларма типа Deviation, только речь в этом случае идет об отклонении значения переменной от заданного значения (Setpoint), причем это заданное значение в ходе

технологического процесса может изменяться либо оператором, либо программно (автоматически). Аларм срабатывает при выходе значения переменной за границу предельно допустимого отклонения.

Алармы типа ROC срабатывают, когда скорость изменения параметра становится больше предельно допустимой. Понятие "зона нечувствительности" (Deadband) к алармам этого типа не применяется. Каждому аларму в SCADA соответствует некоторая величина, называемая приоритетом аларма. Этот приоритет характеризует важность данного аларма и принимает значения от 1 до 999 (наиболее серьезные алармы имеют приоритет 1). Организовав несколько диапазонов значений и связав алармы с каждым диапазоном, можно достаточно легко отфильтровать критические алармы от некритических. Выполнение анимационных функций, скриптов подтверждения, печать и просмотр информации также могут зависеть от приоритетов.

При определении переменных и условий возникновения алармов каждый из них может связываться с определенным диапазоном при указании приоритета из этого диапазона. Определив уровни приоритетов, пользователь получает возможность просмотра и печати тех алармов, которые интересуют его в текущий момент

Для отображения информации об аварийных ситуациях или событиях в SCADA-системах предусмотрены два типа объектов (окон): Alarm Summary (текущие алармы) и Alarm History (архивная сводка алармов).

С помощью объекта "Текущие алармы" на экран дисплея выводится информация только о текущих подтвержденных или неподтвержденных аварийных ситуациях. В случае возврата ситуации в нормальное состояние запись о ней исчезает из текущей аварийной сводки.

С помощью объекта "Архивная сводка алармов" на дисплей выводятся данные об аварийных ситуациях или событиях, включая

количество уже произошедших аварийных ситуаций данного типа, время подтверждения, время возврата в нормальное состояние.

Основные понятия журнала тревог.

Состояние тревоги - это некоторое сообщение, предупреждающее оператора о возникновении определенной ситуации, которая может привести к серьезным последствиям, и потому требующее его внимания, а часто и вмешательства.

События представляют собой обычные статусные сообщения системы и не требуют реакции оператора. Обычно событие генерируется при возникновении в системе определенных условий (регистрация оператора в системе, задвижка открылась/закрылась).

В журнале тревог принято различать неподтвержденные (неквитированные) и подтвержденные (квитированные) тревоги. Тревога называется подтвержденной после того, как оператор отреагировал на сообщение о тревоге. До этого тревога оставалась в состоянии неподтвержденной.

Для отображения информации об аварийных ситуациях или событиях в АРМ разработано два типа журналов: Текущие тревоги и Общая сводка тревог. Для реализации этих журналов использовался один и тот же объект - "Alarm Summary" ("Сводка тревог").

В АРМ реализовано два типа журнала для следующих целей:

1 Журнал "Текущие тревоги" отображается на всех мнемосхемах, поэтому он должен занимать как можно меньше рабочего места, предусмотренного для отображения технологического процесса, и информировать только о текущих тревогах.

2 Для информирования оператора как о тревогах, так и текущих событиях служит журнал "Общая сводка тревог" (смотреть в 5.6.2).

Журнал "Текущие тревоги" служит для отображения текущих тревог в системе (рисунок 5.6). Он всегда выводится на экране, так как в

системе управления очень важно вовремя увидеть и отреагировать на тревогу.

Ac	Time In	Time Last	Tagname	Status	Value	Description	Area
✓	18:19:08,090	18:19:10,090	MN_H3/2_TE36	HHH	216	Температура перед. подш AlarmH32, A	
✓	17:53:15,140	18:19:06,090	PN_E1/2_LT222	HI	43,35	Уровень в дренажной емк AlarmPN	
	17:53:15,140	18:19:06,090	MN_E1/1_LT221	LO	43,35	Уровень в дренажной емк AlarmMN	
Total Alarms: 46 Filter: Off Sort: Time Last, Descending Run							

Рисунок 4.4 - Журнал “Текущие тревоги”

Настройки журнала тревог в SCADA – системе iFix 2.6 позволяют выбрать 15 информационных колонок, но после изучения назначения каждой из них, были выбраны самые необходимые:

- “Ack” (“Квитирование”) – отображает состояние тревоги: подтверждена или не подтверждена. Тревога подтверждена, если напротив нее в колонке “Ack” стоит галочка. Подтвердить тревогу можно двойным щелчком на соответствующей строке. В случае возврата значения в нормальное состояние запись о тревоге исчезает из журнала.
- “Time In” (“Время появления”) – сообщает о времени возникновения тревоги.
- “Time Last” (“Последнее время”) – сообщает время возвращения значения параметра в нормальное состояние.
- “Tagname” (“Имя тега”) – содержит имя тега, значение которого в данный момент достигла одного из порогов сигнализации.
- “Status” (“Состояние”) – отображает порог сигнализации (таблица 5.5), в котором на данный момент находится значение тега.

Таблица 5.5 – Типы порогов сигнализации

Пороги сигнализа ции	Пределы
L	Минимальный

LL	Минимально– аварийный
H	Максимальный
HH	Максимально – аварийный

- "Value" ("Значение") – отображает текущее значение соответствующего тега.
- "Description" ("Описание") – содержит описание тревоги, кратко поясняющее что произошло.
- "Area" ("Зона тревоги") – отображает имя группы тревог, к которой принадлежит сгенерированная тревога.

SCADA-система использует настраиваемую конфигурацию системы тревог, основанную на зонах тревог, представляющих собой технологические или функциональные участки производства. Для разрабатываемого АРМ созданы следующие зоны тревог, разбитые на две группы:

1 По технологическому принципу: AlarmSmith, AlarmMN, AlarmPN, AlarmRP – зоны тревог каждой частной мнемосхемы.

2 По функциональному принципу: AlarmH31, AlarmH32, AlarmH33, AlarmH21, AlarmH22, AlarmH23 – зоны тревог магистральных и подпорных насосов.

Для информирования оператора о настройках служит полоса состояний, расположенная в нижней части журнала. В ней выводится следующее: общее число не квитированных тревог на данный момент, условие фильтрации тревог (т. е. тревоги каких зон выводятся в данном журнале), условие сортировки тревог (сортировка по времени, по имени тега и т. д., а так же сортировка по возрастанию и по убыванию), режим журнала: Run (Работает), Paus (Пауза).



Для большей информативности оператора о текущих тревогах принята следующая цветовая политика: все неквитированные тревоги в журнале отображаются красным цветом; квитированные тревоги принимают цвет согласно рисунку 5.7.

OK	- нормальное состояние
LOLO, HHHH	- максимально/ минимально - аварийное
LO, HI	- максимальное/минимальное

Рисунок 5.7 – Цветовая политика, принятая в журнале тревог

#### 4.8.4 Встроенные языки программирования в SCADA-системах

Большинство SCADA-систем имеют встроенные языки высокого уровня, Basic-подобные языки, позволяющие генерировать адекватную реакцию на события, связанные с изменением значения переменной, выполнением некоторого логического условия, использованием комбинации клавиш, а также реализацией некоторого фрагмента с заданной частотой относительно всего приложения или отдельного окна.

Встроенные языки программирования - мощное средство SCADA - систем, предоставляющее разработчику гибкий инструмент для разработки сложных приложений. Первые версии SCADA - систем либо не имели подобных языков, либо эти языки реализовывали небогатый набор функций. В современных версиях SCADA - систем функциональные возможности языков становятся существенно богаче. Явно выделяются два подхода:

- Ориентация встроенных языков программирования на технологов. Функции в таких языках являются высокоуровневыми, не требующими профессиональных навыков программирования при их использовании. Количество таких функций в базовых поставках не исчисляется сотнями, хотя существуют свободно распространяемые библиотеки дополнительных функций.

- Ориентация на системного интегратора. В этом случае в качестве языков чаще всего используются VBasic - подобные языки.

В каждом языке допускается расширение набора функций. В языках, ориентированных на технологов, это расширение достигается с помощью дополнительных инструментальных средств (Toolkits). Разработка дополнительных функций выполняется обычно программистами - профессионалами.

Разработка новых функций при втором подходе выполняется обычно разработчиками приложений (как и в традиционных языках программирования).

Полнота использования возможностей встроенных языков (особенно при втором подходе) требует соответствующего уровня квалификации разработчика, если, конечно, в этом есть необходимость. Требования задачи могут быть не столь высокими, чтобы применять всю "мощь" встроенного языка.

Во всех языках функции разделяются на группы, часть из которых присутствует практически во всех языках: математические функции, функции работы со строками, обмен по SQL , DDE - обмен и т. д.

В разрабатываемом приложении создаются программные фрагменты, состоящие из операторов и функций языка, которые выполняют некоторую последовательность действий. Эти программные фрагменты связываются с разнообразными событиями в приложении, такими как нажатие кнопки, открытие окна, выполнение логического

условия ( $a + b > c$ ). Каждое из событий ассоциируется с графическим объектом, окном, таймером, открытием/ закрытием приложения. Когда приложение содержит сотни окон, тысячи различных графических объектов, а с каждым из них связано несколько событий, в приложении может "работать" огромное количество отдельных программных фрагментов. Велика вероятность их "одновременной" активизации.

Каждая из функций во встроенном языке выполняется в синхронном или асинхронном режиме. В синхронном режиме выполнение следующей функции не начинается до тех пор, пока не завершилось исполнение предыдущей. При запуске асинхронной функции управление переходит следующей, не дожидаясь завершения исполнения предыдущей функции.

#### **4.8.5 Подсистема защиты**

Пользователи АРМ разделены на группы: операторы и администраторы. Возможности операторов в системах управления должны быть ограничены, чтобы они не могли изменять ключевых настроек, которые могут вызвать некорректную работу системы.

Администратор должен иметь доступ ко всем приложениям системы для устранения сбоев в системе при ее некорректной работе.

Она ограничивает доступ к:

- приложениям системы;
- критическим функциям приложений;
- файлам экранов оператора;
- блокам базы данных.

В первую очередь при разработке стратегии защиты были созданы компактные списки входа групп – оператор и администратор. Такой подход минимизирует количество работы, необходимой для создания

списков, и в то же время обеспечивает гибкость и эффективность. Вместо создания четырех операторских списков, с которыми были бы связаны одни и те же элементы приложения, создан один список входа группы с определенными привилегиями и назначен четырем операторам. Для администратора сформирован отдельный список входа.

После создания списков входа групп были назначены остальные привилегии индивидуальным спискам входа пользователя. Списки входа пользователя определяют защищенные зоны, списки входа групп и элементы приложения, доступные отдельным пользователям.

Операторы входят в систему вручную, используя специальную программу Login (Вход). Данная программа позволяет пользователям ввести их входные имена и пароли.

Программа Login дает возможность сделать три попытки правильного ввода входного имени и пароля. После третьей неудачной попытки программа Login закрывается. Пользователи могут пытаться войти в систему, перезапустив программу Login.

В SCADA-системе ведется контрольный журнал защиты, в котором записываются сведения о каждой попытке входа. Читая контрольный журнал можно узнать:

- кто входил в систему и выходил из нее;
- когда оператору не удалось завершить процесс входа в систему;
- когда кто-либо пытался получить доступ к элементу приложения, для которого он не имел привилегий.

## **5 Проблемы распределенных производств, решаемые с помощью АСУТП**

### **5.1.1 Достижение максимального КПД производства**

Задача выражается как повышение объема выпускаемой продукции, или добыча и поставка максимального объема сырья с минимальными затратами (снижение себестоимости продукции, уменьшение потерь). Пути решения, реализуемые с помощью АСУТП:

- оптимизация технологического процесса и участвующего в нем оборудования, на основании анализа накопленной информации о технологическом процессе.

Основываясь на анализе информации о ходе технологического процесса, автоматизированная система должна прогнозировать его дальнейшее поведение, производить настройку параметров технологического процесса самостоятельно или выдавать рекомендации обслуживающему персоналу для достижения максимального КПД работы производства.

### **5.1.2 Повышение качества выпускаемой продукции**

Для решения этой задачи необходимо повышение точности контроля и управления объектами, внедрение математических методов оптимизации и т.д.

(стабилизация параметров входных потоков; получение заданных параметров выходных продуктов; оптимизация режима работы объекта; согласование режимов работы оборудования)

### **5.1.3 Обеспечение надежного функционирования производства - предотвращение аварий и нештатных ситуаций.**

Основываясь на результатах анализа работы оборудования, автоматизированная система должна прогнозировать дальнейшее его поведение и своевременно извещать обслуживающий персонал о возможных аварийных ситуациях и/или изменять функционирование технологического процесса для предотвращения аварий. (обеспечение безопасности его функционирования)

Автоматизированная система на предприятии призвана продлить ресурс оборудования (увеличение межремонтных сроков работы) за счет функций контроля и своевременного устранения отклонения в характеристиках его работы. Она призвана свести к минимуму остановки в работе оборудования за счет рациональной организации технологических режимов с учетом оптимальной загрузки всего технологического оборудования.

### **5.1.4 Снижение затрат на обслуживание технологического процесса.**

Под данными затратами понимаются затраты на тепло-, водо- и электроэнергию, а также на зарплату обслуживающего персонала.

Первая задача решается с АСУТП путем строгого учета распределения данной энергии по предприятию (технический учет) в реальном масштабе времени, для быстрого реагирования на устранение ее утечек и потерь. Задача учета включает в себя оперативное построение/формирование полных технологических и технико-экономических балансов для любых технологических

узлов/участков/цехов с использованием технико-экономических показателей (ТЭП), включая приведенные и удельные показатели (например, удельное энергопотребление и т.п.); На производстве, где внедрена и используется АСУТП, задействовано минимальное количество работников, необходимых для принятия оперативных решений и корректировки алгоритмов работы управления технологическим процессом.

#### **5.1.5 Повышение безопасности производства и снижение отрицательного влияния его на окружающую среду.**

- исключение из технологического процесса «человеческого» фактора и ошибок, с ним связанных;
- постоянный контроль параметров для поддержания их в заданных пределах и выполнения автоматических блокировок при выходе параметров за аварийные пределы.

#### **5.1.6 Повышение эффективности использования персонала и обеспечение более комфортных условий его труда**

- снижение трудоемкости управления технологическими процессами путем полной автоматизации производства;
- обеспечение возможности дистанционного доступа к технологической информации служб диспетчеризации и ведущих специалистов для принятия ими оперативных решений и взаимного формирования стратегических прогнозов и планов;
- улучшение условий труда персонала;- исключение необходимости постоянного присутствия обслуживающего персонала на удаленных и опасных объектах;

- более эффективное использование рабочего персонала. К примеру, при устранении неполадок, опираясь на представленную системой автоматизации информации о ее причинах, для устранения неполадок в работе производства к месту аварии направляются именно те специалисты, которые могут сразу устранить причину. Этот аспект является наиболее значимым для распределенных производств, в которых большая часть объектов технологического процесса территориально рассредоточена на большие расстояния.

## 6 Глоссарий

**SCADA-система** - система диспетчерского управления и сбора данных. Специальное программное обеспечение, решающее задачи ввода-вывода информации в системе АСУ ТП, отслеживание аварийных и предаварийных ситуаций, обработки и представление на пульте оператора графической информации о процессе, поддержки отчетов о выполнении технологического процесса. В мире существуют порядка десятка подобных систем. Имеются разработчики такого программного обеспечения и в России.

**MMI** - Man Machine Interface или **HMI** - Human Machine Interface, Человеко- Машинный интерфейс.

**OLE for Process Control, OPC** - стандартный механизм доступа программных приложений к данным технологического процесса.

**OPC взаимодействие** - основано на клиент серверной схеме. OPC клиент (например, SCADA), вызывая определенные функции объекта OPC сервера, подписывается на получение определенных данных с определенной частотой. В свою очередь, OPC сервер, опросив физическое устройство, вызывает известные функции клиента, уведомляя его о получении данных и вручая сами данные. Таким образом, при OPC взаимодействии используются как прямые COM вызовы (от клиента к серверу), так и обратные (callback, от сервера к клиенту).

**OPC клиент** - приложение, которое имеет возможность осуществлять взаимодействие с OPC - сервером.

**OPC сервер** - программный продукт, выполняющий обмен данными с технологическим процессом в реальном масштабе времени. **Сервер OPC должен** осуществлять буферизацию данных, запрашиваемых различными клиентскими приложениями, и оптимизировать их передачу так, чтобы коммуникация с физическим устройством была наиболее эффективной.

При запросах (чтении) передаваемые от физического устройства данные



обычно буферизуются для того, чтобы затем снова в асинхронном режиме распределяться между различными клиентскими приложениями или считываться в синхронном режиме программами- клиентами. При выводе данных (записи) управление передачей данных на физическое устройство по запросам соответствующих клиентских приложений лежит в полной ответственности сервера ОРС.

**Абсолютная погрешность измерения** - абсолютная погрешность измерения - погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

**Адресация** - способ указания объектов в системе, либо в сети. Адресация определяет пункты отправки и назначения посылаемых сообщений, блоков данных, сигналов.

**Аларм (Alarm)** - состояние тревоги - некоторое сообщение, предупреждающее оператора о возникновении определенной ситуации, которая может привести к серьезным последствиям, и потому требующее его внимания, а часто и вмешательства

**АСКМП-** автоматизированные системы материального и календарного планирования - помимо расчетов экономической эффективности, предназначены для планирования и координации работы предприятия.

**АСНИ-** автоматизированная система научных исследований

**АСУ** - Автоматизированная система управления система управления предприятиями, учреждениями, отраслями, ведомствами, городским хозяйством и т.д. на базе экономико-математических методов и средств вычислительной техники. В основе АСУ- автоматизация различных информационных процессов управления со сведением к минимуму участия человека в трудоемких операциях по сбору и предварительной обработке данных, необходимых для принятия окончательных решений.

**АСУП** - автоматизированная система управления предприятием система управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия с широким использованием средств вычислительной техники и комплексным применением экономико-математических методов.

**АСУТП-** Автоматизированная система управления технологическим - человеко-машинный комплекс, обеспечивающий управление технологическими процессами на современных механизированных и автоматизированных промышленных предприятиях. Основная цель АСУТП - оптимизация технологических процессов, характеризующихся большим числом параметров и сложностью алгоритмов управления.

**Воспроизводимость измерений-** качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях.

**Время преобразования АЦП** - время от момента начала изменения сигнала на входе преобразователя до момента установления выходной величины с заданной погрешностью

**Градуировочная характеристика** - едства измерений зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений, составленная в виде таблицы, графика или формулы.

**Датчик** - устройство, преобразующее физические параметры технологического процесса в электрические сигналы, поступающие в дальнейшем на контроллер.

**Диапазон измерений** - область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.

**Искажения** - отклонения выходного сигнала усилителя (или другого радиотехнического устройства) от входного, обусловленного наличием реактивных элементов в тракте прохождения сигнала, нелинейностью характеристики усилительных элементов и пассивных компонент с нелинейными характеристиками, а также посторонними колебаниями, порождаемыми в усилителе за счет внутренних источников или попадающих в тракт вместе с усиливаемым сигналом.

**Искробезопасная электрическая цепь** - электрическая цепь, в которой электрические разряды, возникающие в случае короткого замыкания между проводниками или на землю, или при обрыве цепи, а также при ее нормальной работе не приводят к воспламенению взрывоопасной смеси вследствие их недостаточной энергии. Регламентируется ГОСТ 22782.5-78.

**Исполнительный механизм** - устройство, преобразующее электрические сигналы в физические воздействия, осуществляющее управление параметрами технологического процесса в автоматическом или ручном режиме.

**Калибровка средства измерений** - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и/или пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному контролю и надзору.

**КИПиА** - контрольно-измерительные приборы и автоматика.

**Контроллер** - устройство, предназначенное для получения в реальном времени информации с датчиков, преобразования ее и обмена с другими компонентами системы автоматизации (компьютер оператора, монитор, база данных и т.д.), а также для управления исполнительными механизмами. Ранее в России, по известным причинам, широко использовались контроллеры производства таких западных компаний, как Siemens, Schneider Electric, Allen Bradley, Pep Modular Computers и др. В последнее время появляются и отечественные производители подобных устройств, способных конкурировать с зарубежной продукцией.

**Макрокоманда** - команда в языке программирования (чаще всего в языке ассемблера), по которой выполняется некоторая последовательность других команд.

**Мнемоническая схема (мнемосхема)** - совокупность сигнальных устройств и сигнальных изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта, размещаемых на диспетчерских пультах, специальных панелях или выполненных на персональном компьютере. Облегчает запоминание структуры объекта, контроль режимов его действия и управление им. Применяется на промышленных предприятиях, в энергетических системах и др.

**Нагрузка** - электрический прибор, включенный на выходе электронного устройства.

**Надежность** - свойство изделий выполнять предусмотренные функции и сохранять заданные параметры в течение определенного времени при соответствующих условиях эксплуатации. К основным понятиям надежности относятся отказ (нарушение работоспособного состояния объекта), интенсивность отказов (среднестатистическое число отказов за определенный промежуток времени эксплуатации) и вероятность безотказной работы (вероятность того, что в пределах заданной продолжительности работы отказ объекта не возникнет).

**Обратная связь** - явление, состоящее в том, что управляющее воздействие на входе усилителя одностороннего в системе передачи сигнала создается не только непосредственно источником сигнала, но и колебаниями, возникающими на выходе одностороннего усилителя.

**Опытная эксплуатация автоматизированной системы** - комплексная проверка готовности автоматизированной системы. Опытная эксплуатация имеет своей целью проверку алгоритмов, отладку программ и технологического процесса обработки данных в реальных условиях.

**ОСРВ** - операционная система реального времени. Системы, обеспечивающие гарантированное время доступа к компьютерным ресурсам и реакции системы на незапланированные внешние события и способные поддерживать быстротекущие технологические процессы (порядка милли- и микросекунд).

**Открытость** - система является открытой, если для нее определены и описаны используемые форматы данных и процедурный интерфейс, что позволяет подключить к ней "внешние", независимо разработанные компоненты, адаптировать пакет под конкретные нужды с минимальными затратами..

**Относительная погрешность измерения** - отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины.

**Отчет (Report)** – отчет. Отчет генерируется по истечению определённого времени, при возникновении определённого события или по запросу оператора.

**Погрешность измерения** - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

**Программируемый логический контроллер, ПЛК** - электронное устройство, содержащее в составе один или несколько микропроцессоров, модули памяти, порты ввода/вывода, предназначенное для сбора данных о состоянии технологического процесса, а также для автоматического управления им.

**Протокол** – *protocol* – набор правил, которым следуют компьютеры и программы при обмене информацией. Существует масса различных протоколов, которые управляют всеми аспектами связи и передачи данных – от аппаратного до прикладного уровня, но все они сходны в том, что задают правила, делающие связь возможной.

**Пульт оператора (автоматизированное рабочее место оператора, АРМ)** - специально оборудованное место для обслуживающего персонала, куда поступает вся информация о технологическом процессе. В ряде случаев оператор может вмешаться в ход процесса и перевести его на ручное управление.

**Разрешающая способность** - величина, обратная максимальному числу кодовых комбинаций. Выражается в процентах, разрядах или децибелах. Часто под разрешающей способностью понимают количество разрядов. Например, 12-разрядный АЦП имеет разрешающую способность 12 разрядов, или  $1/4096$ , или  $0,0245\%$  от полной шкалы, или  $-72,2$  дБ, или  $6,02N$  dB.

**Сервер данных (Data Access Servers)** - OPC серверы физических устройств.

**Сервер тревог (Alarms Server)** - формирует определенные логические переменные, называемые состояниями (*conditions*), имея в качестве исходной информации некую переменную (*tag*), полученную от сервера данных. Состояния изменяют свое значение, если переменная, например, вышла за допустимые границы. Об изменении состояния сервер тревог оповещает клиентов, посылая им событие (тревогу), а клиент возвращает серверу подтверждение, что он тревогу воспринял. Впрочем, могут существовать состояния, не связанные с каким либо параметром и управляемые сервером тревог по собственному усмотрению (например, если сервер тревог напрямую взаимодействует с аппаратурой, он может устанавливать или снимать состояние неисправности).

**Скорость нарастания** - изменение выходного сигнала в единицу времени. Используется для описания поведения нелинейной системы в режиме большого сигнала, когда понятие постоянной времени теряет смысл.

**Случайная погрешность измерения** - составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины

**Тег** – это переменная, содержащая значение одного из технологических

параметров, снимаемого с датчика.

**Телемеханика** - наука об управлении и контроле на расстоянии с передачей (по каналу связи) кодированных электрических или радиосигналов, несущих управляющую информацию или данные о состоянии контролируемого объекта. Объектами телемеханического управления и контроля могут служить технологические процессы, машины, устройства, биологические системы и др.

**Технологическая переменная** - Переменная, содержащая значение одного из технологических параметров, снимаемого с датчика.

**Технологический процесс** - процесс обработки или переработки (изменения состояния, свойств, формы) сырья, материалов и полуфабрикатов в процессе производства продукции.

**Топология** - конфигурация сети. Наиболее распространены шинная, кольцевая и звездообразная топологии. Различают физическую и логическую топологии. Одна сеть может иметь разные виды физической и логической топологии.

**Трафик (информационный)** - количество информации, прошедшее через канал связи за определенный период

**Тренд (Trend)** - графическое представление значений технологических параметров во времени. Подсистема создания трендов и хранения информации о параметрах с целью ее дальнейшего анализа и использования для управления является неотъемлемой частью любой SCADA - системы.

**Чувствительность измерительного прибора** - отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины

**Шлюз** - устройство, обеспечивающее соединение двух сетей (обычно с различными протоколами передачи информации либо разной средой передачи).

**Электромагнитная совместимость** - способность электронного устройства, оборудования или иной системы функционировать в условиях воздействия внешнего электромагнитного излучения, создаваемого другими устройствами и системами и не создавать при этом электромагнитных помех.

## 7 Описание стендов

### 7.1 Стенд «УмныйДом»

Лабораторный комплекс «система автоматического управления температурой УмныйДом»

### 7.1.1 Описание

Данный стенд состоит из следующих элементов:

- Многофункциональный панельный контроллер SEGNETICS SMH 2010C – предназначен для обработки, хранения и передачи информации о состоянии системы на верхний уровень, а также для управления технологическим процессом согласно заданному программному алгоритму.
- Устройство расширения входов\выходов FS01 – предназначено для подключения дополнительных устройств.
- 4 термодатчика резистивного типа ДТС3014-РТ1000.В2.50/2 – предназначены для преобразования температуры в соответствующее значение сопротивления.
- 3 водяных клапана VT-30D – предназначены для регулирования пропускной способности трубы (состояние открыто\закрыто).
- Водяной насос GRUNDFOS – предназначен для обеспечения циркуляции воды.
- Водосчетчик ELSTER – предназначен для подсчета объема воды прошедшего через сечение трубы. Датчик типа сухой контакт.
- Водяной нагреватель – предназначен для повышения температуры воды в трубах.

### 7.1.2 Технические характеристики стенда

Данный лабораторный стенд размещен на столе, специализированным для выполнения лабораторной работы группой студентов из 1-2 человек. Стенд оборудован электрическим разветвителем PowerCube на 6 электророзеток 220В, с защитой электроконтактов заглушками.

Для выполнения лабораторных работ стенд оборудован IBM совместимым компьютером на базе операционной системы MS Windows. Для удобства работы с SCADA мнемосхемой компьютер оснащен 19 дюймовым монитором типа TouchScreen.

Стенд помещен в пластиковый корпус Hensel.

### **7.1.3 Технические характеристики контроллера SEGNETICS SMH 2010C:**

Данный контроллер имеет:

- 10 – дискретных входов
- 8 – дискретных выходов
- 8 – аналоговых входов
- – аналоговых выхода
- 1 – порт RS485
- 1 – порт RS232

Более подробную информацию о характеристиках контроллера можно взять в документации к контроллеру.

### **7.1.4 Технические характеристики термодатчика резистивного типа ДТС3014-РТ1000.В2.50/2**

Рабочий диапазон измеряемых температур -50...+120 гр С

Рабочий ток не более - 5 мА

Сопротивление изоляции, не менее – 100 МОм

Измеренное значение R0 – 999,839 Ом

### 7.1.5 Схема подключения датчиков к контроллеру.

XP2	Назначение		XP1	Назначение	
GND	«земля» питания		Vcc	15-36 в	
1	AIN0	Аналоговые входы	2	«земля» системная	
3	AIN3		4	«земля» системная	
5	AIN1		6	CUR3	Источники тока для AIN-ов
7	AIN4		8	CUR2	
9	AIN2		10	CUR1	
11	AIN5		12	CUR0	
13	DOUT 0	Дискретные выходы	14	DOUT1	Дискретн. выходы
15	DOUT 2		16	+12...50 в DC	
17	DOUT 4		18	DOUT3	
19	DOUT 6		20	DOUT5	
21	DOUT 7		22	«земля» системная	
23	DIN0	Дискретные входы Аналоговые выходы	24	DIN 1	Дискретные входы Аналоговые выходы
25	DIN 2		26	DIN 3	
27	DIN 4		28	DIN 5	
29	DIN 6		30	DIN 7	
31	DIN 8/ AOUT3		32	DIN 9/ AOUT2	
33	DIN 10/ AOUT1		34	DIN 11/ AOUT0	
A	Data –	RS485-COM1	Разъем XP6, RS232 или RS485 – COM2		
C	Data +				
E	«земля» системная				

ain0 – правый  
верхний

термодатчик

ain1 – термодатчик  
на нагревателе

ain2 - левый верхний  
термодатчик

ain3 – внешний  
термодатчик

din1 – красная  
кнопка

din3 – желтая  
кнопка

din5 – зеленая  
кнопка

dout1 – красная лампочка

dout3 – желтая лампочка

dout5 – зеленая лампочка

dout0 – левый верхний клапан

dout2 – правый верхний клапан

dout4 – нижний клапан

aou0 – правый вентилятор

aou1 – левый вентилятор



### 7.1.6 Плата расширения входов\выходов FS01

	Клеммы	Назначение
dout0	3-4	Включение \ выключение насоса
dout1	5-6	Включение \ выключение нагревателя
ct0	13-14	Водосчетчик

Пошаговое руководство по запуску лабораторного стенда ТеплоДом:

- 1) Включите питание стенда 220В и 24В (включите блок питания и фильтр). При этом подсветка дисплея контроллера должна включиться.
- 2) Включите компьютер.
- 3) Запустите среду разработки SMLogix (Пуск\Программы\SMLogix\SMLogix).
- 4) Откройте проект лабораторного стенда ТеплоДом (файл\открыть ТеплоDom.psl).
- 5) Для загрузки проекта ТеплоДом на контроллер нажмите кнопку на панели задач «Загрузка данных на контроллер».
- 6) Закройте среду разработки SMLogix (Примечание: если не закрыть SMLogix, то дальнейшая работа в MasterSCADA будет невозможна !!).
- 7) Запустите среду разработки MasterSCADA (Пуск\Программы\MasterSCADA\MasterSCADA).
- 8) Откройте проект LabKCUP ().
- 9) Запустите проект LabKCUP (режим\пуск).
  1. Имя: sa
  2. Пароль:

## 7.2 Стенд «ПЛК»

### 7.2.1 Назначение:

Стенд «ПЛК» построен на оборудовании отечественной фирмы Segnetics современный промышленный контроллер SMH2010 и плата расширения входов/выходов FS.

SMH2010 – это программируемый контроллер, для управления в системах с числом входов/выходов от 10 до 256, возможен режим работы как панель оператора. Это контроллер с высокой степенью защиты (Ip65), поэтому определенные модификации могут быть использованы в жестких климатических условиях. Программируется с помощью программного обеспечения Smlogix, C++.

По числу входов (цифровые, аналоговые) различаются следующим образом:

- 8 цифровых выходов, 2 аналоговых входа для датчиков типа TCM, ТСП, Ni1000
- 8 цифровых выходов, 6 аналоговых входов для сигнала 4-20 мА
- 8 цифровых выходов, 2 аналоговых входа для датчиков типа TCM, ТСП, Ni1000, 2 аналоговых входа для сигнала 4-20 мА.
- Все выходы транзисторные, с открытым стоком.
- Максимальный ток нагрузки: 1А
- Напряжение на выходе до 50В при постоянном токе
- Поддержка последовательных портов типа: RS-485, RS-422
- Встроенный протокол Modbus RTU-SB-2
- Память: программ управления – 132Кб  
данных – 32Кб

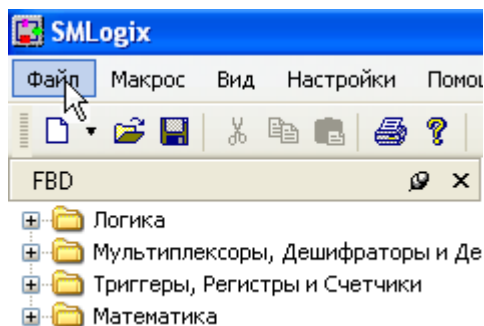
- Независимое питание памяти, без использования аккумулятора – EEPROM, от батареи в течение 20тыс. часов
- Напряжение: питания - 24В (пост. ток)  
рабочее – (18-36)В (пост. ток)
- Шина расширения: RS-485, RS-422.

### 7.2.2 Область применения:

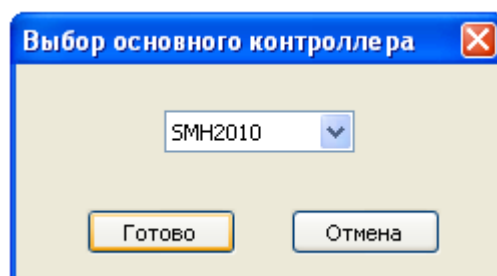
1. Упаковочное оборудование
2. Насосные станции
3. Котельные
4. Компрессоры и т.д.
5. Сушильные камеры
6. Фасовка
7. Операторское оборудование.

### 7.2.3 Подготовка к работе:

Чтобы создать новый проект в программе SMLogix необходимо щелкнуть по вкладке файл



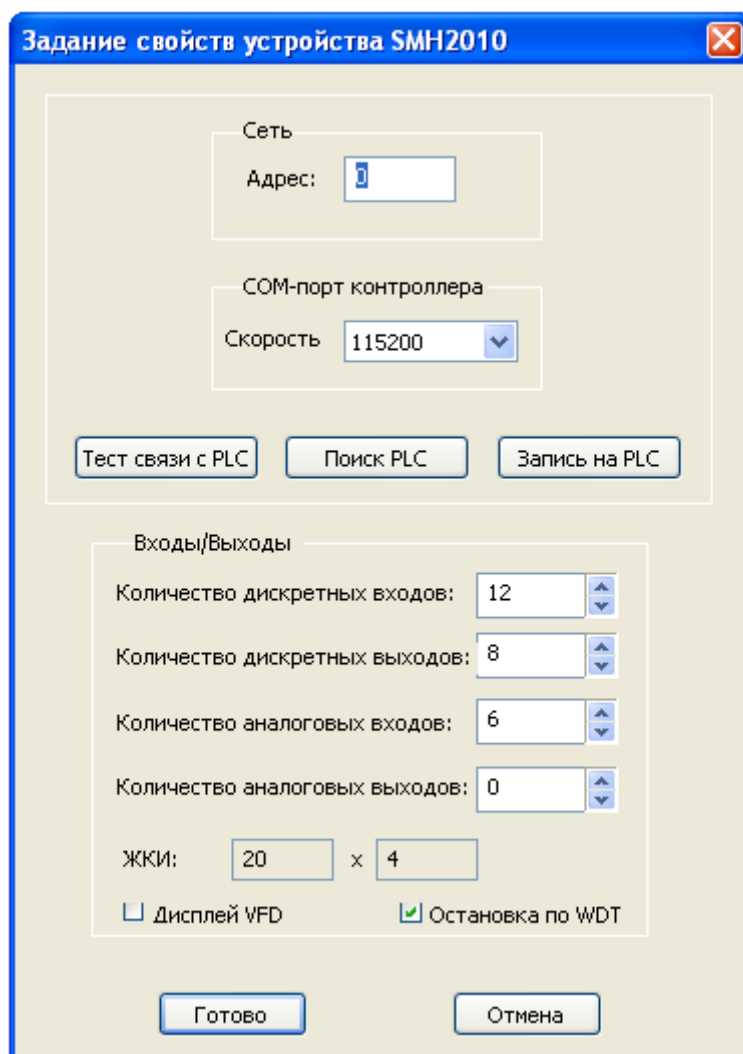
- 1а. На выпавшем меню щелкните новый, далее выберите вкладку проект.
- 1б. После чего система задаст вопрос о выборе основного контроллера.



1в. Выставьте необходимый образец (SMH2010).

1г. Щелкните кнопку готово.

Далее появится окно “Задание свойств устройства”.



Выполните следующие действия:

2а. Зайдите в меню “Поиск PLC”

2б. Выставьте № COM – порта, к которому подсоединен лабораторный контроллер (COM3).

2в. Задайте скорость обмена (115200).

2г. Щелкните кнопку поиск.

После поиска вы увидите окно “Параметры поиска”. Нажмите кнопку изменить. В итоге вы увидите сообщение об успешном подключении контроллера. Щелкните готово.

В окне программы вы увидите область, в которой непосредственно осуществляется программирование контроллера, слева располагается перечень доступных элементов:

- Устройства
- FBD Macros
- FBD

Вкладка FBD включает в себя следующие элементы:

**Логика** – содержит элементы булевой математики и действия над ними (или, и, не, а также различные комбинации этих элементов, возможны побитные операции с 16-, 32- разрядными числами), входящие и выходящие значения могут быть 0 либо 1.

**Мультиплексоры, Дешифраторы, Демультимплексоры** – используется для вывода необходимого значения.

**Триггеры, Регистры, Счетчики** – триггеры выполняют функцию запоминания подаваемого на них значения, в зависимости от конфигурации. Регистры выполняют запись по уровню (16-, 32- разряда). Счетчики выполняют срабатывание после заданного промежутка времени при определенных условиях.

**Математика** – выполняет математические действия со значениями (сложение, вычитание, деление, умножение, корень, возведение в квадрат, тригонометрические функции).

**Операции отношения** – выполнение функции сравнения выполняется с помощью блока CMP (в скобках указан тип данных). Поиск максимального или минимального значения осуществляется с помощью блока MIN MAX (в скобках указан тип данных).

**Преобразование типов** – необходимо для совмещения различных типов данных: Boolean, Integer, Real, Long. Также возможно разложение переменной типа Integer по битам в переменные типа Boolean.

**Управление** – интегрирование, дифференцирование входных значений.

**Генераторы, Таймеры, Задержки** – выполнение задержки подачи сигнала на определенный интервал времени.

**Время и Дата** – позволяет задавать, выставлять дату и время суток.

**Блоки вывода на экран** – осуществляет вывод на экран необходимой информации(типа string, integer, long, real, ASCII код). Возможен ввод непосредственно с клавиатуры.

**Блоки сохранения** – запись данных в энергонезависимую память.

**Диагностика SMH2010** – сбор информации о неисправности в работе контроллера.

**Модем** – функция подключения к модему, и обмен информации с оператором.

**FBD Macros** – уже готовые блоки, созданные оператором из блоков FBD, для какой либо определенной задачи.

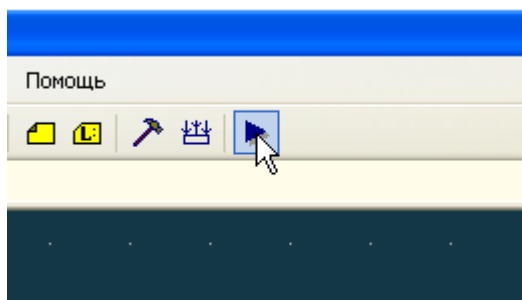
Пример:

- меню
- Т-триггер
- Термосэнсор.

**Устройства** – всевозможные доступные на контроллере элементы:

- Панель управления (кнопки F1-F6, 0-9, escape, enter, кнопки перемещения)
- Аналоговые входы/выходы (предназначены для приема и отправки непрерывно изменяющихся величин). Число аналоговых входов-6, Число аналоговых выходов-4
- Дискретные входы/выходы (предназначены для приема и отправки дискретно изменяющихся величин). Число дискретных входов-8, число дискретных выходов-8
- COM1 предназначен для обмена данными по протоколу Modbus.
- COM2 используется для обмена данными по протоколу RS485.

Для запуска проекта необходимо щелкнуть по кнопке “Play”.



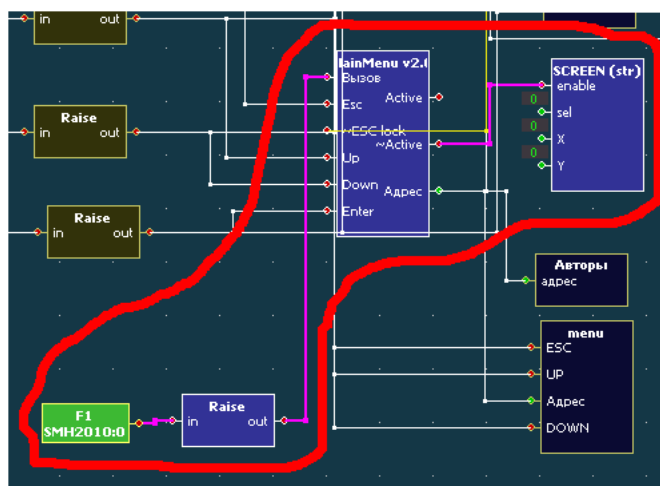
Далее последует предложение о сохранении текущего проекта.

Нажмите “Ok”.

Теперь вы можете создавать собственный проект. Рассмотрим это на примере находящемся в папке проект (C:\Smlogix\...\Проект\Проект1.psl). В этом примере выполняется реализация пополнения счета мобильной связи (Билайн, МТС, Мегафон).

Для реализации проекта необходимо:

### **1. вывести приглашение на экран:**



Для этого задействованы следующие блоки

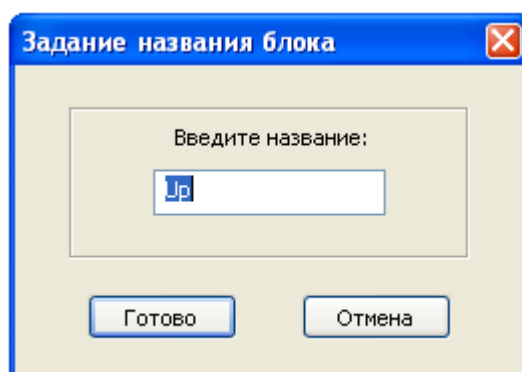
**F1** – для входа в меню

**Raise** – Для определения переднего фронта входного булевского сигнала, блок срабатывает при нажатии F1.

**Main Menu v2.0** – макрос для реализации меню, двойным щелчком нажмите на этот блок, в открывшемся окне вы увидите подробное описание всех входных и выходных параметров этого макроса. Вы можете переименовывать названия входных и выходных параметров двойным щелчком по к примеру по блоку

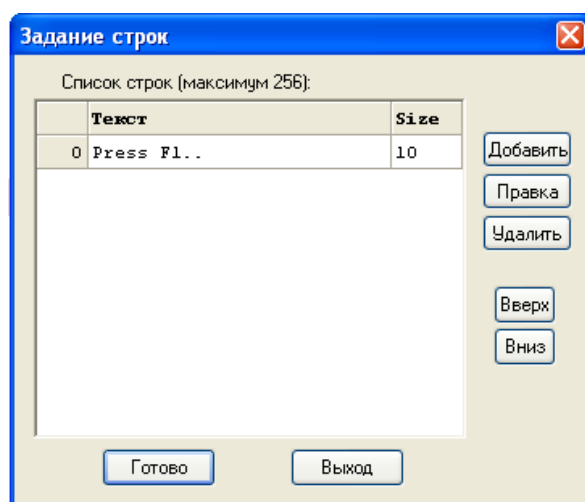


когда вы находитесь в окне макроса. В появившемся окне введите свое значение



**Screen (str)** – реализация текста самого приглашения, после двойного нажатия на этот блок вы можете ввести свое приглашение или редактировать уже имеющееся в поле текст:





## 2. реализовать функцию управления (переключение, выбор, отмена) в меню.

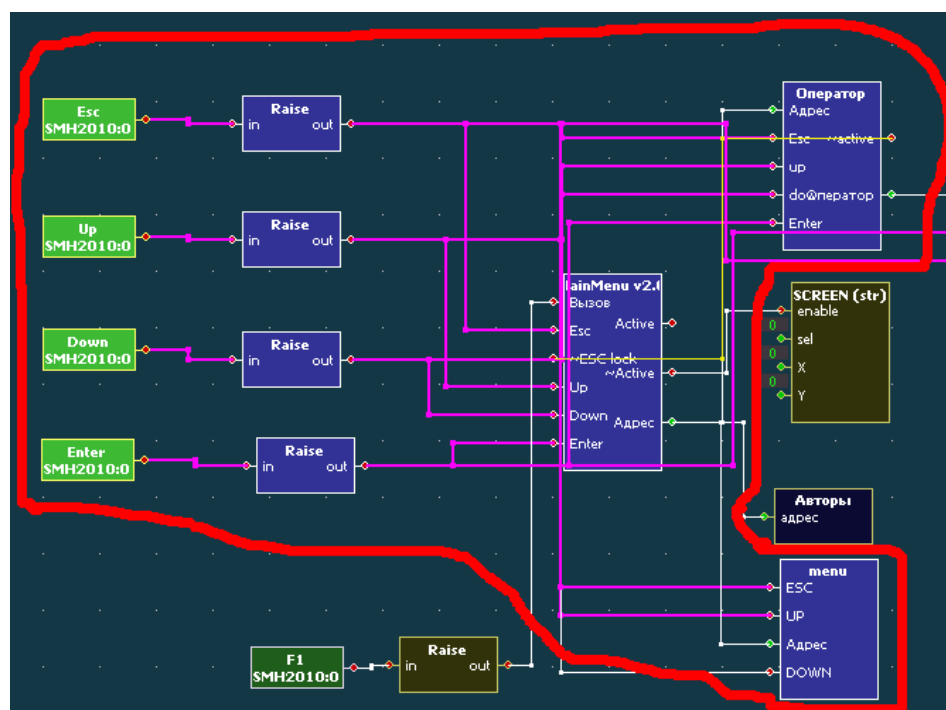
В примере это реализуется с помощью клавиш:

Up – переключение вверх

Down – переключение вниз

Esc – отмена

Enter – выбор.



Для удобства в примере входные значения в макросах menu, MainMenu, Оператор названы так же, как и кнопки, что значительно упрощает подключение к этим макросам. После подключения кнопок вы сможете

перемещаться по вашему меню. Возможно подключение кнопок к двум и более макросам.

### **3. осуществить функцию ввода числа (сумма денег).**

Реализуется при помощи цифр от 0 до 9 и макроса input. Необходимо подключить клавиши от 0 до 9 аналогично как в пункте 2, но уже к блоку KEY to ASCII, этот блок служит для преобразования сигнала с клавиатуры контроллера в ASCII код, далее сигнал идет в блок INPUT number, после которого отображается на экране.

### **4. выбор оператора**

Данная функция реализуется в макросе **Оператор**

### **5. отображение автора**

В этом макросе реализуется отображение информации о создателе проекта, здесь вы можете поработать над выводом информации различными способами, к примеру псевдографическому

## **7.3 Стенд «АСУТП»**

### **7.3.1 Введение**

Стенд «АСУТП» предназначен для ознакомления студентов с принципами построения современных автоматизированных систем управления технологическим процессом. Стенд состоит из аппаратно-программного комплекса MOSCAD компании Motorola и системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) InTouch компании Wonderware. В качестве примера автоматизации рассматривается система автоматизированного управления технологического процесса производства шихты.

На данном примере раскрыты основные функции современных систем автоматизации анализ функционирования производства и мониторинг хода процесса, формирование оперативных и архивных

данных для принятия решений, направленных на оптимизацию работы и предупреждение возникновения аварийных ситуаций.

### 7.3.2 Перечень и назначение элементов.

1. *Модуль контроллер MOSCAD-L* – предназначен для обработки, хранения и передачи информации о технологическом процессе на верхний уровень, а также для управления технологическим процессом согласно программному алгоритму.
2. *Модуль ввода/вывода MIX I/O* – предназначен для ввода-вывода дискретных и ввода аналоговых сигналов.
3. *Модуль аналогового вывода 4АО* – предназначен для вывода аналоговых сигналов.
4. *Модуль аналогового вывода 4АО* – предназначен для вывода аналоговых сигналов.
5. *Радиомодем НЕВОД5* – предназначен для передачи информации по радиоканалу (используется для связи между контроллерами).
6. *Преобразователь интерфейсов MOXA NPort5230* – Предназначен для преобразования интерфейсов (используется для преобразования пакетов данных RS232 в Ethernet) и передачи информации по сети Ethernet.
7. Программное обеспечение стенда поставляется в составе дистрибутивного набора программных компонентов и аппаратного ключа защиты. В состав поставляемых программных компонентов входят:
  - - InTouch WindowsViewer компании Wonderware
  - сервер ввода/вывода MODBUS I/O компании Wonderware
  - NPort Administrator
  - MSDE

- самораспаковывающийся дистрибутив программы «Производство шихты».

8. Ключ защиты устанавливается в USB порт ЭВМ.

### 7.3.3 Запуск системы


Для начала работы необходимо включить модуль Power Supply Motorola (интерфейсный шкаф №1 и №2), поставив тумблер в положение **On**, вставить по одному ключу в usb-разъем каждого стенда и запустить следующие программы:

- SCADA-систему **InTouch 9.5** (Пуск → Программы → Wonderware → InTouch → Stand). Откроется окно InTouch – WindowMaker (Среда разработки). В диалоговом окне «Windows to Open» нажать кнопку «Cancel»;

- Утилиту регистрации **Alarm DB Logger Manager** (Пуск → Программы → Wonderware → InTouch → Alarm DB Logger Manager). В диалоговом окне «Alarm DB Logger Manager» нажать кнопку «Start» для запуска процесса регистрации алармов.

Следующий шаг – запуск программы WindowViewer (Среда исполнения) из окна InTouch – WindowMaker. Перейти в среду исполнения можно двумя способами:

1. File → WindowViewer.
2. Нажать кнопку быстрого переключения Runtime, расположенную справа на панели инструментов WindowMaker .

При первоначальном запуске WindowViewer загружается окно «Меню». Для входа в систему необходимо нажать на кнопку-ключ  и зарегистрироваться (логин – student, пароль – student). После входа пользователя в нижней части экрана загрузится окно «Сообщения». Для

открытия окна «Производство шихты. Цех №1» (рисунок 1) или «Производство шихты. Цех №2» (рисунок 2) необходимо на панели управления нажать кнопку «Цех №1» или «Цех №2» соответственно.

*Откройте окна Цех №1 и Цех № 2 на первом и втором компьютере соответственно.*

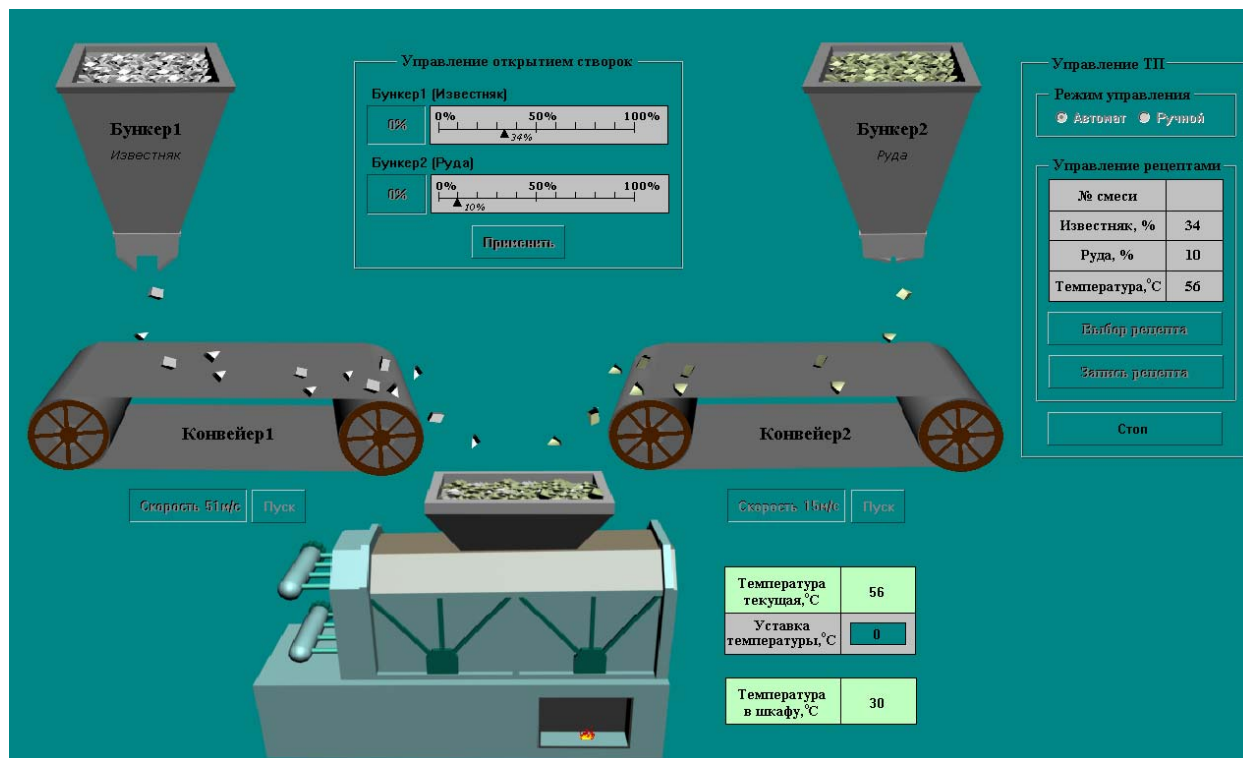


Рисунок 7.1 – Окно «Производство шихты. Цех №1»

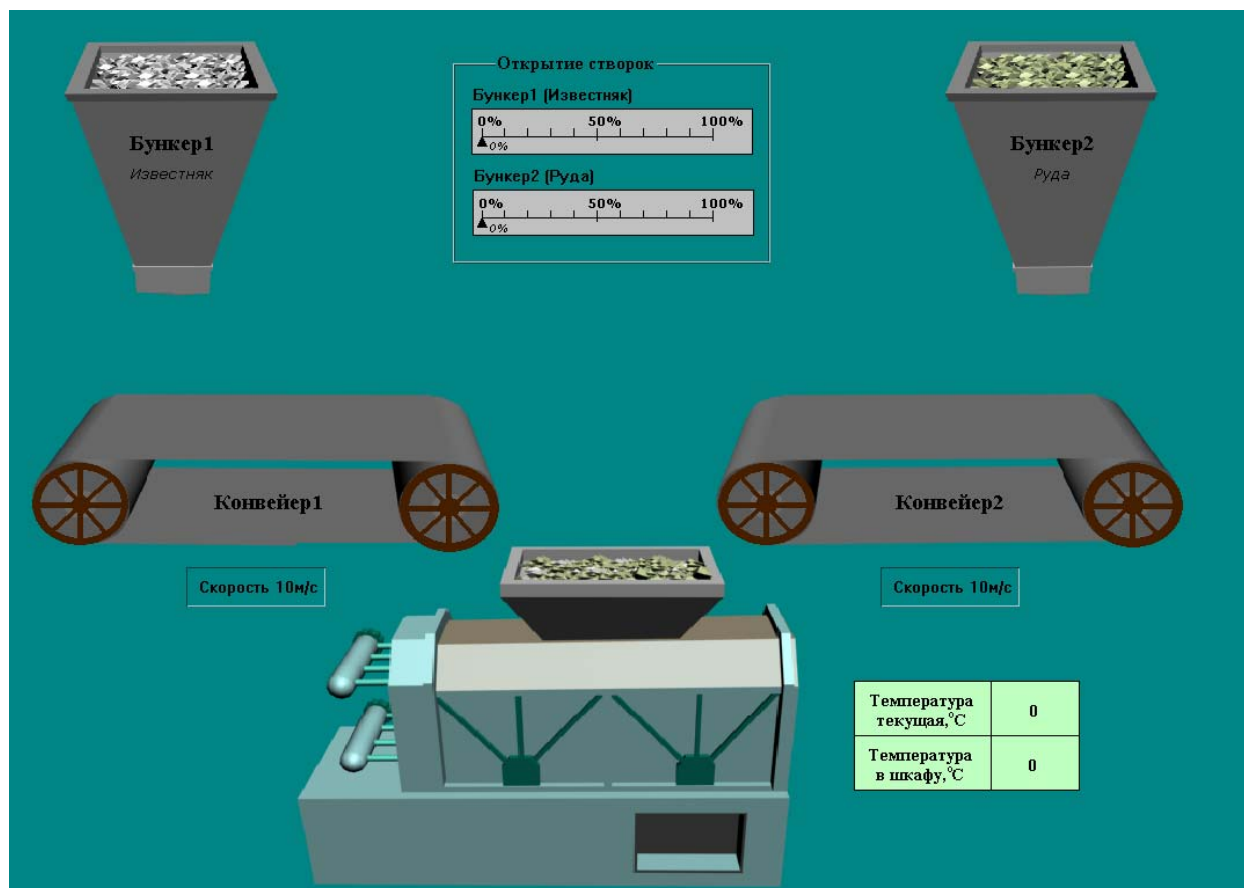


Рисунок 7.2 – Окно «Производство шихты. Цех №2»

Чтобы вернуться в среду разработки можно нажать кнопку быстрого переключения Development, расположенную справа на панели инструментов WindowViewer, или File → WindowMaker.

#### 7.3.4 Подсистема аварий

Все аварии, определенные в базе данных попадают в подсистему аварий, которая состоит из двух частей:

1. Окно «Сообщения»;
2. Окно «Журнал аварий».
- 3.

Окно «Сообщения»

Окно «Сообщения» выводится в нижней части экрана (рисунок 3). В нем отображаются текущие аварии и производится их подтверждение.

Дата/Время ▾	Параметр	Значение	Уставка	Оператор	Комментарий
12/12/2006 - 14:42:50	Температура в печи.	0	2	student	

Displaying 1 to 1 of 1 alarms. Default Query 100 % Complete

Рисунок 7.3 – Окно «Сообщения»

Окно «Сообщения» содержит следующие информационные колонки:

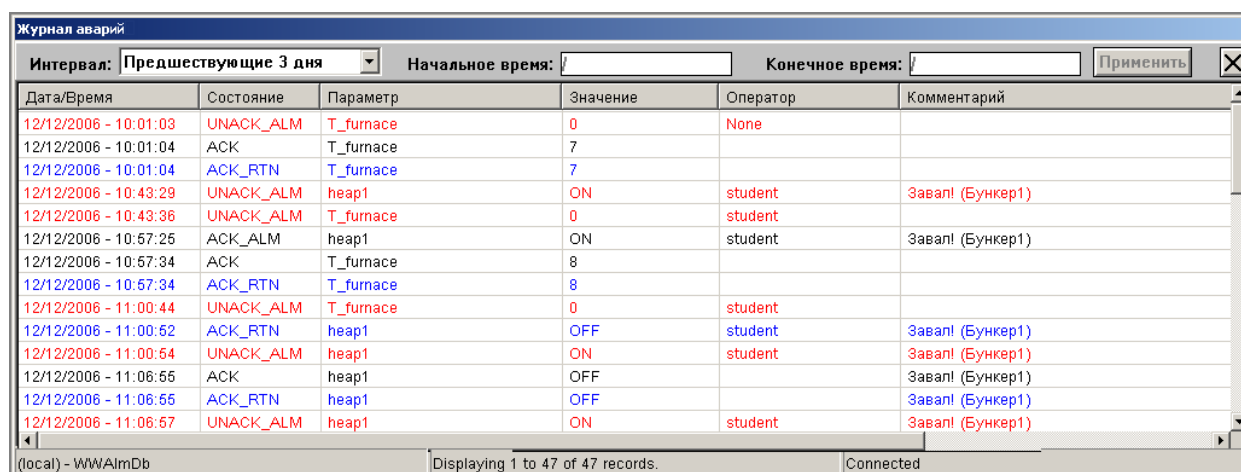
- **«Дата/Время»** – сообщает о времени и дате возникновения аварии.
- **«Параметр»** – содержит имя тега, значение которого в данный момент достигло одного из порогов сигнализации.
- **«Значение»** – отображает текущее значение соответствующего тега.
- **«Уставка»** – отображает значение уставки.
- **«Оператор»** – содержит имя оператора, при котором возникла авария.
- **«Комментарий»** – содержит описание аварии, кратко поясняющее что произошло.

Для того чтобы подтвердить аварию необходимо выделить строку и из всплывающего меню, появляющегося при нажатии правой кнопки мыши, выбрать Ack Selected. После этого оператор может ввести комментарий к подтверждению и сохранить его как комментарий к аварии. В случае возврата значения в нормальное состояние запись об аварии исчезнет из сводки. Для большей информативности оператора о текущих авариях принята следующая цветовая политика: все неподтвержденные

аварии в окне «Сообщения» отображаются красным цветом с мерцанием зеленого.

### Окно «Журнал аварий»

Журнал аварий вызывается пользователем из окна «Меню». Данный журнал является архивом и отображает все аварии (рисунок 4).



Дата/Время	Состояние	Параметр	Значение	Оператор	Комментарий
12/12/2006 - 10:01:03	UNACK_ALM	T_furnace	0	None	
12/12/2006 - 10:01:04	ACK	T_furnace	7		
12/12/2006 - 10:01:04	ACK_RTN	T_furnace	7		
12/12/2006 - 10:43:29	UNACK_ALM	heap1	ON	student	Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 10:43:36	UNACK_ALM	T_furnace	0	student	
12/12/2006 - 10:57:25	ACK_ALM	heap1	ON	student	Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 10:57:34	ACK	T_furnace	8		
12/12/2006 - 10:57:34	ACK_RTN	T_furnace	8		
12/12/2006 - 11:00:44	UNACK_ALM	T_furnace	0	student	
12/12/2006 - 11:00:52	ACK_RTN	heap1	OFF	student	Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 11:00:54	UNACK_ALM	heap1	ON	student	Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 11:06:55	ACK	heap1	OFF		Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 11:06:55	ACK_RTN	heap1	OFF		Завал! (Бункер1)
12/12/2006 - 11:06:57	UNACK_ALM	heap1	ON	student	Завал! (Бункер1)

(local) - WWAlmDb | Displaying 1 to 47 of 47 records. | Connected

Рисунок 7.4 – Окно «Журнал аварий»

Журнал аварий содержит следующие колонки: «Дата/Время», «Состояние», «Параметр», «Значение», «Оператор», «Комментарий». Колонка «Состояние» отображает состояние аварии: подтверждена (Ack), не подтверждена (Unack\_Alm), или автоматически подтверждена (Ack\_Rtn). Описание остальных колонок идентично описанию колонок окна «Сообщения».

В верхней части окна находится панель временных настроек. Панель временных настроек позволяет выбрать интервал времени из списка «Интервал», за который в журнал будут выгружены все аварии. При выборе из списка элемента «Точный интервал» становятся активными окна «Начальное время», «Конечное время» и кнопка «Применить».



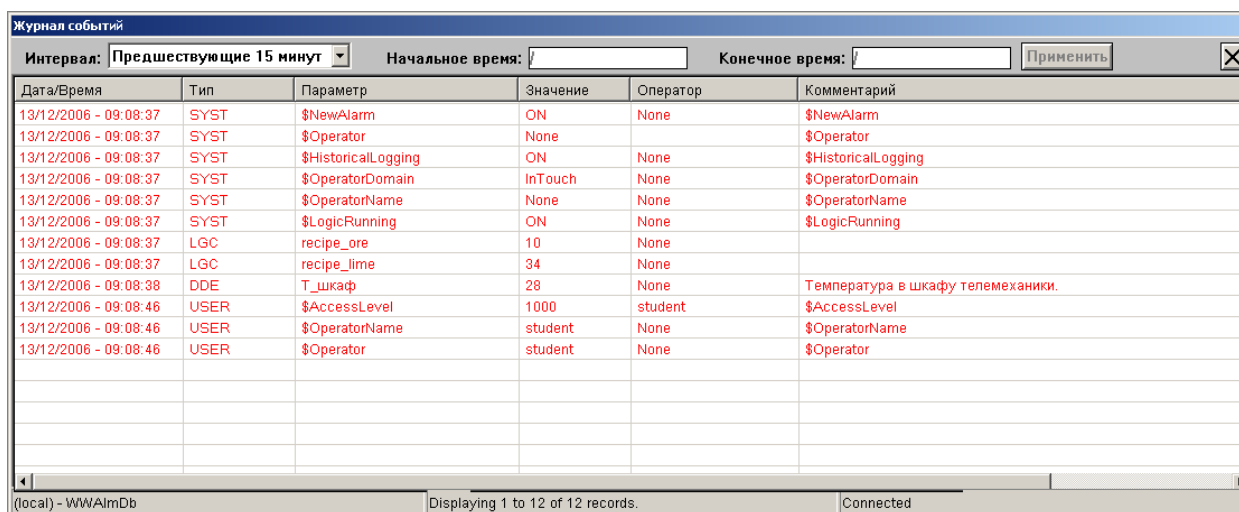
### 7.3.5 Подсистема событий

Окно «Журнал событий», вызываемый пользователем из окна «Меню», служит для информирования оператора о текущих событиях, представляющие собой обычные статусные сообщения системы и не требующие реакции оператора (рисунок 5).

Журнал событий содержит следующие колонки: «Дата/Время», «Тип», «Параметр», «Значение», «Оператор», «Комментарий». Колонка «Тип» отображает категорию, определяемую характеристиками события. Например, Syst – системное событие, User – изменение значения тэга \$Operator.

В верхней части окна находится панель временных настроек. Панель временных настроек журнала событий идентична панели временных настроек журнала аварий.

В правом верхнем углу панели настроек журнала событий находится кнопка закрытия окна.



Дата/Время	Тип	Параметр	Значение	Оператор	Комментарий
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$NewAlarm	ON	None	\$NewAlarm
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$Operator	None	None	\$Operator
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$HistoricalLogging	ON	None	\$HistoricalLogging
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$OperatorDomain	InTouch	None	\$OperatorDomain
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$OperatorName	None	None	\$OperatorName
13/12/2006 - 09:08:37	SYST	\$LogicRunning	ON	None	\$LogicRunning
13/12/2006 - 09:08:37	LGC	recipe_ore	10	None	
13/12/2006 - 09:08:37	LGC	recipe_lime	34	None	
13/12/2006 - 09:08:38	DDE	T_шкаф	28	None	Температура в шкафу телемеханики.
13/12/2006 - 09:08:46	USER	\$AccessLevel	1000	student	\$AccessLevel
13/12/2006 - 09:08:46	USER	\$OperatorName	student	None	\$OperatorName
13/12/2006 - 09:08:46	USER	\$Operator	student	None	\$Operator

(local) - WWAlmDb      Displaying 1 to 12 of 12 records.      Connected

Рисунок 7.5 – Окно «Журнал событий»

### Подсистема анализа

Подсистема анализа представлена в виде окна «График» (рисунок 6).

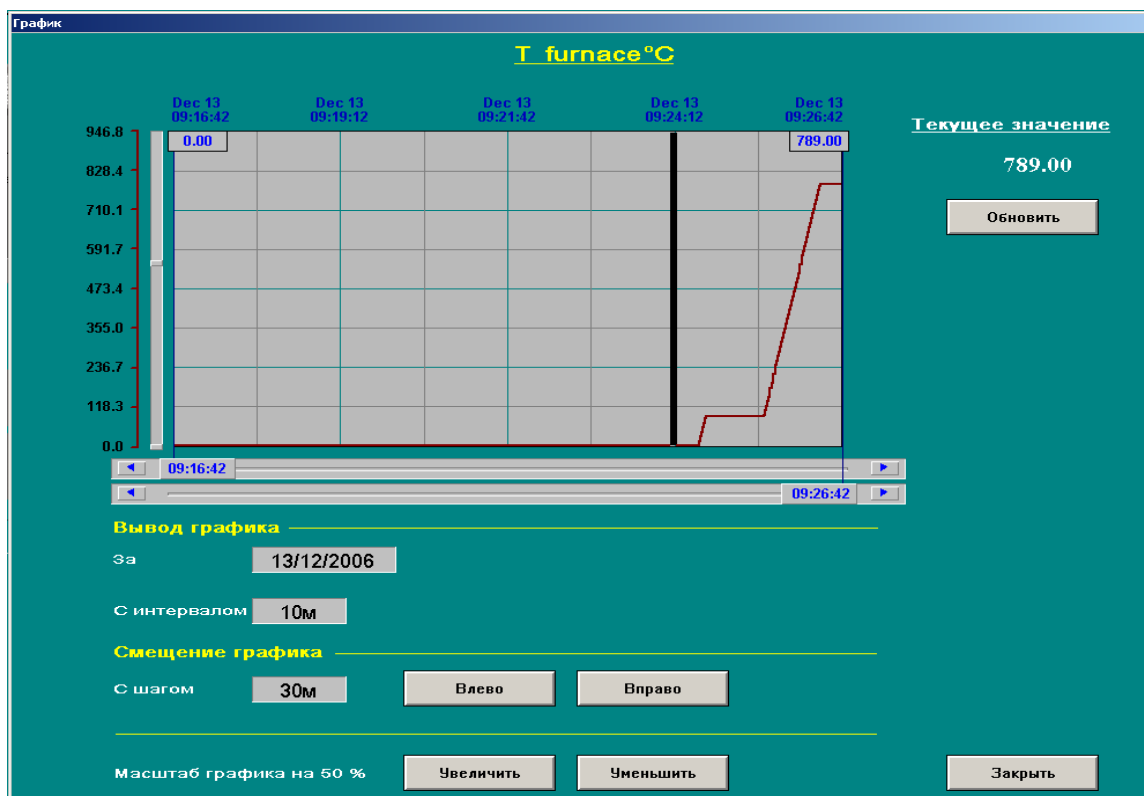


Рисунок 7.6 – Окно «График»

Данная подсистема дает возможность записи и анализа значений, критичных для процесса, и позволяет:

- архивировать переменные процесса в соответствии с технологическими требованиями;
- отслеживать эффективность производства;
- анализировать данные по окончанию процесса.

Для просмотра архивных данных определенного параметра необходимо нажать на числовое значение этого параметра в окне «Технологический процесс».

В данной системе архивируются текущая температура печи и текущая температура в шкафу телемеханики.

В нижней части окна находится панель настроек, позволяющая:

- задавать период отображения архивных данных, выбранного параметра;

- менять продолжительность диаграммы – интервал, т.е. изменять временной диапазон горизонтальной оси диаграммы;
- перемещаться по графику вправо и влево с шагом, заданным оператором;
- масштабировать график на 50 % с помощью кнопок «Увеличить» и «Уменьшить».

## Режимы управления технологическим процессом производства шихты

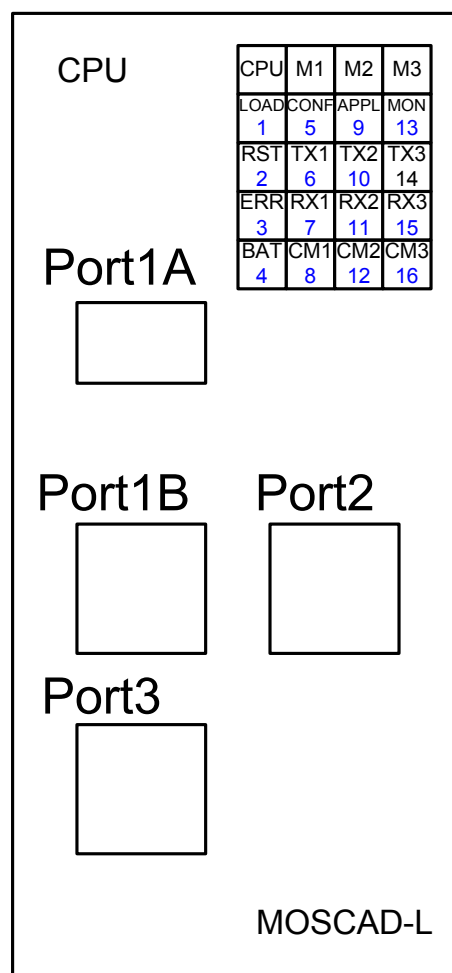
Система управления производством шихты обеспечивает два режима работы:

- автоматический (запуск процесса выполняется контроллером по заданной программе);
- ручной (все операции выполняются оператором при помощи кнопок управления на мнемосхеме).

Выбор режима управления (РУ) осуществляется оператором с помощью двухпозиционного переключателя в окне «Управление ТП».

## Справочное приложение

- Индикация контроллера MOSCAD-L.
- Мерцание светодиода «CPU» – неисправность контроллера.
- Мерцание светодиода «M1» – модуль в слоте №1 не распознается.



- Мерцание светодиода «M2» – модуль в слоте №2 не распознается.
- Мерцание светодиода «M3» – модуль в слоте №3 не распознается.
- Горит светодиод «LOAD» – идет загрузка в контроллер (конфигурации, программы, драйвера и т.п.).
- Горит светодиод «CONF» – в контроллер загружена конфигурация.
- Горит светодиод «APPL» – в контроллер загружена программа.
- Горит светодиод «MON» – происходит мониторинг контроллера (таблиц, процессов).
- Горит светодиод «RST» – в контроллере ничего не загружено.
- Горит светодиод «ERR» – в «Error Logger» находится код ошибки (возможно с описанием), которая произошла при работе контроллера. Выгружается ошибка с помощью утилиты «SW Diagnostics , Loggers And TimeTag».
- Мерцает светодиод «RXn» – происходит прием данных по n порту.
- Мерцает светодиод «TXn» – происходит передача данных по n порту.
- Горит светодиод «CMn» – канал порта n занят.

## **7.4 Стенд «АСУ уличного освещения – Горсвет»**

Стенд предназначен для исследования принципа работы автоматизированной системы управления уличным освещением города. Используемые устройства: коммуникационные контроллеры УстиМ05; контроллеры линии УстиКл; счетчики трехфазные, датчики линии УстиДл103, тиристоры, трансформатор, тумблеры имитации аварий, а также программное обеспечение: insat opc-server и insat master scada.

На данном стенде изучаются принципы работы промышленных контроллеров, метод обмена информацией по линиям электропитания, CAN-интерфейс, RS-485 интерфейс, принцип работы электросчетчика, протокол Modbus, программирование в среде MASTER SCADA и OPC-server.

### **7.4.1 Общие принципы построения системы.**

Автоматизированная система управления наружным освещением предназначена для оперативно-диспетчерского контроля и управления сетью наружного освещения, а также выполнения функций автоматического управления режимами освещения и учета потребленной электроэнергии.

Внедрение и применение АСУ НО обеспечивает решение следующих технических и организационных задач:

- обеспечение оптимального и стабильного уровня освещенности в соответствии с действующими нормативами;
- повышение надежности и эффективности работы сети НО;
- обеспечение оперативного контроля и управления сетью НО;

- обеспечение оперативного контроля состоянием отключенных линий НО (выявление обрывов и коротких замыканий);
- обеспечение технологического и коммерческого учета потребленной электроэнергии.

#### **7.4.2 Коммуникационный контроллер УстиМ05**

Коммуникационный контроллер предназначен для управления всеми устройствами ПП и обеспечения связи с ПУ.

Функции контроллера:

- Циклический опрос счетчика, контроллера и датчика линии по интерфейсу «CAN» каждые 0,5 с запрашивается мгновенная и реактивная мощность по фазам А,В,С напряжение, частоту сети. В дежурном режиме получает информацию о наличии кз и разрывов на линии. посылает команды Кл на вкл/выкл фаз и др.;
- Поддержка протокола обмена с ПУ по высокоуровневому протоколу ModBus. Посылает данные на OPC и получает от него команды.

#### **7.4.3 Контроллер линии УстиКл;**

Контроллер линии (совместно с датчиками линии) выполняет следующие функции:

А) Контроль целостности линий НО.

Контроль линий осуществляется между ПП, оснащенными контроллером УстиКл и датчиками линий УстиДл, установленными на концах линии. Всего контроллер линий позволяет подключать до 6 датчиков линий, соответственно можно контролировать до 6 ответвлений от одного ПП.

Контроллер, в отсутствие основного напряжения, производит циклический опрос датчиков линий путем коммутации напряжения специального трансформатора (24В) на фазу С по определенному

алгоритму путем манипулирования полуволнами переменного напряжения. Датчики линий одновременно питаются от этого напряжения. При опросе контроллером (УстиКл) каждый датчик формирует ответ при совпадении собственного адреса с запрашиваемым путем коммутации напряжения фазы С поочередно на фазу А и на фазу В.

Контроллер следит за целостностью линий (превышению линейного сопротивления линий свыше 5 Ом) по ответам от датчиков линий. Если нет ответа по одной из линий от определенного датчика, то возможен обрыв сегмента линии, на конце которого стоит датчик. Если нет ответа по линиям А и В, то обрыв возможен также на линии С.

Б) Контроль наличия напряжения на линии НО.

Контроллер фиксирует наличие напряжения с номиналом более 40В на всех фазных линиях в любом режиме. Измерение напряжения производится на выходных линиях ПП.

В) Контроль замыканий линий НО.

В режиме «Освещение выключено» Контроллер следит за наличием фазных и межфазных коротких замыканий по току потребления фазы С, а также фаз А и В по ответам от датчиков линий при снижении сопротивления линии ниже 1-1.5 Ом.

Г) Управление освещением по команде от коммуникационного контроллера или через местный пульт, расположенный на верхней крышке контроллера линии.

Выбор источника команд управления производится посредством тумблера, расположенного на верхней крышке контроллера «Ручной/Дистанционный».

Дистанционный режим – от контроллера УстиМ05 через GSM-сеть с верхнего уровня управления.

Д) Поддержка протокола обмена с коммуникационным контроллером.

Контроллер линии УстиКл является ведомым в структуре системы ПП. Имеет сетевой адрес первый, скорость 9600бод. Питание интерфейса «CAN» контроллера линии осуществляется от источника питания ведущего контроллера УстиМ05.

в ручном\автоматическом режиме с имитацией аварий.Связь контроллера линии с датчиками осуществляется через силовые линии, что является техническим новшеством, т к не требуется отдельного канала связи. связь коммуникационного контроллера со счетчиком и контроллером линии осуществляется через CAN интерфейс, с OPC-сервером (Insat maststeropc) через RS485 интерфейс. Для создания виртуального рабочего места используется продукт компании Insat MASTER-SCADA/

#### **7.4.4 Счетчик Меркурий 230ART.**

Счётчик предназначен для учета электрической энергии в трехфазной трех- или четырех проводной сети переменного тока с напряжением 3\*220/380В, частотой (50 □ 2,5) Гц, номинальным/максимальным током 5/7,5 А.

Измерение энергии счетчиком осуществляется цифровым методом с частотой выборок равной 4000 Гц (период 250 мкс) по каждому каналу измеряемой величины напряжения или тока.

Счетчик оснащается 8-разрядным ЖК-дисплеем, на который выводится содержимое регистров учета потребленной энергии (в единицах 0,01кВт\*ч, либо 0,01кВар\*ч) и сопутствующая информация, которые отображают вид индицируемой энергии (А - активная, R - реактивная), номер тарифа, номер фазы и т.д.. Смена индицируемых регистров производится автоматически по кольцу.

Счетчик измеряет и позволяет считывать следующую информацию о :



- потребленной активной энергии по сумме тарифов;
- потребленной активной энергии по четырем тарифам;
- потребленной реактивной энергии по сумме тарифов;
- потребленной реактивной энергии по четырем тарифам;

и т.д. снова по кольцу.

- мгновенная активная мощность по каждой фазе и сумме фаз;
- мгновенная реактивная мощность по каждой фазе и сумме фаз;
- мгновенная полная мощность по каждой фазе и сумме фаз;
- напряжение по каждой фазе;
- ток по каждой фазе;

коэффициент мощности по каждой фазе и сумме фаз;

- дата.

и т.д. снова по кольцу.

Предусмотрена также возможность коррекции внутренних часов счетчика один раз в сутки в пределах  $\pm 28/-30$ с. при длительном нажатии (более 1с.) и отпускании кнопки справа в режиме индикации текущего времени. При этом если значение индицируемых секунд было менее 31, будет установлено значение секунд равным 00, в противном случае – равным 59.

Обмен информацией счётчика с коммуникационным контроллером происходит через интерфейс связи «CAN».

Счетчик является ведомым и отвечает данными на соответствующий запрос контролера.

Сетевой адрес счетчика нулевой, скорость 9600бод. Питание интерфейса «CAN» осуществляется от контроллера УстиМ05.

#### **7.4.5 Тиристоры**

Тиристоры состоят из реле, управляемых КЛ, с их помощью

происходит включение и выключение фаз.

#### **7.4.6 Тумблеры аварий.**

Трехпозиционные тумблеры для создания обрывов и замыканий с предыдущей фазой. Положениям тумблеров соответствуют:

Нижнее положение – нормальный режим;

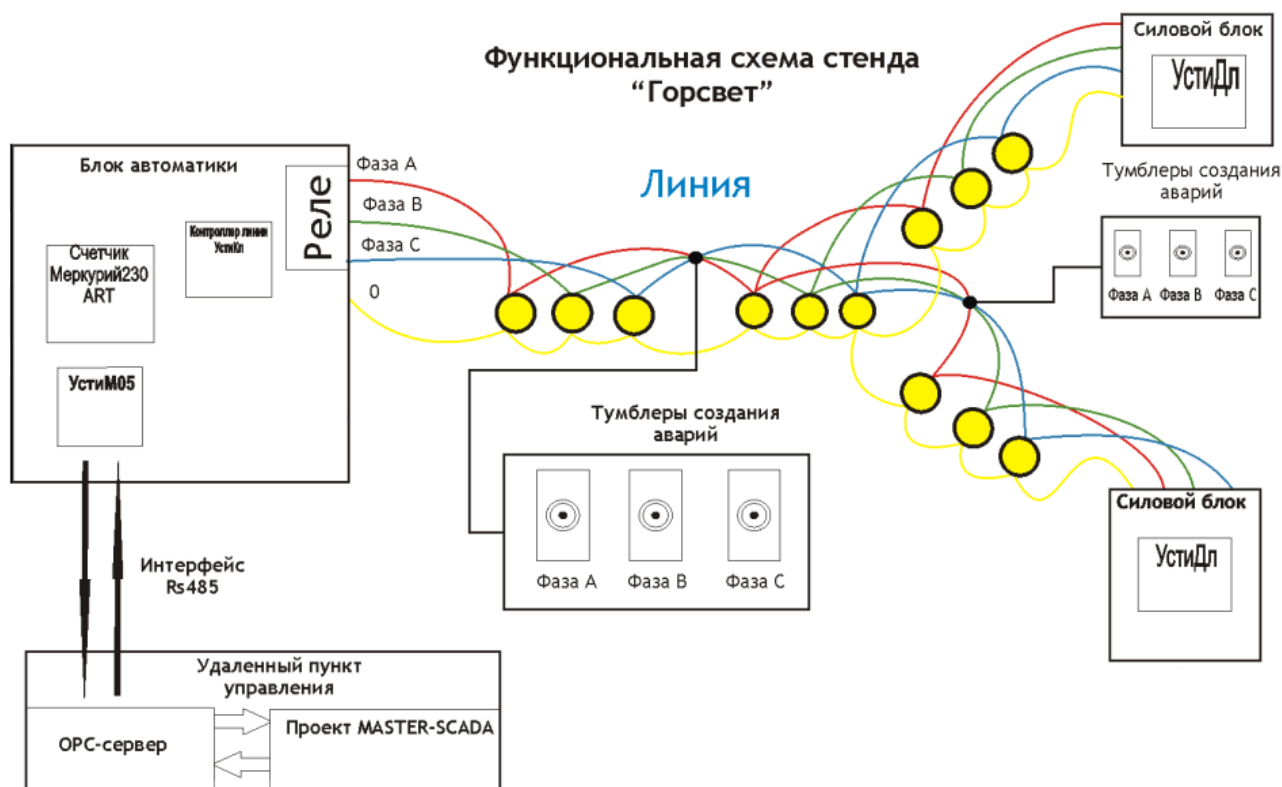
Среднее положение – обрыв;

Верхнее положение – замыкание с предыдущей фазой: А с С, В с А, С с В.

Стенд укомплектован необходимыми приборами: генератором сигналов и осциллографом фирмы Velleman Instruments, мультиметром.

На передней панели верхней коробки нанесен полупрозрачный рисунок: дорога, шесть фонарей уличного освещения, в центре панели расположена панель с переключателями, имитирующими разрыв цепи (может перенести в левый нижний угол), в правом нижнем углу расположен вход для сигнала постороннего напряжения.

#### 7.4.7 Состав стенда:



**Реле** - осуществляют коммутацию освещения по трем фазам со схемой защиты по превышению тока.

**Контроллер линии УстиКл** - проводит выдачу команд управления на реле, и совместно с датчиками осуществляет контроль линии освещения.

**Меркурий 230ART** - трехфазный многотарифный счетчик энергии.

**Контроллер УсиМ05** - коммуникационный контроллер, предназначен для управления всеми устройствами и обеспечения связи с ПУ. Циклически опрашивает счетчик, контроллер и датчики линий по интерфейсу CAN и поддерживает обмен данными с ПУ через интерфейс Rs485.

**OPC - сервер** осуществляет обмен данными между контроллером (средний уровень управления) и SCADA - проектом (верхний уровень управления процессом).

**MASTERSCADА** - система управления техническим процессом верхнего уровня, имеет удобный графический интерфейс и позволяет просто и эффективно управлять освещением: посылать контроллеру команды, получать информацию о состоянии системы в режиме реального времени. При этом не требуются какие-либо специальные знания и умения, то есть управлять может человек, не знакомый с принципом работы контроллеров, датчиков и других устройств низкого и среднего уровня.

#### **Тумблеры создания аварий:**

*Верхнее положение* - короткое замыкание с предыдущей фазой (А с С, В с А, С с А).

*Среднее положение* - обрыв.

*Нижнее положение* - нормальный режим работы.

**Датчик линии УстиДл** – совместно с контроллером линии осуществляет контроль линии. Датчик следит за состоянием линии и отвечает на вопросы контроллера линии.

## **7.5 Стенд «ПИД-регулятора»**

### **7.5.1 Введение**

Лабораторный комплекс, основанный на законе ПИД-регулирования температурного режима, современных системах автоматизированного управления и проектирования, и использующий приборы и устройства для изучения компании ОВЕН.

Установка позволяет осуществить демонстрацию физических процессов, таких как :

- Процесс нагрева, с помощью увеличения свечения лампы накаливания;
- Процесс охлаждения, с помощью срабатывания вентилятора (компаратора);
- Процесс воздействия теплового эффекта от лампы накаливания на предмет исследования;
- Предусмотреть отвод тепла в блоке, где расположен предмет исследования, с помощью перфорированных отверстий в блоке.

### **7.5.2 Функциональные возможности**

- 1) Измерение температуры.
- 2) Регулирование измеряемой величины в статическом режиме и при включении возмущающего воздействия по ПИД-закону путем импульсного или аналогового управления.
- 3) Осуществление ручной или автоматической настройка регулятора на установленном объекте.
- 4) Определение аварийной ситуации при выходе измеряемого параметра за заданные границы и при обрыве в контуре регулирования.
- 5) Работа в сети, организованной по стандарту RS-232, что позволяет задавать необходимые режимы работы установки и осуществлять контроль с персонального компьютера.
- 6) Дистанционное управление запуском и остановкой регулирования при помощи различных SCSDA систем.

## Технические характеристики

- Питание сети 220 В 50 Гц;
- Температура нагрева предмета измерения не более 65 C<sup>0</sup>;
- Вход/Выход RS232, 1К;
- Габаритные параметры установки 40x51x14,5 см;
- Масса не более 3 Кг.

## Условия эксплуатации

- Температура окружающего воздуха +5...50 C<sup>0</sup>;
- Влажность при 35 C<sup>0</sup> 30...85%;
- Атмосферное давление 85...107 кПа.

## Инструкция по эксплуатации

- 1) Установку необходимо установить (закрепить) в устойчивом вертикальном положении в месте эксплуатации.
- 2) Подключить к сети 220 В 50 Гц.
- 3) Включить тумблер питания, приведя его в положение «Вкл», расположенный на внутренней панели установки (корпуса).

Внимание. Пункты 1-3 должен осуществлять администратор лаборатории, ознакомившийся с данной инструкцией, либо ответственное лицо.

- 1) Произвести ручную или автонастройку регулятора ТРМ101.

Внимание. Инструкция по настройке регулятора ТРМ101 прилагается.

2) При необходимости произвести подключение персонального компьютера через выход RS-232, расположенного на внутренней панели установки (корпуса).

Внимание. Данный пункт должен контролироваться администратором лаборатории, или осуществляться непосредственно им самим.

3) По окончании использования установки тумблер включения питания необходимо перевести в положение «Выкл».

4) Отключить сетевой кабель от сети.

**ВНИМАНИЕ!** В связи с наличием на клеммниках приборов опасного для жизни напряжения, доступ к приборам, находящимся на внутренней панели металлического корпуса, должен осуществляться только администратором лабораторной, квалифицированным специалистом или ответственными лицами.

### **7.5.3 Лабораторная работа №1**

#### ***1 Изучение ПИД-регулирования в ручном режиме на ТРМ101***

Целью данной лабораторной работы является:

Изучение лабораторного стенда и взаимодействие его устройств, изучение основ теоретического и практического ПИД-регулирования. Получение практических навыков работы в замкнутых системах автоматического регулирования с применением ПИД-регуляторов.

##### ***1.1 Место в АСУ ТП, достоинства и недостатки ПИД-регуляторов***

Для управления параметрами технологических процессов и установок наиболее широко применяются замкнутые системы автоматического регулирования. Их типовая структура представлена на Рис. 1.1.



Рисунок. 7.7. Типовая структура замкнутой системы автоматического регулирования

Условные обозначения:

$X(t)$  — регулируемая величина;

$Q(t)$  — возмущающее воздействие;

$X_s$  — задание регулятору;

$U(t)$  — команды регулятора;

$Y(t)$  — управляющее воздействие.

В подавляющем большинстве таких систем применяются регуляторы, реализующие классический пропорционально -интегрально - дифференциальный (ПИД) закон управления. Способность ПИД-регуляторов управлять объектами, отличающимися по физической природе, свойствам и назначению, свидетельствует об их универсальности.

Благодаря этому важнейшему достоинству стал возможен серийный выпуск регуляторов для общепромышленного применения, а также сложился единый

подход к подготовке специалистов по технологической автоматике для всех отраслей производства.

Универсальность типовых регуляторов обусловлена ни чем иным, как самим ПИД-способом формирования управляющего воздействия. За нее, как за любое другое достоинство, приходится чем-то платить. Платой за универсальность ПИД-регуляторов является потеря качества



управления. Ее размеры выясняются путем прямого сравнения качества ПИД-управления с реально достижимым качеством оптимального управления. Исследования показывают, что даже при самой квалифицированной настройке ПИД-регуляторов плата за их универсальность оказывается весьма значительной и зависит от свойств управляемого объекта. Этот факт хорошо известен разработчикам типовых регуляторов. Именно поэтому их усилиями созданы модификации ПИД-алгоритма — PID(A) и PID(B), а также разработаны методы автоадаптации настроек ПИД-регуляторов. Налицо естественное стремление улучшить работу ПИД-регуляторов, сохранив их главное достоинство — универсальность.

Но возможен и другой подход к решению проблемы, состоящий в том, чтобы исследовать свойства оптимальных управлений динамическими объектами различного типа, выявить общие закономерности и, объединив их, синтезировать новый способ формирования управления для замкнутых систем, обладающий свойством универсальности.

### ***1.2 Основные виды регулирования АСУ***

При прочих равных условиях пропорционально-интегрально-дифференциальные или ПИД- (PID - Proportional-Integral-Derivative) регуляторы позволяют поднять точность управления в 5-100 раз по сравнению с позиционным регулятором.

Наиболее часто в задачах АСУ ТП применяются двухпозиционное регулирование и пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) регулирование.

Двухпозиционное регулирование обеспечивает включение или отключение исполнительного устройства (например, нагревателя) в зависимости от того, ниже или выше измеренный параметр относительно заданного уровня. При двухпозиционном регулировании в системе всегда

принципиально присутствуют колебания технологического параметра, причем размах этих колебаний определяется только параметрами системы (инерционностью датчиков, исполнительного устройства и самой системы) и практически не зависит от регулятора.

При ПИД регулировании сигнал управления зависит от разницы между измеренным параметром и заданным значением, от интеграла от разности и от скорости изменения параметров. В результате ПИД регулятор обеспечивает такое состояние исполнительного устройства (промежуточное между включен или выключен), при котором измеренный параметр равен заданному. Поскольку состояние исполнительного устройства стабилизируется, точность поддержания параметра в системе повышается в десятки раз. Таким образом, закон регулирования обеспечивает точность.

В принципе, точность поддержания будет определяться точностью измерения сигнала и интенсивностью внешних воздействий на объект.

Сигнал управления для ПИД регулятора определяется тремя компонентами:

$$U = (T - T_{уст}) + \quad (\text{П - пропорциональная компонента}).$$

$$\int (T - T_{уст}) \frac{dt}{t_i} + \quad (\text{И -интегральная компонента}).$$

$$t_d \frac{d(T - T_{уст})}{dt} \quad (\text{Д -дифференциальная компонента}).$$

Где,

Туст -заданная температура (уставка)  
 ti -заданная температура (уставка)  
 td -заданная температура (уставка)

*Сигнал управления, который вырабатывает регулятор, определяется тем, насколько велико рассогласование (пропорциональная компонента), насколько долго сохраняется рассогласование (интегральная компонента) и, наконец, как быстро изменяется рассогласование (дифференциальная компонента).*

Качество управления, которое обеспечивает ПИД регулятор в значительной степени зависит от того, насколько хорошо выбраны параметры регулятора соответствующие свойствам системы. Это означает, что ПИД регулятор перед началом работы необходимо настроить.

Качество регулирования ПИД- регулятора определяется точностью настройки его параметров. Существует много различных методик настройки ПИД-регуляторов. В основе большинства из них лежит анализ переходной характеристики. Отметим, что все ПИД-регуляторы ОВЕН имеют функции автонастройки параметров регулирования, что дает возможность быстро получить высокое качество регулирования даже неспециалистам.

### ***1.3 Устройства используемые в лабораторной установке и их назначение***

Лабораторная установка, включающая в себя приборы фирмы ОВЕН, предназначена для измерения физического параметра температуры контролируемого объекта, отображения измеренного параметра на встроенном цифровом индикаторе, а так же для связи

пакета программ на персональном компьютере с физическим объектом с целью реализации функций контроля, управления и регулирования.

Лабораторная установка предназначена для проведения лабораторных и практических занятий по автоматизированным системам управления технологическими процессами (АСУТП).

**Прибор ТРМ101** – в комплекте с первичным преобразователем предназначен для измерения физического параметра контролируемого объекта, отображения измеренного параметра на встроенном цифровом индикаторе; а также для формирования сигналов управления встроенными выходными устройствами, которые осуществляют регулирование измеряемого параметра.

Приборы ТРМ101 могут быть использованы в системах контроля и регулирования при выполнении технологических процессов в разных отраслях промышленности и сельском хозяйстве.

**Блок управления симисторами тиристорами (БУСТ)** – Прибор предназначен для управления мощностью в активной нагрузке, включенной «звездой», совместно с подключаемыми к прибору тиристорами или симисторами. Прибор применяется в качестве задатчика мощности нагревателя с ручным управлением, а также для автоматического поддержания температуры объекта совместно с терморегуляторами.

**Адаптер интерфейса RS - 232/RS – 485 ОВЕН АС3** – предназначен для взаимного преобразования интерфейсов RS-232 и RS485 и подключения до 32 многоканальных приборов серии ТРМ101, ТРМ138, ТРМ151, СИ8, ПКП1 и т.д.

**Электрическая лампа** – является регулируемым нагревателем.

**Вентилятор** – служит как возмущающее воздействие на предмет исследования.

**Термопара ТПЛ-021.1,2/1,5** – Термопара представляет собой температурный датчик, с выхода которого непосредственно снимается сигнал напряжения, пропорциональный температуре. При этом не требуется дополнительный источник питания, так как выходное напряжение возникает вследствие термоэлектрических свойств металлов.

Схема расположения приборов и устройств

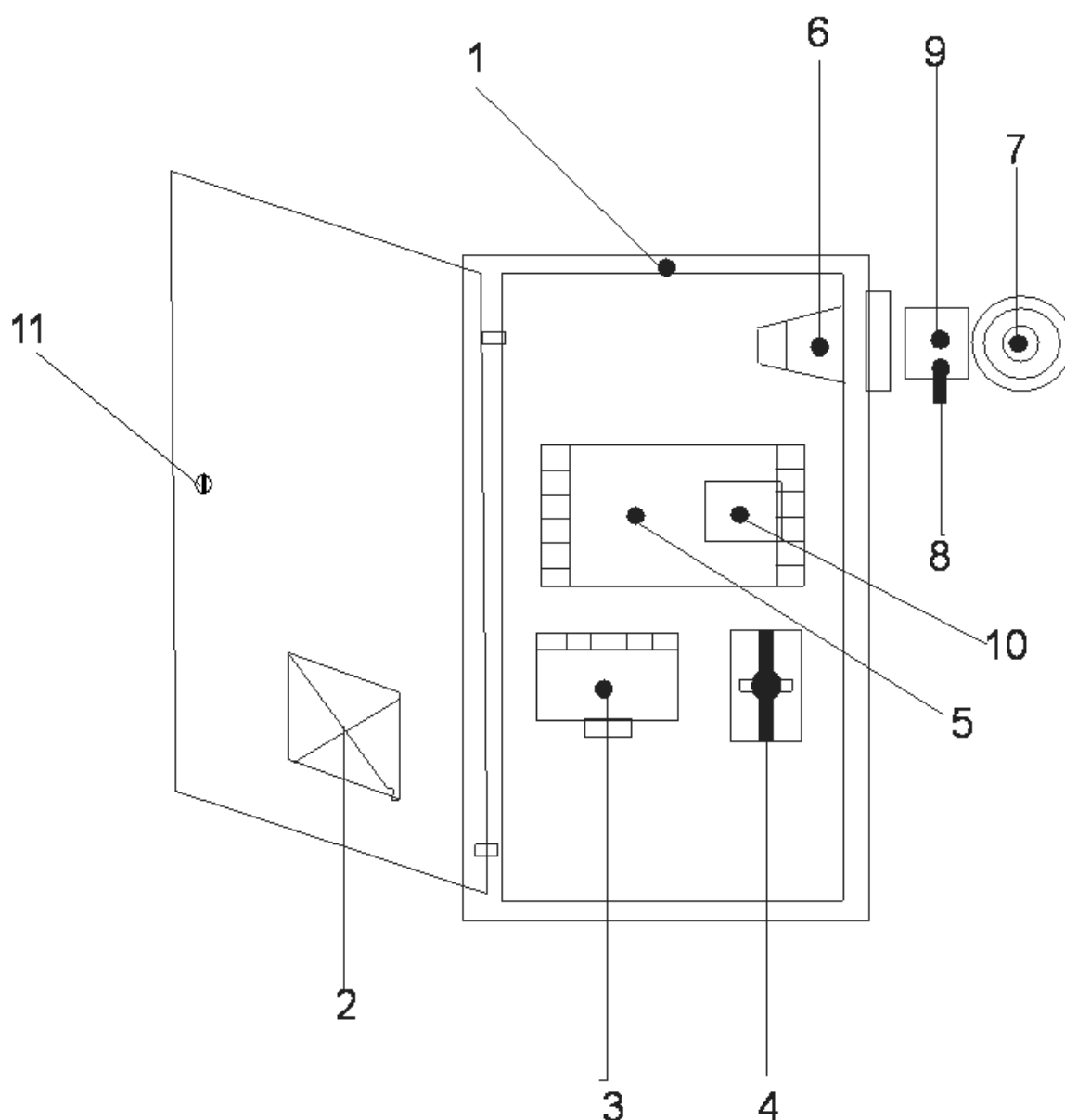


Рисунок 1.2 – Схема расположения приборов и устройств

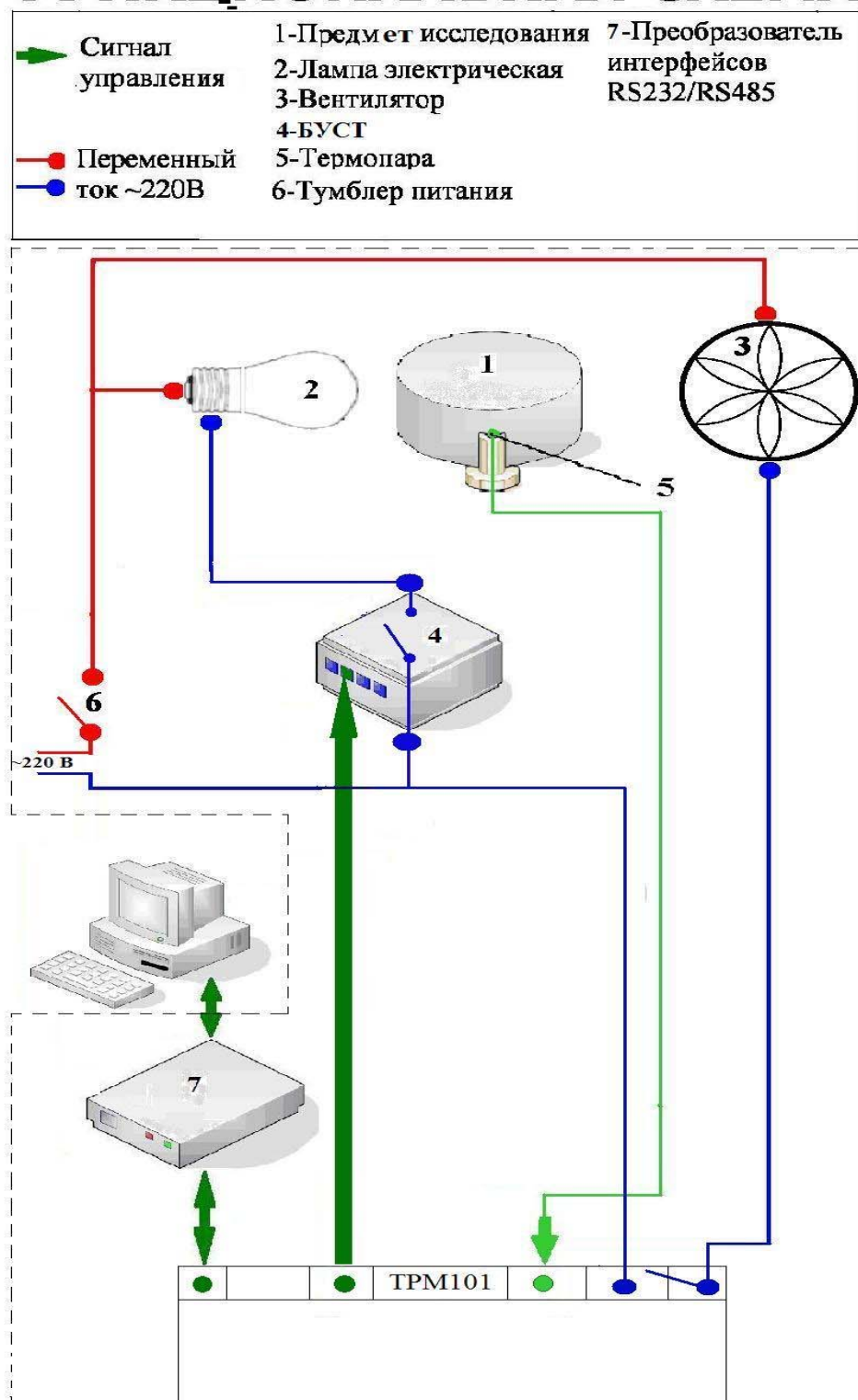
***Перечень приборов и устройств установки***

- 1) Металлический корпус.
- 2) Регулятор ТРМ101.
- 3) Преобразователь интерфейсов RS232/RS485.
- 4) Тумблер питания.
- 5) Блок Управления Симисторами и Тиристорами (БУСТ).
- 6) Лампа электрическая (220Вт, 60W).
- 7) Вентилятор.
- 8) Термопара.
- 9) Предмет измерения и регулирования температуры.
- 10) Симистр.
- 11) Замок.

***1.3.1 Описание взаимодействия приборов установки***

Схема взаимодействия приборов расположена на лицевой стороне корпуса установки и на Рис. 1.3.

# **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА**



Рисунок

1.3

—

Функциональная

схема

*Краткое описание алгоритма взаимодействия приборов.*

– В рабочее состояние установку приводит тумблер питания, расположенный внутри корпуса (см. Рис. 1.3 устр.6).

– Термопарой посылается сигнал напряжения, пропорциональный температуре, в ТРМ101, в котором высвечивается текущая температура, и формируется сигнал выхода на уставку.

– Регулятор ТРМ101 генерирует управляющие сигналы 4-20мА, которые посылает в БУСТ.

– БУСТ реагирует на управляющие сигналы регулятора и совместно с ним регулирует мощность в нагрузке, определяя момент открытия или закрытия тиристора или симистора в зависимости от величины сигнала на выходе.

– На открытие или закрытие симистра, реагирует электрическая лампа -повышением свечения или его уменьшением, представляющая в лабораторном стенде нагреватель.

– Связь с РС осуществляется по средству преобразования интерфейсов RS-232 и RS-485 с помощью преобразователя АС3 (см. Рис. 1.3 устр.7).

– Так же при активном режиме компаратора в регуляторе ТРМ101, срабатывает ключ, показанный на функциональной схеме над ТРМ101. При достижении установленного значения для компаратора ключ включает вентилятор, служащий так же возмущающим воздействием.

В совокупности все приборы лабораторного стенда представляют макет автоматизированную систему управления температурным режимом объекта.

**2 Общие принципы ПИД-регулирования**

*Прямое и обратное управление.* При регулировании выбирают один из методов управления системой: прямое или обратное.



При *прямом управлении* значение выходного сигнала регулятора увеличивается с увеличением измеряемой величины (Рис. 2.1).

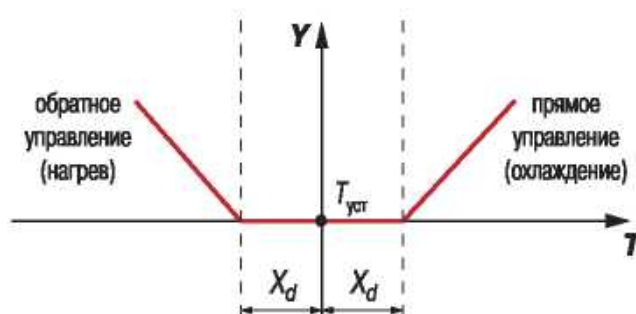


Рисунок 7.8 – Прямое управление

При *обратном управлении* значение выходного сигнала регулятора уменьшается с увеличением измеряемой величины. Например, в системе нагрева по мере роста температуры значение выходного сигнала уменьшается. Этот процесс имеет обратное управление, системы охлаждения - прямое управление.

На выходе регулятора вырабатывается управляющий (выходной) сигнал  $U$ , действие которого направлено на уменьшение отклонения  $E_i$ :

$$U_i = \frac{1}{X_p} \left( E_i + \tau_d \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{\text{изм}}} + \frac{1}{\tau_{\text{и}}} \sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{\text{изм}} \right) \cdot 100 \% , \quad (1)$$

Где  $X_p$  – полоса пропорциональности;

$E_i$  – разность между заданными  $T_{\text{уст}}$  и текущим  $T_i$  значением измеряемой величины, или рассогласование;

$\tau_d$  – постоянная времени дифференцирования;

$\Delta E_i$  – разность между двумя соседними измерениями  $E_i$  и  $E_{i-1}$ ;

$\Delta t_{изм}$  – время между двумя соседними измерениями  $T_i$  и  $T_{i-1}$ ;

$\tau_i$  – постоянная времени интегрирования;

$\sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{изм}$  – накопленная сумма рассогласования.

Из формулы (1) видно, что при ПИД-регулировании сигнал управления зависит от:

1) Разница между текущим параметром  $T_i$  и заданным значением  $T_{утс}$  измеряемой величины  $E_i$ , которая реагирует на мгновенную ошибку регулирования; отношение  $\frac{E_i}{X_p}$  называется **пропорциональной составляющей** выходного сигнала;

2) Скорости изменения параметра  $\frac{\Delta E_i}{\Delta t_{изм}}$ , которая позволяет улучшить качество переходного процесса; выражение  $\frac{1}{X_p \tau_\Delta} \frac{E_i}{\Delta t_{изм}}$  называется **дифференциальной составляющей** выходного сигнала;

3) Накопленной ошибки регулирования  $\sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{изм}$ , которая позволяет добиться максимально быстрого достижения температуры уставки; выражение  $\frac{1}{X_p} \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{изм}$  называется **интегральной составляющей** выходного сигнала.

## 2.1 Настройка пропорциональной компоненты ПИД-регулятора

Перед настройкой зоны пропорциональности интегральная и дифференциальная компоненты отключаются

Установить зону пропорциональности равной размаху колебаний температуры. Это значение служит первым приближением для зоны пропорциональности. Следует проанализировать переходную характеристики еще раз и при необходимости скорректировать значение зоны пропорциональности. Возможные варианты переходных характеристик показаны на Рис.2.2.

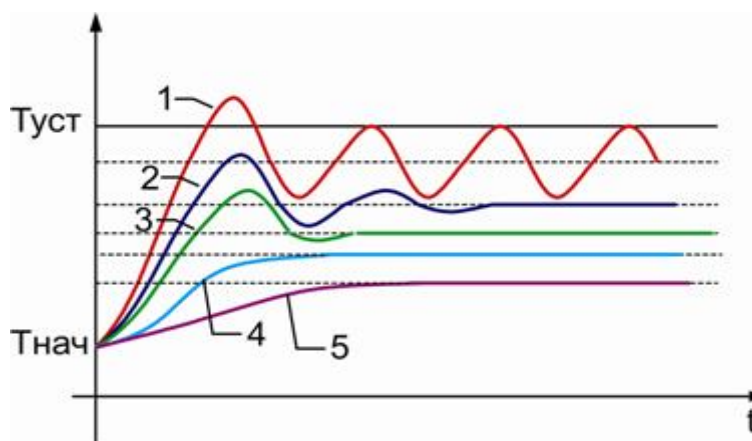


Рисунок 7.9 – Переходные характеристики

**Примечание:** для каждой переходной характеристики на графиках Рисунков 6-8, значение  $T_{уст}$  разное.

#### Переходная характеристика типа 1

Значение зоны пропорциональности по-прежнему очень мало, переходная характеристика (а значит, и настройка регулятора) далека от оптимальной. Зону пропорциональности следует значительно увеличить.

#### Переходная характеристика типа 2

В переходной характеристике наблюдаются затухающие колебания (5-6 периодов). Если в дальнейшем предполагается использовать и дифференциальную компоненту ПИД регулятора, то выбранное значение зоны пропорциональности является оптимальным. Для этого случая настройка зоны пропорциональности считается законченной.

#### Переходная характеристика типа 3

В переходной характеристике наблюдаются небольшой выброс и быстро затухающие колебания (1-2 периода). Этот тип переходной характеристики обеспечивает хорошее быстроедействие и быстрый выход на заданную температуру. В большинстве случаев его можно считать оптимальным, если в системе допускаются выбросы (перегревы) при переходе с одной температуры на другую.

Выбросы устраняются дополнительным увеличением зоны пропорциональности так, чтобы получилась переходная характеристика типа 4.

#### Переходная характеристика типа 4

Температура плавно подходит к установившемуся значению без выбросов и колебаний. Эта тип переходной характеристики также можно считать оптимальным, однако быстроедействие регулятора несколько снижено.

#### Переходная характеристика типа 5

Сильно затянутый подход к установившемуся значению говорит о том, что зона пропорциональности чрезмерно велика. Динамическая и статическая точность регулирования здесь мала.

Следует обратить внимание на два обстоятельства. Во-первых, во всех рассмотренных выше случаях установившееся значение температуры в системе не совпадает со значением уставки. Чем больше зона пропорциональности, тем больше остаточное рассогласование. Во-вторых, длительность переходных процессов тем больше, чем больше зона пропорциональности. Таким образом, нужно стремиться выбирать зону пропорциональности как можно меньше. Вместе с тем, остаточное рассогласование, характерное для чисто пропорциональных регуляторов (П-регуляторов), убирается интегральной компонентой регулятора.

### **2.2 Настройка интегральной компоненты ПИД-регулятора**

После настройки пропорциональной компоненты (а при необходимости и дифференциальной компоненты) получается переходная характеристика, показанная на Рис. 7.10, кривая 1. Интегральная компонента предназначена для того, чтобы убрать остаточное рассогласование между установившимся в системе значением температуры и уставкой.

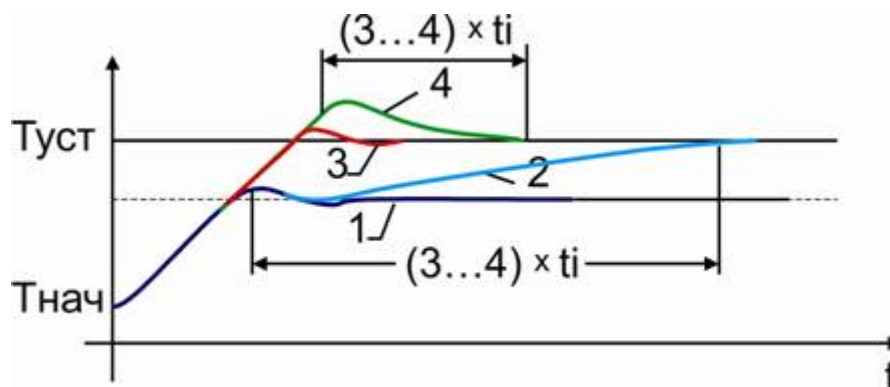


Рисунок 7.10 – Переходная характеристика

#### Переходная характеристика типа 2

Получается при чрезмерно большой величине постоянной времени интегрирования. Выход на уставку получается очень затянутым и длится примерно  $(3...4) t_i$ .

#### Переходная характеристика типа 4

Получается при слишком малой величине постоянной времени интегрирования. Выход на уставку также длится  $(3...4) t_i$ . Если постоянную времени интегрирования уменьшить еще, то в системе могут возникнуть колебания.

#### Переходная характеристика типа 3

Оптимальная.

### **2.3 Настройка дифференциальной компоненты ПИД-регулятора**

На этапе [настройки зоны пропорциональности](#) установлена зона пропорциональности, соответствующая переходной характеристике типа 2, в которой присутствуют затухающие колебания (см. Рис.2.1, кривая 2,

Рис.7.11, кривая 1.). Следует установить постоянную времени дифференцирования так, чтобы переходная характеристика имела вид кривой 2 на Рис.2.3.

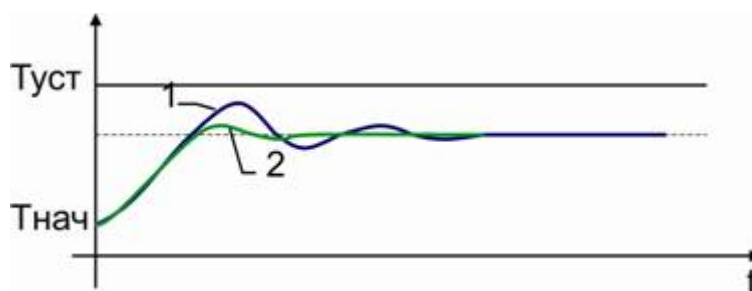


Рисунок 7.11– Переходная характеристика

Примечательно то, что дифференциальная компонента устраняет затухающие колебания и делает переходную характеристику, похожей на тип 3 (см. рис.2.1). При этом зона пропорциональности меньше, чем для типа 3. Это значит, что динамическая и статическая точность регулирования при наличии дифференциальной компоненты (ПД-регулятор) может быть выше, чем для П-регулятора.

### ***3 Первое знакомство с лабораторной установкой***

На передней панели установки расположена «схема взаимодействия приборов» и передняя панель регулятора ТРМ101. Также установка включает в себя предмет исследования, для проведения на нем лабораторных работ, за предметом исследования расположен вентилятор, который играет роль возмущающего воздействия на предмет исследования.

На передней панели прибора (рис. 9) находятся индикаторы:

- верхний цифровой индикатор красного цвета предназначенный для отображения измеряемой величины или названия программируемого параметра;
- нижний цифровой индикатор зеленого цвета, предназначенный для

отображения уставки или значения программируемого параметра;

- восемь светодиодов красного цвета, показывающие постоянным свечением

состояние прибора:

"K1" - включение выходного устройства ВУ1;

"K2" - включение выходного устройства ВУ2;

"AL" - срабатывание компаратора при обнаружении выхода регулируемого параметра за заданные пределы;

"LBA" - обнаружение обрыва в контуре регулирования;

"П/С" - запуск процесса регулирования;

"ПН" - предварительная автонастройка;

"ТН" - точная настройка;

"RS" - управление от RS-485.

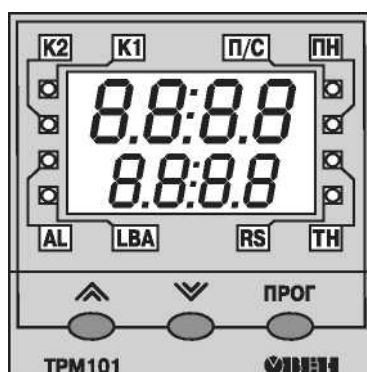





Рисунок 7.12 – Передняя панель прибора

Кнопки, находящиеся на передней панели прибора TPM101, имеют следующее назначение:

⬆ - для увеличения значения программируемого параметра;

⬇ - для уменьшения значения программируемого параметра;

 - для входа в меню программирования или для перехода к следующему параметру.

Переход к первому параметру каждой группы осуществляется кратким нажатием кнопки , а возврат в заголовок группы (из любого параметра группы) – длительным (3 сек.) нажатием кнопки .

После включения прибора, он автоматически переходит в текущий режим, т.е. после перезапуска прибора заданные уставки не сбрасываются. В текущем режиме, в нашем случае, можно пронаблюдать активными следующие режимы:

Во первых на верхней строке индикатора красными цифрами высвечивается текущая температура, заданная для каждого рабочего места.

Во вторых горит индикатор "K1", который сигнализирует о подключении к прибору внешнего устройства – термопары ТПЛ-021.1,2/1,5.

Также, после срабатывания компаратора, периодически зажигаться индикатор "AL".

### ***3.1 Определение и установка параметров регулирования коэффициентов ПИД-регулятора***

Для эффективной работы ПИД- регулятора необходимо варьировать значения регулируемого объекта  $X_p$ ,  $\tau_d$ ,  $\tau_i$ . Которые необходимо определить ручной настройкой.

Если характеристика объекта регулирования заранее известны, пользователь вручную может установить параметры ПИД-регулирования:

$P$  - полосу пропорциональности регулятора  $X_p$ ;

$\tau_i$  - постоянную времени интегрирования  $\tau_i$ ;



$d$  - постоянную времени дифференцирования  $\tau_d$




Значения параметра  $P$  устанавливаются в единицах измерения входной величины; диапазон - от 0 до 9999. При значении параметра  $P = 0$  регулятор работает как двухпозиционный компаратор.

Значения параметра  $\bar{c}$  устанавливаются в секундах; диапазон - от 0 до 3999 с. При  $\bar{c} = 0$  прибор работает как ПД-регулятор.

Значения параметра  $d$  устанавливаются в секундах; диапазон - от 0 до 3999 с. При  $d = 0$  прибор работает как ПИ-регулятор.


При  $\bar{c} = 0$  и  $d = 0$  прибор работает как П-регулятор.



*Задание постоянной температуры производится в ледующей последовательности:*


Однократным нажатием кнопки , после чего в нижней строке высвечивается значение уставки которое можно изменять соответственно кнопками  и .



*Задание коэффициентов ПИД-регулятора.*

Для качественной настройки ПИД-регулятора пользуются методом *последовательной настройки*, т.е. первым настраивается полоса пропорциональности регулятора  $P$ , затем  $\bar{c}$  и  $d$ . Для этого необходимо:

1) Попасть в меню  $L_{uodP1}$  удерживая кнопку  не мене 3-х сек.

2) Выбрать в меню группу  $P_{dL}$ , переход между заголовками осуществляется кнопками  и .

3) Выбрать необходимый параметр для изменения  $P$ ,  $\bar{c}$ ,  $d$ , кратковременным нажатием кнопки .

4) Изменить значение параметра кнопкой  – увеличить,  – уменьшить.

#### 4 Индивидуальное задание

1) Задать значение уставки ;  
 2) Привести систему в режим  $P$  – регулятора, далее варьируя параметр  $P$ , необходимо добиться такой полосы пропорциональности  $P$ , чтобы остаточное рассогласование не превышало  $2^0$  от  $T_{утс}$ .

3) Привести систему в режим  $P\bar{c}$  – регулятора, далее варьируя параметр  $\bar{c}$ , необходимо подобрать такое значение постоянной времени интегрирования  $\bar{c}$ , чтобы остаточное рассогласование не превышало  $1^0$  от  $T_{утс}$ .

4) Привести систему в режим  $P\bar{c}d$  – регулятора, подобрать значение постоянной времени дифференцирования  $d$  и откорректировать все компоненты ПИД-регулятора в совокупности, так чтобы система находилась в наиболее оптимальном состоянии. Т.е. остаточное рассогласование  $E_i$  от  $T_{утс}$  было бы минимально.

Полученные результаты внесите в таблицу результатов:

Таблица результатов 4.1

Коэффициенты	№ задания 1 – 3	№ задания 4
$T_{утс}$		
$P$		
$\bar{c}$		

$d$		
$E_i$		

#### 4.1 Пример визуализации срабатывания регулятора

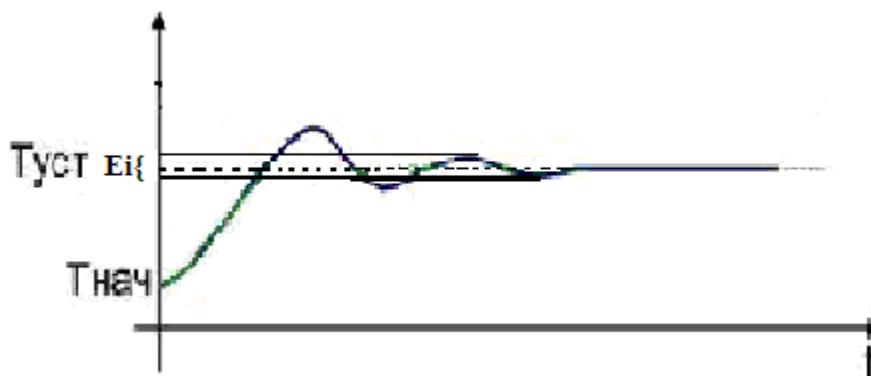


Рисунок 7.13 – визуализация срабатывания регулятора

При достижении регулятором заданного  $T_{уст}$ , оптимальным режимом работы регулятора является кривая, показанная на Рис. 10.

### 5 Контрольные вопросы

- 1) Назовите 3-и основных блока присутствующих в любой замкнутой автоматизированной системе управления.
- 2) Назовите главное достоинство ПИД-регуляторов, и обоснуйте его.
- 3) Сравните «Двухпозиционное регулирование» и «ПИД-регулирование», на основе сделанного сравнения приведите примеры объектов для управления, где целесообразнее применить эти способы регулирования. Обоснование выбора.
- 4) Какими составляющими формируется сигнал управления ПИД-регулятора, и на что они влияют.
- 5) Выделите 3-и основных блока в функциональной схеме (рис. 4), присутствующие в большинстве замкнутых систем управления.

6) Опишите воздействие приборов каждого блока на предмет исследования.

7) На выходе регулятора вырабатывается управляющий (выходной) сигнал  $Y$ , на что и как он должен повлиять в первую очередь, применительно к изучаемому регулятору.

8) Изучив настройку пропорциональной составляющей ПИД-регулятора, проанализируйте все описанные типы переходных характеристик. Назовите основные свойства которыми необходимо руководствоваться при настройке пропорциональной составляющей.

9) Сформулируйте определение необходимости интегральной составляющей в регуляторе.

10) Сформулируйте определение необходимости дифференциальной составляющей в регуляторе.

11) Вывод по проделанной работе:

а) что было изучено в процессе выполнения лабораторной работы.

б) Выявите совпадения и различия между практическим ходом работы и теоретическим предписаниями.

в) Охарактеризуйте конечный результат, полученный в результате проделанной работы.

По завершении лабораторной работы, таблицу результатов, с внесенными в нее значениями, и ответами на контрольные вопросы сохраните в папке под своим именем (Рг.515-1,2.\Иванов\).

## 7.5.4 Лабораторная работа №2

### *Работа в ПО MasterSCADA*

Целью данной лабораторной работы является освоение навыков ПИД регулирования в ПО MasterSCADA, умению свободно оперировать блоками управления и анализировать состояние системы с помощью блоков наблюдения.

### **2.2 Использование OPC в лабораторной установке**

В лабораторной установке используются аналоговые сигналы передачи данных 4-20мА (RS-485), а в РС используется RS-232. Для преобразования этих интерфейсов используется преобразователь интерфейсов АСЗ.

OPC-сервер включает в себя набор драйверов, предназначенные и настраиваемые для некоторых видов приборов, контроллеров, регуляторов и т.д. Т.к. приборы лабораторной установки используют для взаимодействия интерфейс RS-485, то установленный на компьютере OPC-сервер настроен на OPC-драйвер приборов на интерфейсе RS-485, непосредственно для регулятора TPM101.

Затем в свою очередь MasterSCADA, автоматически находит настроенный OPC-сервер, с помощью переменных которого MasterSCADA управляет режимами работы ПИД-регулятора TPM101.

### **3 Запуск и описание мнемосхемы**

Для управления, какими либо технологическими процессами с помощью микропроцессорных устройств, зачастую инженеры разработчики используют SCADA системы. В большинстве SCADA систем возможна разработка мнемосхем, в частности и в MasterSCADA, что позволяет визуализировать технологический процесс, а также установить на мнемосхеме блоки наблюдения и управления, которые

позволяют человеку следить и воздействовать на процесс в реальном времени.

В процессе выполнения этой лабораторной работы вы будете использовать мнемосхему, разработанную в MasterSCADA.

Для запуска мнемосхемы ПИД-регулятора необходимо на рабочем столе активировать ярлык «ПИД-регулятор». В процессе загрузки ввести «Имя: ХХ» и «Пароль: 1» оператора.

## Вид мнемосхемы



Рисунок 7.14 Вид мнемосхемы

В мнемосхему входят блоки наблюдения и управления.

К блокам наблюдения относятся:

*График переходных процессов* – отображает уставку - линия желтого цвета и текущую температуру – линия красного цвета, о чем свидетельствуют перья расположенные в нижнем поле графика. Также в поле каждого пера отображается цифровое значение уровней.

*Индикатор состояния «U»* – отображает выходную мощность ПИД-регулятора, т.е. уровень открытия или закрытия тиристора, значение индикатора отображается в процентах.

*Индикатор Компаратора* – расположенный в блоке *компаратора*, сигнализирует красным цветом о его включении.

*Тренд* – для того чтобы пронаблюдать и проанализировать все изменения в управлении температурой в совокупности.

К блокам управления относятся:

*Блок Старт/Стоп* – Кнопка Старт/Стоп запускает и останавливает процесс ПИД регулирования регулятора ТРМ101.

*Секундомер*, расположенный в этом блоке, отсчитывает время фиксации кнопки Старт/Стоп, т.е. время от начала ПИД регулирования до его остановки.

*Блок задания уставки*\_\_– В поле «Уставка» вводится значение уставки ПИД-регулятора.

*В поле «Скорость выхода на уставку»* устанавливается значение, которое обеспечивает первоначальную величину перерегулирования.

*Блок компаратора*\_\_– В поле компаратор вводится порог срабатывания, т.е. значение выхода за уставку, при котором произойдет включение компаратора.

*В поле «Гистерезис»* вводится значения гистерезиса переключения компаратора.

*Блок «Возмущающее воздействие»*\_\_– В этом блоке расположена кнопка Включения/Выключения внешних случайных возмущающих воздействий, в качестве которых выступает компаратор.

*Блок «ПИД»* – Устанавливает значения *Пропорциональности*, постоянную времени *Интегрирования* и постоянную времени *Дифференцирования*.



### **3.1 Рабочий режим**

После активации мнемосхемы «ПИД регулятор», система автоматически переходит в режим ожидания, т.е ПИД регулятор отключен, *для достоверного прехода в режим ожидания необходимо включить и выключить ПИД регулятор.* Независимо от режима, в котором находится ПИД регулятор можно устанавливать необходимые значения любого из блоков управления, которые вступят в действие с задержкой 0,5 с.

Для начального изучения и освоения блоков управления ПИД регулирования необходимо установить значение компаратора больше 5, скорость выхода на уставку и гистерезис равным 0.

Для корректного наблюдения поведения системы желательно изменять значения блоков управления в режиме ожидания и выводить систему из установившегося режима путем отключения ПИД регулятора, установки значения компаратора и уставки 0. Включив ПИД-регулятор в таком режиме, компаратор включит вентилятор, который быстро понизит температуру объекта исследования. После чего необходимо выключить ПИД регулятор и задать новые значения.

### **4 Индивидуальное задание**

Изучив выше изложенный материал и опираясь на пункт 3.1, выполните следующие задания:

1. Приведите систему в режим ожидания.
2. Задать значение компаратора 5-10 и значение гистерезиса 0.
3. Включить режим исполнения, оценить состояние системы по графику переходных процессов.
4. Выведите систему из установленного режима.
5. Настройте ПИД-регулятор, используя алгоритм, описанный в 1-й лабораторной работе.

6. Проверьте систему на стабильность:

а) Не меняя коэффициентов ПИД, выведите систему из установившегося режима не менее 3-х раз. В случае неустойчивости повторите пункты 4-6.

б) Зафиксируйте время переходного процесса  $t$ .

в) Зафиксируйте максимальную величину перерегулирования (первого выбега)  $X_{max}$  и остаточное рассогласование  $E_i$ .

7. Используя график переходных процессов, проанализируйте поведение системы. Сделайте теоретическое заключение о поведении системы.

Таблица результатов.

$T_{уст}$	П	И	Д	$t$	$X_{max}$	$E_i$
<b>Заключение:</b>						

8. Вывод по изученному материалу:

### 7.5.5 Лабораторная работа №3

#### *1 Изучение внешних воздействий*

Целью данной лабораторной работы является изучение методов, с помощью которых можно повысить стабильность ПИД регулирования при внешних воздействиях.

#### *1.1 Введение*

Инженерам АСУ ТП при проектировании и формировании управляющих воздействий почти во всех случаях приходится учитывать внешние воздействия на предмет управления. При разных внешних воздействиях, постоянных или случайных, необходимо настраивать систему управления, учитывая эти важные факторы. Правильно

адаптированная система регулирования к внешним воздействиям является залогом устойчивости и является энергетически сберегающей по отношению к АСУ ТП в целом.

## 2 Методы стабилизации

В этой лабораторной работе вам будет предложено несколько наиболее распространенных способов, которые используются для стабилизации системы ПИД регулирования, к внешним воздействиям.

Как говорилось выше, одним из важнейших условий стабильности, является правильность настройки компонентов ПИД регулирования. Но при частых и постоянных внешних воздействиях этого, как правило, бывает недостаточно.

В данной лабораторной будут предложены два метода повышения стабильности и устойчивости системы:

### 1. Увеличение скорости выхода на уставку ( $vSP$ ).

При использовании скорости выхода на уставку, приближение происходит графику Рис. 7.15 со скоростью, задаваемой параметре  $vSP$ , размерностью  $^{\circ}C/мин$ . Значение  $vSP$  обеспечивает величину перерегулирования (первый выбег) не более  $dY_x$ . При использовании скорости выхода на уставку возрастает время выхода на рабочий режим.

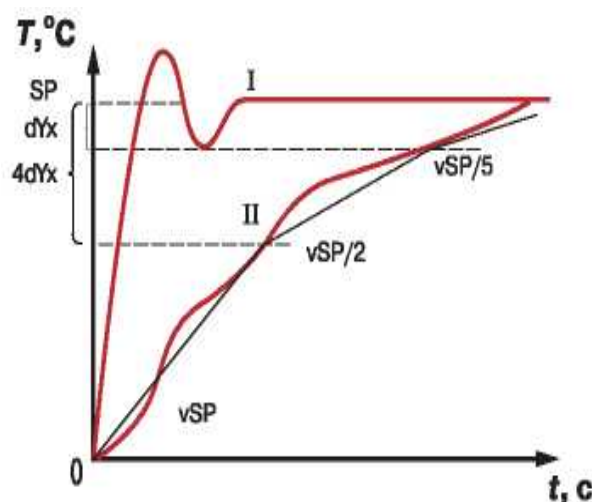


Рисунок 7.15 – График переходных характеристик с использованием  $vSP$

Поэтому если задержка приводит к неудовлетворительным результатам, нужно увеличить  $vSP$ . При  $vSP = 0$  ограничение скорости выхода на уставку отсутствует.

## 2. Гистерезис переключения компаратора( $\Gamma$ ).

Гистерезис (от греч. hysteresis — отставание, запаздывание), явление, которое состоит в том, что физическая величина, характеризующая состояние тела (например, намагниченность или температуру), неоднозначно зависит от физической величины, характеризующей внешние условия (например, магнитного поля или понижения температуры).  $\Gamma$  наблюдается в тех случаях, когда состояние тела в данный момент времени определяется внешними условиями не только в тот же, но и в предшествующие моменты времени. Неоднозначная зависимость величин наблюдается в любых процессах, т.к. для изменения состояния тела всегда требуется определённое время (время релаксации) и реакция тела отстаёт от вызывающих её причин. Такое отставание тем меньше, чем медленнее изменяются внешние условия. Однако для некоторых процессов отставание при замедлении изменения внешних условий не уменьшается. В этих случаях неоднозначную зависимость величин называется гистерезисной, а само явление — Гистерезис.

Одним из самых важных анализаторов работы ПИД-регулятора является *значение выходной мощности ПИД-регулятора*. Как известно, выходной сигнал ПИД-регулятора зависит от действия трех составляющих: пропорциональной, дифференциальной и интегральной. Сума этих коэффициентов и формирует выходной сигнал ПИД-регулятора.

## ***3 Задание внешних возмущающих воздействий***

Для включения постоянного возмущения, необходимо в режиме работы ПИД-регулятора, установить значение компаратора 0, при этом вентилятор будет постоянно включен.

Для включения случайных возмущений, необходимо в режиме работы ПИД-регулятора, установить значение компаратора 0 и включить кнопку расположенную в блоке «Возмущающее воздействие».

#### **4 Индивидуальное задание**

1. Активируйте мнемосхему «ПИД-регулятор».
2. Установите, используя коэффициенты полученные в 3-й лабораторной работе, систему ПИД-регулирования в стабильное состояние.

3. Используя теоретический материал пункта 4.1, проследите принцип работы Гистерезиса, доводя систему до включения компаратора.

Выведите формулу расчета значения температуры отключения компаратора, при использовании Гистерезиса.

$$T_{\text{отк}} =$$

4. Приведите систему в устойчивое состояние при случайных внешних воздействиях, используя значение скорости выхода на уставку  $v_{SP}$ . Проанализируйте работу выходной мощности ПИД-регулятора, определите оставшийся потенциал мощности  $U$ .

Заполните таблицу:

T	v	I	I	D	U	X	E
уст	SP					min	i
Заключение:							

5. Приведите систему в устойчивое состояние при постоянных внешних воздействиях. Если  $E_i$  постоянна, укажите знак.

Заполните таблицу:

уст	$v$ SP	$I$	$I$	$D$	$U$	$X$ $min$	$E$ $i$
Заключение:							

6. Провести зависимость между выходной мощностью ПИД регулятора  $U$  и а) скоростью выхода на уставку  $vSP$ .

б) случайным возмущающим воздействием.

в) теплопроводностью предмета исследования.

Какой из 3-х вариантов является наиболее энергопотребительным для работы ПИД-регулятора.

7) Вывод по проделанной работе.

## 8 Пошаговое руководство по изучению MasterSCADA.

MasterSCADA - является одним из современных SCADA-и SoftLogic-пакетов, это принципиально новый инструмент разработки АСУТП, в котором реализована совокупность средств и методов, обеспечивающих резкое сокращение трудозатрат и повышение надежности создаваемой системы.

Основные преимущества пакета - это:

- Раздельное конфигурирование структуры АСУТП и логической структуры объекта;
- Открытость и следование стандартам;
- Интуитивная легкость освоения;
- Удобство методики разработки;
- Мощная трехмерная графика и мультимедиа.

Разберем кратко эти преимущества:

Раздельное конфигурирование структуры АСУТП и логической структуры объекта дает возможность:

- разрабатывать эти структуры параллельно
- независимо работать специалистам различных профилей
- решить проблему перехода от одной технической структуры системы к другой

Открытость и следование стандартам обеспечивает:

- взаимодействие с другими программами с помощью современных технологий (OPC, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB, ODBC и др.)

- использование документов любого типа и обмен данными с ними
- неограниченное расширение функциональности MasterSCADA продуктами сторонних разработчиков связь с АСУ производством

- открытые интерфейсы для создания пользователем любых базовых элементов

- интуитивная легкость освоения.
- удобство инструментария
- простой и понятный русскоязычный интерфейс
- реализация большинства действий пользователя методом «перетаски и брось»

- подробный справочный материал
- наличие учебного проекта
- запоминание всех индивидуальных настроек
- контекстная справка
- всплывающие подсказки
- разбиение библиотек на определяемые пользователем категории
- контроль допустимости вводимой информации

*Удобство методики разработки*

- нераздельное единство SCADA- и SoftLogic-системы
- соответствие проекта логике восприятия системы и объекта разработчиком

- возможность разработки проекта в удобном порядке
- возможность полной отладки проекта без связи с объектом
- возможность полной отладки распределенной системы на одном компьютере

- отсутствие необходимости настройки сети или выделения отдельного сервера для запуска распределенной системы

- возможность многократного использования любой ранее созданной части системы

- возможность использования пакета в качестве инструмента моделирования, создания тренажеров и демоверсий

#### *Мощная трехмерная графика и мультимедиа*

- библиотека объемных элементов со встроенным индикатором уровня заполнения

- стереометрические правильные врезки одних элементов в другие на основании соотношения их диаметров и углов наклона

- объемный трубопровод произвольной сложности

- импорт изображений в любых графических форматах

- встроенный инструментальный создания мультипликации

- динамизация любых свойств любых ActiveX-объектов без программирования

- имитационный режим для проверки настроек анимации

Объект в MasterSCADA – это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту (цеху, участку, аппарату, насосу, задвижке, датчику и т.п.). С другой стороны, это и традиционный с точки зрения ООП объект, обладающий классической триадой: инкапсуляцией, наследованием, полиморфизмом.

Проект в MasterSCADA состоит из двух объектных иерархий, отражающих двуединую суть АСУТП: дерева технических средств



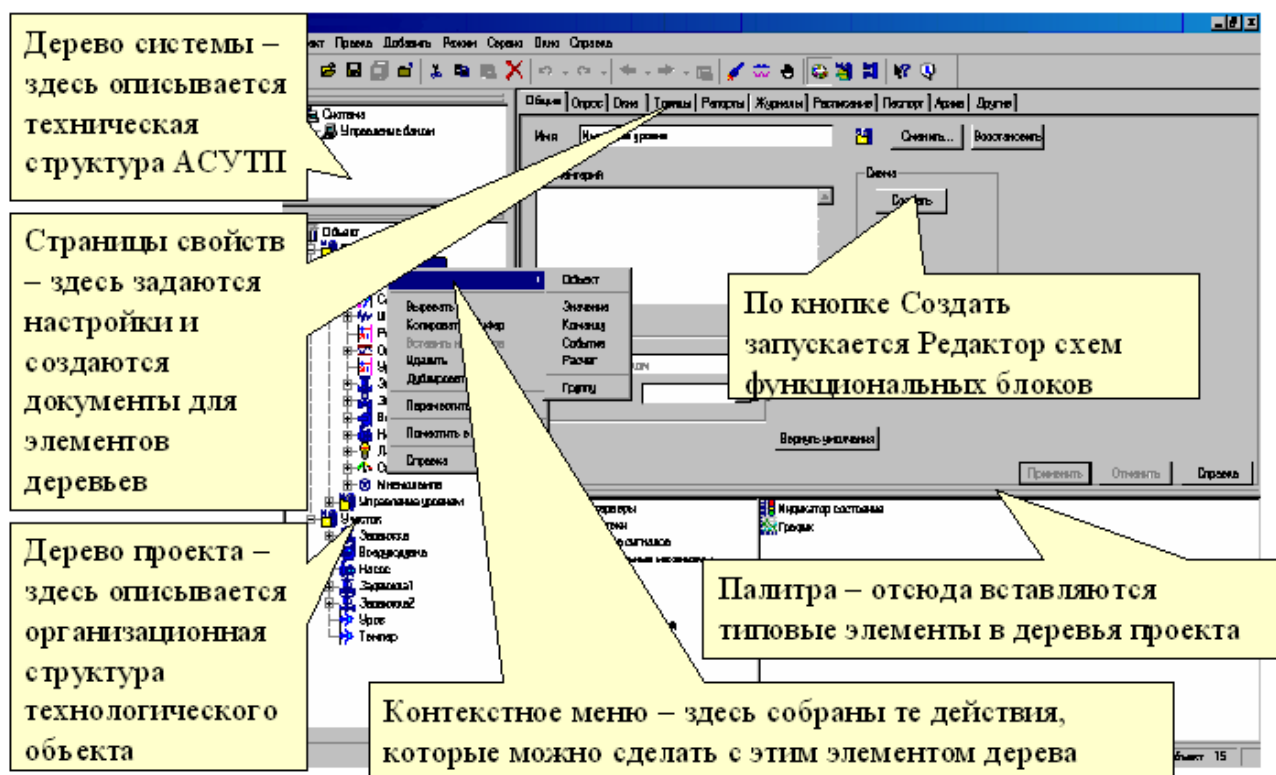
системы управления (система – компьютер-контроллер - модуль ввода сигналов - отдельный сигнал) и дерева организационной подчиненности объекта (завод – цех – участок – технологический аппарат – исполнительный механизм или датчик). Создание АСУТП в пакете представляет собой создание этих иерархий, настройку свойств и создание документов каждого их элемента. В отличие от MasterSCADA в традиционных продуктах того же назначения преобладает подход, при котором проект – это совокупность функциональных модулей, для каждого из которых указан список его применений и настроек в приложении к той или иной технологической задаче. Если в MasterSCADA логичной методикой разработки является настройка всех свойств и документов каждого отдельного объекта созданной объектной иерархии с дальнейшей при необходимости его типизацией и тиражированием, формированием библиотек технологических объектов, то для традиционных SCADA-пакетов характерен порядок разработки, при котором сначала производится реализация одной функции для всех технологических объектов, а затем другой.

Произведенный в MasterSCADA методологический переворот привел к повышению на порядок производительности труда проектировщиков АСУТП, что уже подтвердилось при реализации ряда проектов из различных отраслей промышленности.

### **Практическое занятие по MasterSCADA**

Эта лабораторная работа предназначена для тех, кто еще не знаком с программой или имеет о ней поверхностное представление. Шаг за шагом мы рассмотрим порядок создания проекта. Чтобы было понятно, о чем идет речь, запустите MasterSCADA и выполняйте те действия, о которых рассказывает данная работа.

## Инструментальная среда MasterSCADA



Встроенные окна (дерево системы, дерево объекта, палитра) могут быть «приклеены» к любой стороне общей рамки программы или помещены в отдельное окна. Перетаскивайте окна за двойную черту на их рамке и изменяйте их размер перетаскиванием рамки.

MasterSCADA позволяет разрабатывать программы контроллеров так же просто, как и схемы обработки данных, функционирующие на операторских станциях. С точки зрения инструментария разработки это одно и то же. Где выполняется схема – в контроллере или на компьютере, вы можете решить уже после ее создания. Но, если у вас контроллер с другой системой программирования, то главное, что для него есть специальная программа для связи со SCADA-системами – OPC сервер.

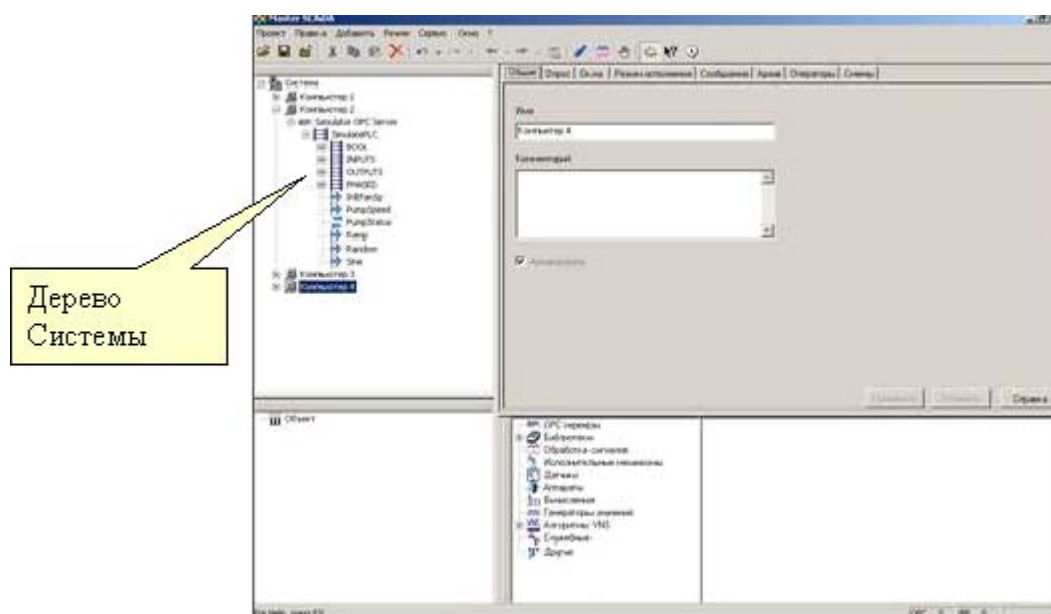
MasterSCADA взаимодействует со всеми «чужими» контроллерами с помощью стандартных OPC серверов любых производителей.

### Описание системы управления

Система состоит из Компьютеров, к Компьютерам подключены через коммуникационные порты Контроллеры или напрямую OPC серверы.

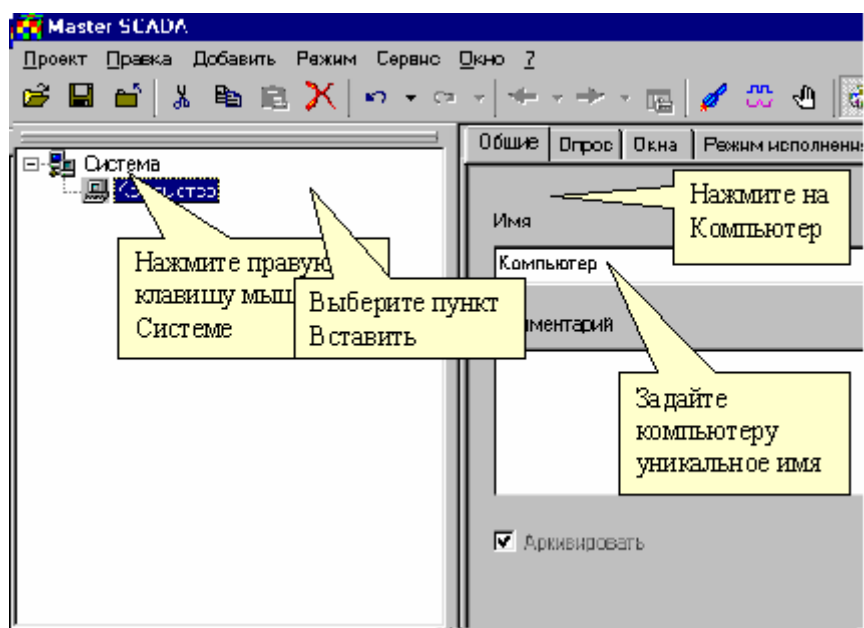
Конфигурации Контроллеров состоят из модулей ввода-вывода, имеющих входы-выходы.

Конфигурации OPC серверов состоят из контроллеров, групп переменных и переменных.



В Систему нужно вставить столько Компьютеров, сколько вы предполагаете использовать.

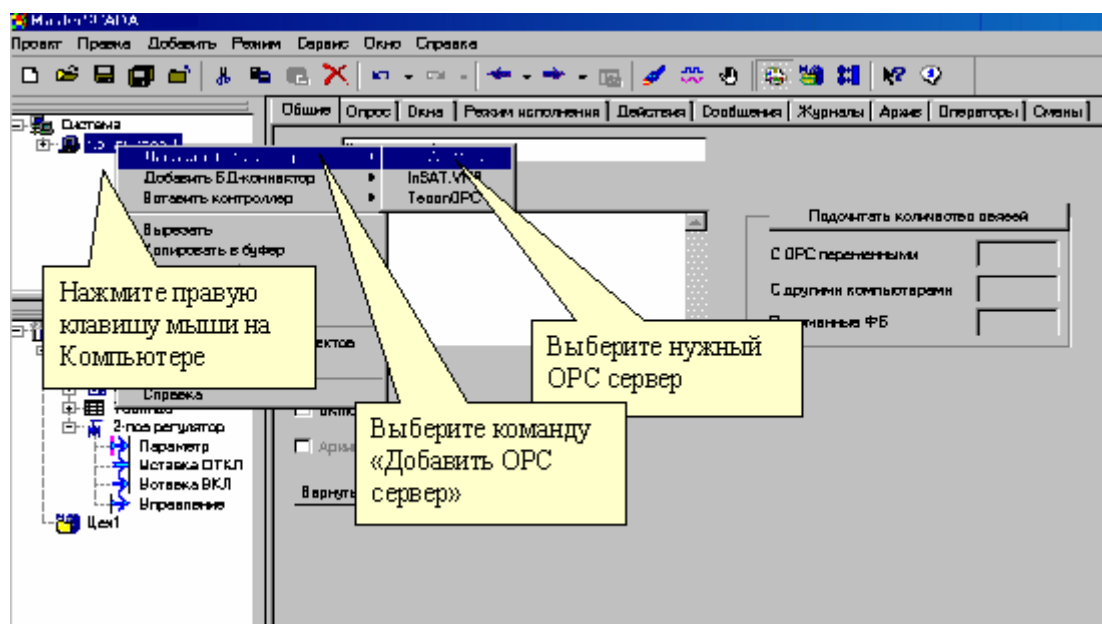
### Вставка компьютера



После вставки Компьютера задайте его имя и признак использования резерва. Нет необходимости, чтобы это имя совпадало с именами компьютеров в сети, поэтому можно переносить проект с одной сети на другую без перенастройки.

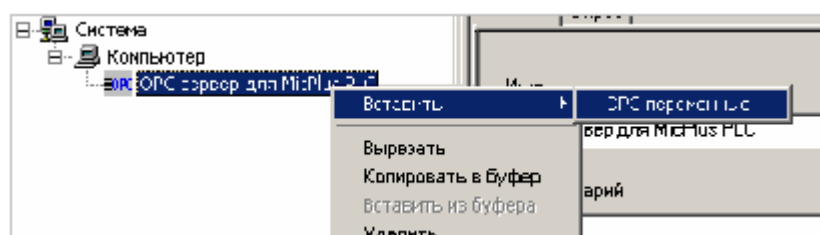
при первом старте режима исполнения нужно просто выбрать имя того компьютера системы, конфигурация которого должна исполняться на данном физическом компьютере, а также работает он основным или резервным при использования резерва.





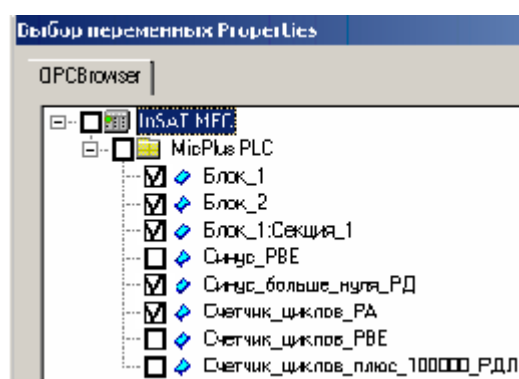
### Вставка OPC переменных

Вставка также производится с помощью контекстного меню.

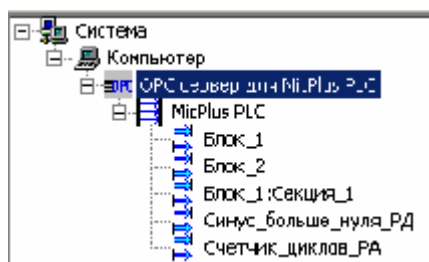


После чего откроется диалог со списком контроллеров и переменных, которые вы настроили в OPC сервере.

Осталось отметить флажками те переменные или группы переменных, которые вы будете использовать в проекте.



Нажмите кнопку «ОК» и они немедленно появятся в дереве Системы.



Если вам нужны **все** переменные контроллера, отметьте флажком имя контроллера. Если же вам нужны все переменные, настроенные в OPC сервере, проще использовать команду контекстного меню «Вставить все».

## Вставка Объектов

Объект – центральное понятие MasterSCADA. Он максимально соответствует описываемому предмету. Объект сам может состоять из ваших собственных или типовых объектов: технологических аппаратов, насосов, задвижек, датчиков.

Новые Объекты также вставляются через контекстное меню.



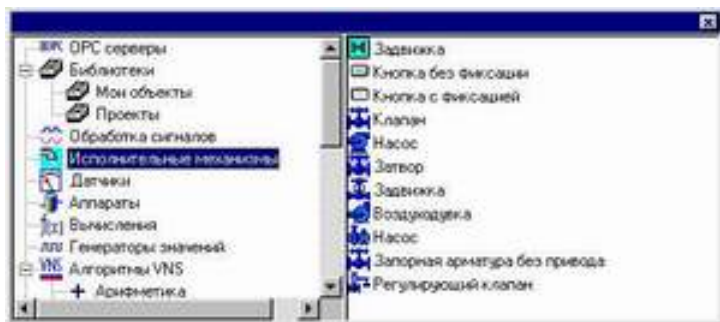
После вставки задайте объекту имя.

Типовые объекты вставляются из библиотек (палитры элементов).

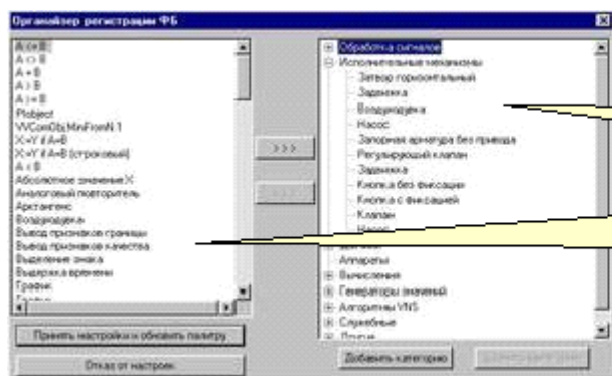
В результате получается иерархия (дерево) объектов. Так как для типовых объектов вы будете активно использовать тиражирование, не создавайте сразу все дерево из пустых объектов.

Палитра – это хранилище типовых и разработанных вами объектов. При получении новой библиотеки типовых объектов (функциональных блоков - ФБ) нужно выполнить команду меню «Сервис → Обновить

палитру». Объекты перетаскиваются из палитры в дерево проекта с помощью мыши.



Можно самому выбрать, в каких категориях будут находиться типовые объекты. Для этого нужно выполнить команду «Сервис → Органайзер регистрации ФБ».

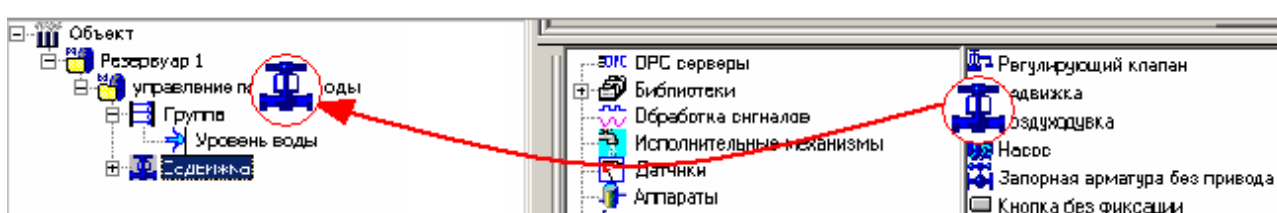


Категории палитры. Создайте новые и поместите в них объекты

Список всех зарегистрированных в компьютере функциональных блоков

Палитра может быть «приклеена» к любой стороне рамки окна программы или помещена в отдельное окно любого размера.

Чтобы вставить типовой объект - сохраненный в библиотеке объект или Функциональный блок (ФБ), щелкните по его иконке в палитре элементов, переместите его в дерево объектов (кнопку мыши не нужно держать нажатой) и щелкните в нужном месте в дереве объектов. Левый верхний угол иконки должен показывать на тот объект, куда производится вставка.



Настройка входов и выходов ФБ и их связи производятся так же, как и для Входов и Выходов объектов. Порядок расположения элементов в дереве



имеет важное значение – все объекты и ФБ обрабатываются циклически сверху вниз в соответствии с дисциплиной опроса их входов (обычно по их изменению с учетом мертвой зоны), включая вложенные объекты и ФБ. После вставки ФБ можно переименовать. Входы и выходы ФБ имеют фиксированные имена, которые изменять нельзя.

## **9 Методические указания к выполнению индивидуальной работы**

Цель –закрепление теоретических знаний и формирование практических навыков работы в современных системах диспетчерского управления и сбора данных, а также приобретение навыков работы с информационно-справочным материалом.

Максимальный рейтинг – 30б. Срок сдачи – за неделю до зачетной недели.

Типовое задание предполагает выполнение этапов:

1. Изучение выбранного технологического процесса;
2. Разработка структурной схемы и алгоритма функционирования АСУТП выбранного производства;
3. Анализ рынка компонентов АСУТП, выбор датчиков и контроллеров для АСУТП;
4. Реализация в автоматизированного рабочего места оператора;
5. Заключительный – анализ проведенной работы, оформление отчета.

### **Содержание работ по каждому этапу:**

#### ***1. Изучение выбранного технологического процесса.***

Включает в себя поиск информации по выбранному технологическому процессу.

Поиск производится по названию технологического процесса в любой поисковой системе в интернете или по тематическому каталогу в библиотеке.

В заключении данного этапа необходимо заполнить в отчете:

- Назначение технологического процесса (ТП);

- Описать входы и выходы ТП, связь с другими производствами;
- Привести структуру ТП с указанием основных технологических потоков и циклов;
- Алгоритм функционирования технологического процесса:
- все количественные параметры должны быть определены в цифрах с размерностью. (Пример: объем резервуара 100м<sup>3</sup>, максимальный расход в трубе 100м<sup>3</sup>/час, диаметр трубы 100мм и т.д.)
- обязательно наличие логических цепочек (Пример: Если давление в трубе больше максимально-допустимого(100МПа), то открывается задвижка №4.)

## ***2. Разработка структурной схемы и алгоритма функционирования АСУТП выбранного производства:***

На данном этапе необходимо:

- Расставить на технологической схеме точки сбора информации и управления механизмами:
  - должно быть не менее 15 типов датчиков и пяти устройств управления;
  - для каждой точки необходимо указать в таблице: имя, описание, место сбора(управления), единицы измерения, рабочий диапазон физической величины, а также пороги сигнализации (LL,L,N,HH), если они нужны по алгоритму.
- Разработать алгоритм контроля и управления ТП оператором верхнего уровня на основе расставленных датчиков и исполнительных механизмов:
  - Должно быть не менее десяти логических параметров. (Примеры логических параметров: если ток больше заданного – то выключить насос, если резервуар полный, то закрыть задвижку №2)

- Должно быть не менее десяти расчетных параметров, сформированных на базе измерительных параметров (Примеры расчетных параметров: мощность потребляемая при работе задвижки, разность давлений до и после задвижки и т.д.)

- Необходимо предусмотреть не менее пяти аварийных ситуаций (тревоги и события) и алгоритмы их устранения (Разрыв трубопровода – выключить насос №4 и подать звуковой сигнал)

### ***3. Анализ рынка компонентов АСУТП, выбор датчиков и контроллеров для АСУТП;***

Для каждого датчика, используемого в проекте, необходимо указать:

- Тип прибора: наименование, группа, изготовитель, цена на рынке;
- Выполняемые им задачи по реализации функций для работы АСУТП;
- Входные (физические) характеристики прибора: максимальный диапазон, точность преобразования, тип выхода, потребляемая мощность.

В заключении для каждого параметра необходимо заполнить таблицу:

- Тэг
- Код функции
- Описание параметра
- Место сбора/управления
- Единицы измерения физ.вещины
- Раб диапазон физ величины
- Сигнализация (LoLo,Lo,Hi,HiHi)
- Тип датчика
- Единицы измерения датчика
- диапазон измерения датчика
- Единицы выходной величины датчика
- Диапазон выходной величины датчика
- Тип контроллера

- Тип входа/выхода
- Номер входа/выхода

#### ***4. Реализация в автоматизированного рабочего места оператора;***

На данном этапе необходимо разработать мнемосхемы контроля/управления ТП в любом графическом редакторе:

- мнемосхема должна соответствовать схеме ТП
- обратить внимание на формат окна и цвета объектов мнемосхемы
- для динамических и двухпозиционных объектов необходимо описать динамику их изменения.
- Описать состав и функции подсистем анализа, тревог, безопасности для Вашего АРМ

#### ***5. Заключительный – анализ проведенной работы, оформление отчета.***

На данном этапе проводится анализ проделанной работы и полученных результатов(заключение), а также оформление отчета.

В заключении необходимо привести:- ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной системы на производстве, - нереализованные аспекты, пути дальнейшей доработки системы и т.д.

В отчете должны быть представлены все вышеперечисленные требования к этапам выполнения работы, информация описательного характера не должна превышать 30% от всего отчета. Работа студента оценивается по качеству и полноте проведенного им анализа поставленных задач. Особое внимание стоит уделить составлению списка литературы, которая использовалась при выполнении. По полноте, точности и качеству представленного списка, также производится оценивание глубины проделанной студентом работы. В списке литературы необходимо приводить только ссылки на страницы серверов интернет (ссылка на весь

сервер не учитывается), ссылки на журналы и книги только с указанием страниц.

### **9.1 Контрольная работа №1**

1. Выделите причины внедрения АСУТП. Определение технологического процесса
2. Проблемы производств, решаемые с помощью АСУТП
3. АСУ, АСУП, АСУПП, АСУТП - определения и отличия
4. Экономическая эффективность АСУТП выражается.....
5. Укажите три типа информации, порождаемые на технологическом уровне производства
6. Цель управления и управляющие функции в АСУТП. Виды управления в АСУТП
7. Цель контроля и информационные функции АСУТП
8. АСУТП- определение, функции, структура
9. Выделите три уровня АСУТП – для каждого назначение, функции, решаемые задачи, организация связи с соседними уровнями.
10. Место человека в АСУТП
11. SCADA-системы – определение. Особенности SCADA как процесса управления
12. Основные задачи, решаемые на верхнем уровне АСУТП
13. Требования к системам верхнего уровня(расписать подробно)
14. Технические средства верхнего уровня(назначение и характеристики)
15. Отличительные черты промышленных систем автоматизации от офисных компьютерных систем
16. Датчик в АСУТП- определение. «Идеальный» датчик.
17. Классификация датчиков по типу связи с вышестоящим уровнем в системе автоматизации.

18. Сравнить типы датчиков «Интеллектуальный» и «пассивный»
19. Преимущество выхода датчика 4-20мА перед 0-5мА и перед 0-5В.
20. Схема подключения двухпроводного датчика с токовым выходом 4-20мА к аналоговому входу контроллера 0-5В.

## **9.2 Контрольная работа №2**

1. Основное назначение среднего уровня АСУТП (можно обойтись без него?)
2. Основные задачи контроллера(разделить на группы и дать пояснения)
3. Выделите три класса интерфейсов связи контроллеров в АСУТП – примеры, назначение, функции
4. История развития - Релейные контроллеры. Предпосылки появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки
5. История развития – Устройства связи с объектом (УСО). Предпосылки появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки
6. История развития - Программируемые логические контроллеры(ПЛК). Предпосылки появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки
7. История развития - Специализированные логические контроллеры (СЛК). Предпосылки появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки
8. История развития - Модульные ПЛК в одном конструктиве (РС-совместимые контроллеры). Предпосылки появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки.
9. История развития - Модульные ПЛК объединенные промышленной шиной (распределенный ввод-вывод). Предпосылки

появления, функции и задачи, структура АСУТП с данными контроллерами. Недостатки.

10. Сравнительный анализ ПЛК и СЛК контроллеров.
11. Сравнительный анализ ПЛК и Релейных контроллеров.
12. Сравнительный анализ СЛК и Релейных контроллеров.
13. Сравнительный анализ Модульные ПЛК в одном конструктиве и Модульные ПЛК объединенные промышленной шиной
14. Сравнительный анализ Модульных ПЛК и Релейных контроллеров
15. Сравнительный анализ УСО и Релейных контроллеров
16. Требования к контролерам со стороны системных свойств:
17. Требования к контролерам со стороны надежности.
18. Резервирование – назначение, способы
19. Требования к промышленным контролерам со стороны разработчика
20. Требования к промышленным контролерам со стороны обслуживающего персонала.

### **9.3 Контрольная работа №3**

1. Функциональные возможности SCADA-систем
2. Критерии оценивания стоимости инструментальных систем
3. Предпосылки появления OPC. Цель OPC.
4. Принцип OPC взаимодействия. Что не может OPC
5. Что понимается под надежностью SCADA-систем.
6. Методы повышения надежности систем SCADA(подробно о каждом)
7. Графическая среда разработки и запуска приложения. Структура типовой экранной формы АРМ. Зарезервированные цвета отображения динамических объектов на мнемосхеме. Структура типовой ячейки отображения технологического параметра в АРМ.



8. Подсистема архивов (TrendWorX32)-функции и инструментарий

9. Подсистема аварий (AlarmWorX32): Отличие тревоги от события. Аналоговые и дискретные тревоги. Назначение столбцов журнала тревог: “Квитирование”, “Время появления”, “Последнее время”, “Имя тега”, “Состояние”.

10. Встроенные языки программирования в SCADA-системах

11. Подсистема защиты

12. Тренд –это ..... Открытость означает

13. Назначение и цели Предварительного обследования при автоматизации предприятий

14. Приведите специфические отличия распределенной АСУТП

15. Преимущества децентрализованных АСУТП перед централизованными АСУТП

16. Как Вы понимаете данную задачу производства и способы ее решения с помощью внедрения АСУТП: «Повышение эффективности использования персонала и обеспечение более комфортных условий его труда»

17. Как Вы понимаете данную задачу производства и способы ее решения с помощью внедрения АСУТП: «Достижение максимального КПД производства»

18. Как Вы понимаете данную задачу производства и способы ее решения с помощью внедрения АСУТП: «Снижение трудовых и экономических затрат на обслуживание технологического процесса»

19. Как Вы понимаете данную задачу производства и способы ее решения с помощью внедрения АСУТП: «Обеспечение надежного функционирования производства - предотвращение аварий и нештатных ситуаций»

20. Выделите и обоснуйте проблемы современных АСУТП распределенных производств

## 10 Список литературы

1. Благовещенский В. С., Прищепа Л. С. Элементы и подсистемы АСУТП /Под ред. В.П.Обрусника; ТИАСУР. - Томск: ТГУ, 1987. - 192 с.
2. Методы и алгоритмы автоматизации технологических процессов /Под ред. В.П.Тарасенко; НИИ АЭМ при ТАСУР.Томский филиал рос.инженер. акад. - Томск: ТГУ, 1995. - 250 с.: ил.
3. Прищепа Л. С. Компьютерные средства в системах автоматизации и управления. Кн.3. Локальная вычислительная система автоматизации.Программное оснащение.Сопряжение с объектом /Под ред. В.А.Бейнаровича; ТАСУР. - Томск: Изд-во Томск.ун-та, 1997. - 115 с.: ил.
4. Автоматическое и автоматизированное управление сложными системами /Под ред. В.П.Тарасенко; НИИАЭМ при ТУСУР.Томский филиал Рос.инж.академии. - Томск: ТГУ, 1998. - 236 с.
5. Рождественский Д.А. Автоматизация проектирования систем и средств управления. Учебное пособие - Томск: ТМЦДО, 2004. – в трех частях (370 стр.)
6. Микропроцессорные устройства в системах управления : учеб. метод. пособие / Д. А. Рождественский. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – 177 с.
7. Рождественский Д.А. Микропроцессорные устройства в системах управления. Учебное пособие - Томск: ТМЦДО, 2003. - 130 с.
8. Методическое руководство на групповое проектное обучение по темам «Разработка микропроцессорных устройств» и «комплексная разработка АСУТП» : учеб. метод. пособие / Д. А. Рождественский. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. – 134 с.
9. Красносельский Н. И., Воронцов,Ю. А., Аппак М. А. Автоматизированные системы управления в связи. - М.: Радио и связь, 1988. - 271 с.: ил
10. Дейл Роджерсон, Основы СОМ/Пер.с англ – 2-е изд., испр.и доп.– М.:Издательско-торговый дом «Русская Редакция». – 2000.400стр.: ил.;
11. Журналы «Современные компьютерные технологии» за 1997-2007г.подписной индекс 72419 по каталогу «Роспечати».Web: <http://www.cta.ru>
12. Журналы « Мир компьютерной автоматизации» за 1997-2007г.Web: <http://mka.org.ru>
13. Web-ресурсы:

- 13.1. Сервер «Промышленная автоматизация в России»  
<http://www.industrialauto.ru/>
- 13.2. Сервера: <http://www.scada.ru/>,  
<http://www.asutp.interface.ru>, <http://www.prosoft.ru/>,  
<http://www.wws.donin.com/>, <http://www.nautsilus.ru/>, <http://southdomain.com/scadas/>, <http://asutp.by.r/>, <http://promasu.50megs.com/>,  
<http://groups.yahoo.com/group/asutp>.