

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

**ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для студентов заочной формы обучения

Казань 2012

УДК 681.5
ББК 32.965
И73

И73 Интегрированные системы проектирования и управления:
Программа и методические указания для студентов заочной формы
обучения / Сост.: А.Н. Богданов, А.К. Гильфанов. – Казань: Казан.
гос. энерг. ун-т, 2012. – 52 с.

Приведены общие рекомендации по работе над дисциплиной,
программа дисциплины, методические указания по изучению
дисциплины «Интегрированные системы проектирования и
управления».

Предназначены для студентов заочной формы обучения,
обучающихся по направлению 220700.62 «Автоматизация
технологических процессов и производств».

УДК 681.5
ББК 32.965

ПРЕДИСЛОВИЕ

Существенное значение дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления (ИСПУ)» в формировании современного специалиста по направлению 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» обусловлено тем, что эффективность автоматического управления во многом определяется корректностью разработки человеко-машинного интерфейса, выбора и настройки программного обеспечения системы управления.

Цель изучения дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления» заключается в формировании знаний по основам программного обеспечения систем управления и умений по работе с выбранной SCADA-системой.

Обучающийся в результате освоения дисциплины должен обладать следующими компетенциями:

способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-6);

способностью выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств (ПК-19);

способностью настраивать управляющие средства и комплексы и осуществлять их регламентное эксплуатационное обслуживание с использованием соответствующих инструментальных средств (ПК-29);

способностью разрабатывать инструкции по эксплуатации используемого технического оборудования и программного обеспечения для обслуживающего персонала (ПК-32);

способностью разрабатывать информационное обеспечение систем автоматизации и управления на основе современных технологий программирования (ПК-33);

способностью использовать в разработках программно-технических комплексов современные технологии передачи данных и алгоритмы их обработки (ПК-35).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- государственные стандарты в области телемеханики ГОСТ Р МЭК;
- современное состояние и тенденции развития средств программно-технологического оснащения, автоматизации и управления отрасли;

- принципы построения программного обеспечения систем, реализующих заданные функции контроля, регулирования и управления;

- информационно-программное обеспечение цифровых регуляторов и контроллеров;

- использование контроллеров в АСУТП;

уметь:

- пользоваться методами разработки алгоритмического и программного обеспечения систем автоматизации и управления;

- пользоваться методами разработки систем автоматизации и управления при помощи интегрированных систем.

- решать практические задачи при разработке программного обеспечения систем управления.

Для изучения дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления» необходимы знания базовых дисциплин:

- **математика:** дифференциальное и интегральное исчисление; обыкновенные дифференциальные уравнения и методы их решения; основы операционного исчисления; приближенные вычисления; теория погрешностей; элементы теории вероятностей и математической статистики;

- **информатика:** структура вычислительных машин; основы алгоритмизации решения задач; языки низкого и высокого уровней;

- **электротехника и электроника:** основные законы электрических цепей, электрический ток в металлах и полупроводниках; делители и четырехполусники; электромагнитная индукция; электрические измерения; электромагниты, трансформаторы; электропривод; электрические двигатели, микродвигатели; элементы электронных устройств; усилители постоянного и переменного тока, генераторы, функциональные микросхемы;

- **безопасность жизнедеятельности:** основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере; критерии комфортности; опасности технических систем: отказ, вероятность отказа; взаимосвязь управления и безопасности;

- **экономика и управление промышленным предприятием:** экономическая эффективность внедрения средств контроля и автоматизации.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления» применяются студентами при проведении студентами научно-исследовательской работы и выполнении ВКР.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ»

Изучение студентом заочной формы обучения дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления» предусматривает следующие этапы: самостоятельное изучение разделов и тем дисциплины по учебникам и учебным пособиям с последующим самоконтролем; индивидуальные консультации (очные и письменные); выполнение лабораторного практикума; посещение лекций; выполнение контрольной работы и сдача зачета по лабораторному практикуму; сдача экзамена по дисциплине.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Начинать освоение курса целесообразно с ознакомления с содержанием по программе, затем приступить к изучению отдельных тем. Сначала рекомендуется ознакомиться с вопросами данной темы, их последовательностью, а затем приступают к изучению содержания конкретной темы. При первом чтении необходимо получить общее представление об излагаемых вопросах. При повторном чтении необходимо параллельно вести конспект, в который заносить все основные понятия и закономерности рассматриваемой темы, термины, определения, математические формулы и зависимости, графики и их выводы, сокращения.

Переходить к изучению новой темы следует только после полного изучения теоретических вопросов и ответов на вопросы самопроверки.

Для более полного получения практических навыков рекомендуется дополнительно изучать ограниченную версию SCADA-системы.

САМОПРОВЕРКА

Закончив изучение темы, ответьте на вопросы для самоконтроля, которые акцентируют внимание на наиболее важных вопросах темы. При этом старайтесь не пользоваться конспектом или учебником. Частое обращение к конспекту показывает недостаточное усвоение основных вопросов темы. Внесите коррективы в конспект, который впоследствии поможет при повторении материала в период подготовки к экзамену.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Для глубокого и основательного освоения дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления», с целью контроля качества освоения материала, студент заочной формы обучения должен выполнить одну контрольную работу. Во время установочной лекции выдается контрольная работа каждому студенту и проводится предварительная консультация.

Контрольная работа выполняется в период самостоятельной работы после изучения необходимых тем дисциплины и должна высылаться по почте или доставляться в деканат заочного обучения до очередной лабораторно-экзаменационной сессии.

КОНСУЛЬТАЦИИ

При возникновении затруднений при изучении теоретической части курса или в ответах на вопросы самоконтроля или решении задач следует обращаться за помощью преподавателю-консультанту в письменной или устной форме в университет. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, используемый учебник или справочник, выполняемое задание контрольной работы.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторный практикум необходим для более глубокого изучения курса, закрепления теоретических знаний и практических умений. Лабораторные работы выполняются по расписанию в лабораториях кафедры «Автоматизации технологических процессов и производств» (АТПП) во время лабораторно-экзаменационной сессии.

ЛЕКЦИИ

В начале изучения дисциплины проводится установочная лекция. Во время лабораторно-экзаменационной сессии студентам дается общая информация о дисциплине «Интегрированные системы проектирования и управления» и выдается каждому студенту задание для контрольной работы, литература, методические рекомендации о порядке изучения дисциплины. При этом студентам сообщается расписание консультаций преподавателя-консультанта вне лабораторно-экзаменационной сессии. Во время

следующей лабораторно-экзаменационной сессии студентам читаются лекции обзорного характера, на которых проводится обзор наиболее важных тем и разделов курса, а также рассматриваются вопросы, недостаточно полно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения у большинства студентов.

ЗАЧЕТ

Студенты сдают зачет после выполнения лабораторных работ. При сдаче зачета студент предъявляет лабораторный журнал с оформленной работой и пометкой преподавателя о выполнении работы, предусмотренной рабочим планом. Для сдачи зачета необходимо изложить цель лабораторной работы, объяснить устройство лабораторной работы и теоретические основы согласно контрольным вопросам, имеющимся в методических указаниях к лабораторной работе.

ЭКЗАМЕН

Сдача экзамена по дисциплине «Интегрированные системы проектирования и управления» студентом заочной формы обучения осуществляется во время экзаменационной сессии по расписанию. К экзамену допускаются студенты, имеющие одну зачетную контрольную работу и зачет по лабораторному практикуму.

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СД.Ф.5 «ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ» НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 220700.62 «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ» ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА КГЭУ

УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПО ДИСЦИПЛИНЕ для заочной формы обучения (5,7 г)

Семестры	Экзамены	Контрольные работы	Курсовые работы	Часы учебных занятий					Примечания
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
10	1	1	–	150	8	4	4	133	–

для заочной формы обучения в сокращенные сроки (второе высшее образование, после техникума) (3,6 г)

Семестры	Экзамены	Контрольные работы	Курсовые работы	Часы учебных занятий					Примечания
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
6	1	1	–	150	8	4	4	133	–

2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Интегрированные системы проектирования и управления (ИСПУ)» как одна из вариативных дисциплин при подготовке специалистов по направлению подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств». Использование полученных знаний при разработке программного обеспечения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), с целью повышения их эксплуатационных показателей и надежности.

РАЗДЕЛ 1. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

ТЕМА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРУКТУРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Краткая история технических средств автоматизации. Структура автоматизированных систем управления. Комплекс программно-технических средств автоматизации. *Интегрированные системы проектирования и управления производствами отрасли: основные понятия интегрированной системы, функции и структуры интегрированных систем, взаимосвязь процессов проектирования, подготовки производства и управления производством, математическое, методическое и организационное обеспечение, программно-технические средства для построения интегрированных систем проектирования и управления.*

ТЕМА 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Средства измерения технологических параметров. Классификация измерительных преобразователей по виду информационного сигнала. Исполнительные устройства. Информационные и управляющие сигналы исполнительных устройств.

ТЕМА 3. УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Регулирующие устройства. Микропроцессорные средства. Программируемые логические контроллеры (ПЛК). Устройства связи с объектом (УСО).

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

ТЕМА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

Программное обеспечение АСУ. Программирование алгоритмов управления. *SCADA-системы, их функции и использование для проектирования автоматизированных систем управления, документирования, контроля и управления сложными производствами отрасли.*

ТЕМА 5. ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Визуализация в АСУ. Мнемосхемы. Человеко-машинный интерфейс.

РАЗДЕЛ 3. SCADA-СИСТЕМЫ

ТЕМА 6. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Верхний уровень систем контроля и управления. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура, классификация и *примеры применяемых в отрасли SCADA-систем.*

РАЗДЕЛ 4. ПРИМЕР SCADA-СИСТЕМЫ

ТЕМА 7. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ TRACE MODE

SCADA-система TRACE MODE. Создание человеко-машинного интерфейса. Программирование.

3. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. Обзорная лекция по разделу «Структура автоматизированных систем управления» (2 часа).

Лекция 2. Обзорная лекция по разделу «Программное обеспечение систем автоматизации и управления» (2 часа).

Лекция 3. Обзорная лекция по разделу «SCADA-системы» (2 часа).

Лекция 4. Обзорная лекция по разделу «Пример SCADA-системы» (2 часа).

4. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Лабораторная работа 1. Разработка человеко-машинного интерфейса в SCADA-системе TRACE MODE. Графическая составляющая. (4 часа).

Лабораторная работа 2. Разработка человеко-машинного интерфейса в SCADA-системе TRACE MODE. Программирование. (4 часа).

5. ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г. Интегрированные системы проектирования и управления. Структура и состав: Учеб. пособие. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 172 с.

2. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с.

3. Казаринов Л.С., Шнайдер Д.А., Барбасова Т.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 320 с.

4. Рачков М.Ю. Технические средства автоматизации: Учебник. – 2-е изд., стереотип. – М.: МГИУ, 2007. – 185 с.
5. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 352 с.
6. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы средства измерений: учебник. – 4-е изд. – М.: Академия, 2008. – 336 с.
7. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы: учебник. – 3-е изд. – М.: МЭИ, 2007. – 460 с.
8. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с. ISBN 978-5-7695-4505-4

Дополнительная

9. Ким Д.П., Дмитриева Н.Д. Сборник задач по теории автоматического управления. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 168 с. ISBN 978-5-9221-0873-7.
10. Конюх В.Л. Основы робототехники. – Ростов н/Д.: Феникс, 2008. – 281 с.
11. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. – 3-е изд. перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 344 с.
12. Беляев Г.Б. и др. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. Для студентов вузов / Г.Б. Беляев, В.Ф. Кузищин, Н.И. Смирнов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 320 с.
13. ГОСТ Р 51330.0-99 (МЭК 60079-0-98). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.
14. Руководство пользователя TRACE MODE 6.
15. Шарков А.А. и др. Автоматическое регулирование и регуляторы / А.А. Шарков, Г.М. Притыко, Б.В. Палюх. – М.: Химия, 1990. – 288 с.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ»

Программа дисциплины состоит из введения и 4 разделов, которые разбиты на 7 тем. Ниже по каждой теме приводятся ссылки на литературу с указанием глав и параграфов или номеров страниц, в которых излагается

данная тема. Номер учебника, указанный в квадратных скобках, соответствует его номеру в списке литературы. Приводятся также вопросы для самоконтроля и перечень знаний и умений, которыми должен обладать студент после теоретического изучения учебника, проработки вопросов самоконтроля и решения задач.

ВВЕДЕНИЕ

Литература: [1], с. 4 – 170;
[3], с. 5 – 108.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение программно-технических средств автоматизации, укажите их значение для современной энергетики и производства.

2. Какова роль программных средств автоматизации в функционировании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)?

Должен знать: основные понятия программно-технических средств автоматизации; терминологию; назначение программного обеспечения автоматизации.

Должен уметь: отличать разновидности программного обеспечения, используемого в автоматизации.

РАЗДЕЛ 1. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

ТЕМА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРУКТУРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Литература: [1], с. 4-25;
[2], с. 3-156;
[5], п.п. 1.1, 1.2, 1.3, 1.5.

Современная АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) представляет собой многоуровневую человеко-машинную систему управления.

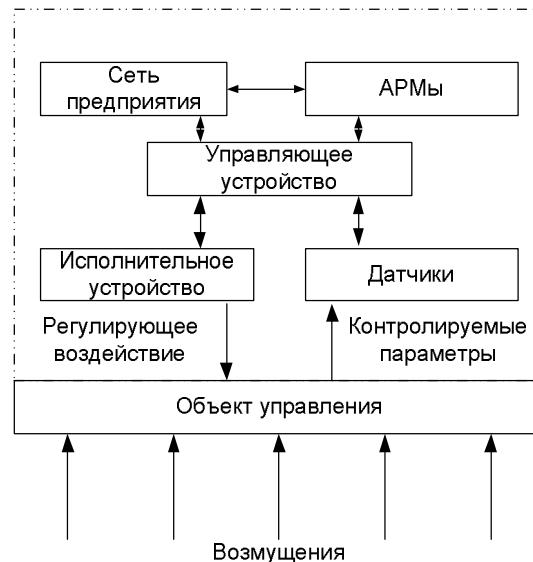


Рис. 1.1. Пример структуры АСУ.

Упрощенная структура АСУ представлена на рис. 1.1, в зависимости от производства, от целей автоматизации структура АСУ может включать подсистемы – РСУ и ПАЭ, различные дополнительные уровни и элементы. Нижний уровень – «полевое оборудование» (объект управления, датчики, исполнительные устройства); средний – управляющие устройства, преобразователи; верхний – автоматизированные рабочие места (АРМы).

Основными видами устройств в схемах автоматизации являются датчики, управляющие устройства, исполнительные устройства.

1. Датчики.

Современные датчики могут включать следующие составляющие – измерительный преобразователь (преобразует физическую величину в электрическую), преобразователь в унифицированный сигнал (опционально), индикатор (опционально), микропроцессорную составляющую (опционально).

Датчик, сенсор (от англ. sensor) – термин систем управления, первичный преобразователь, элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину в удобный для использования сигнал.

Датчики являются элементом технических систем, предназначенных для измерения, сигнализации, регулирования, управления устройствами или процессами. Датчики преобразуют контролируемую величину (давление, температура, расход, концентрация, частота, скорость, перемещение, напряжение, электрический ток и т. п.) в сигнал (электрический, оптический, пневматический), удобный для измерения, передачи, преобразования, хранения и регистрации информации о состоянии объекта измерений.

2. Управляющие устройства (УУ).

В зависимости от задачи автоматизации, УУ может быть регулятор, микроконтроллер, контроллер.

Регулятор – в теории управления устройство, которое следит за работой объекта управления как системы и вырабатывает для неё управляющие сигналы. Регуляторы следят за изменением некоторых параметров объекта управления (непосредственно, либо с помощью наблюдателей) и реагируют на эти изменения с помощью некоторых алгоритмов управления в соответствии с заданным качеством управления.

3. Исполнительные устройства.

Исполнительное устройство – в кибернетике подсистема, передающая воздействие с управляющего устройства на объект управления. Управляющим устройством может быть человек, робот, регулятор или любая другая динамическая система. Входные и выходные сигналы исполнительных устройств, а также их методы воздействия на объект управления могут иметь различную природу.

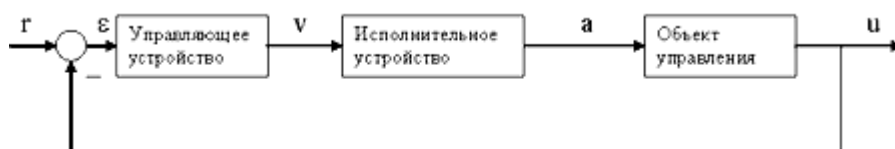


Рис. 1.2. Контур простейшей следящей системы

Исполнительное устройство в контуре простейшей следящей системы: сигнал рассогласования ε (разность задающего сигнала r и сигнала обратной связи u) с помощью управляющего устройства преобразуется в сигнал управления v , который передаётся на объект управления.

Примеры исполнительных устройств:

В технике исполнительные устройства представляют собой преобразователи, превращающие входной сигнал (электрический, оптический, механический, пневматический и др.) в выходной сигнал (обычно в движение), воздействующий на объект управления. Устройства такого типа включают: электрические двигатели, электрические, пневматические или гидравлические приводы, релейные устройства, электростатические двигатели, хватающие механизмы роботов, приводы их движущихся частей, а также многие другие.

Вопросы для самопроверки

1. Поясните состав структуры автоматизированной системы управления.
2. Какие устройства входят в структуру АСУ и каково их функциональное назначение?

Должен знать: классификацию программно-технических средств АСУ, назначение основных элементов.

Должен уметь: классифицировать основные элементы АСУ.

ТЕМА 2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Литература: [6, 7, 8, 10, 12].

Технические средства автоматизации (ТСА) предназначены для создания человеко-машинных систем, выполняющих заданные технологические операции, в которых человеку отводятся, в основном, функции контроля и управления.

ТСА по **роду используемой вспомогательной энергии** носителя сигналов классифицируются на **электрические (электронные), пневматические, гидравлические и комбинированные**. В отдельных видах ТСА могут быть использованы и другие виды энергии носителей сигналов (акустическая, оптическая, механическая и др.). Также используются устройства, работающие без использования вспомогательной энергии (приборы и регуляторы прямого действия).

Классификация средств измерений

Классификация по измеряемому параметру

- Датчики давления
- Датчики расхода
- Датчики уровня
- Датчики температуры
- Датчики концентрации
- Датчики радиоактивности (также именуются детекторами радиоактивности или излучений)
- Датчики перемещения
- Датчики положения
- Фотодатчики
- Датчики углового положения
- Датчики вибрации
- Датчики механических величин
- Датчики дуговой защиты

Классификация по принципу действия

- Оптические (фотодатчики)
- Магнитоэлектрические (На основе эффекта Холла)
- Пьезоэлектрические
- Тензопреобразователи
- Ёмкостные

- Потенциометрические
- Индуктивные
- Индукционные

Классификация по характеру выходного сигнала

- Дискретные
- Аналоговые
- Цифровые
- Импульсные

Среди стандартных сигналов наиболее удобным и популярным является токовый сигнал $4\div 20$ мА. Причины этого в следующем.

Сигналы первичных преобразователей, как правило, очень малы. Например, сигналы термопар обычно меньше 50 мВ. В промышленных условиях сильные электромагнитные помехи могут создавать паразитные сигналы, в сотни и тысячи раз превышающие полезные. Сильные токовые сигналы уровня $4\div 20$ мА работают в низкоомных цепях, которые меньше подвержены такому влиянию. Требования к величине их сопротивления могут быть снижены. При работе с токовым сигналом $4\div 20$ мА легко обнаружить обрыв линии связи – ток будет равен нулю (т.е. выходить за пределы диапазона). В то же время, обрыв в цепи с сигналом $0\div 5$ мА обнаружить нельзя, так как ток, равный нулю, считается допустимым. Для обнаружения обрыва в цепях с унифицированными сигналами напряжения ($0\div 1$ В или $0\div 10$ В) приходится применять специальные схемотехнические решения, на пример, «подтяжку» более высоким напряжением через высокоомный резистор.

Пример 2.1. Необходимо определить тип выходного сигнала с термопреобразователя серии ТСМУ Метран-274.

На сайте производителя термопреобразователя серии ТСМУ Метран-274 (<http://www.metran.ru/products/siz/dat/uvs/>) приведено следующее описание:

Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей.

Из описания следует, что выходной сигнал датчика – токовый унифицированный. В более подробном описании можно прочитать, что тип сигнала $4-20$ мА или $0-5$ мА – аналоговый сигнал.

Пример 2.2. Необходимо выбрать тип модуля ввода/вывода контроллера для подключения датчика давления серии Метран-22-АС-1, и объяснить свой выбор (AI, AO, DI, DO).

На сайте производителя датчика давления серии Метран-22-АС-1 (<http://www.metran.ru/products/siz/dad/Pressure-Transmitters/metran22/>) приведено следующее описание:

Датчики давления серии Метран-22-АС-1 предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра (абсолютного, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения, разности давлений) в унифицированный токовый сигнал в системах автоматического управления, контроля и регулирования технологических процессов на объектах атомной энергетики.

Из описания следует, что выходной сигнал датчика – аналоговый унифицированный – для контроллера необходим аналоговый входной модуль – АИ.

Исполнительные устройства. Устройство, преобразующее управляющий сигнал регулятора или контроллера в перемещение **регулирующего органа (РО)**, называют **исполнительным механизмом (ИМ)**. Такое устройство обычно состоит из исполнительного двигателя, передаточного или преобразующего узла (например, редуктора), а также систем защиты, контроля и сигнализации положения выходного элемента, блокировки и отключения. РО предназначен для непосредственного воздействия на объект управления путем изменения материальных или энергетических потоков, таким образом ИМ является приводом РО. Поэтому ИМ называют еще **сервоприводом**. Часто совокупность ИМ и РО называют исполнительным устройством (ИУ).

Большинство управляющих воздействий в тепловой энергетике и других отраслях реализуется путем изменения расходов веществ (например, сырья, топлива, теплоносителя и т.д.). Уравнение статики ИУ для расхода F жидкости или газа может быть описано как

$$F = F(\Delta P, \nu, \rho, C_1, C_2, \dots),$$

где ΔP – перепад давления на РО, ν – вязкость, ρ – плотность, C_i – некоторые параметры, зависящие от конструкции РО, режима истечения потока и т.д.

Отсюда видно, что на расход F можно воздействовать:

- путем изменения ΔP (*насосные ИУ*);
- путем изменения ν или ρ (*реологические ИУ*);
- путем изменения коэффициентов C_i (*дроссельные ИУ*).

Насосные ИУ делятся на группы:

1. С **вращательным** движением РО;
2. С **поступательным** движением РО.

Исполнительные устройства **реологического** типа. Некоторые жидкости и дисперсионные системы могут изменять вязкость под действием электрического поля (например, вазелиновое, трансформаторное, касторовое масла, oleфины, алюмосиликаты и др.), т.е. $F = F(v)$.

ИУ данного типа представляет собой электромагнитный преобразователь, где путем изменения управляющего напряжения осуществляется изменение электромагнитного поля в РО, которое в свою очередь влияет на вязкость v . При этом расход F на РО изменяется пропорционально вязкости.

Исполнительные механизмы. Классификация исполнительных механизмов (рис. 2.1) производится в первую очередь по виду энергии, создающей усилие (момент) перемещения регулирующего органа. Соответственно, ИМ бывают пневматические, гидравлические и электрические.

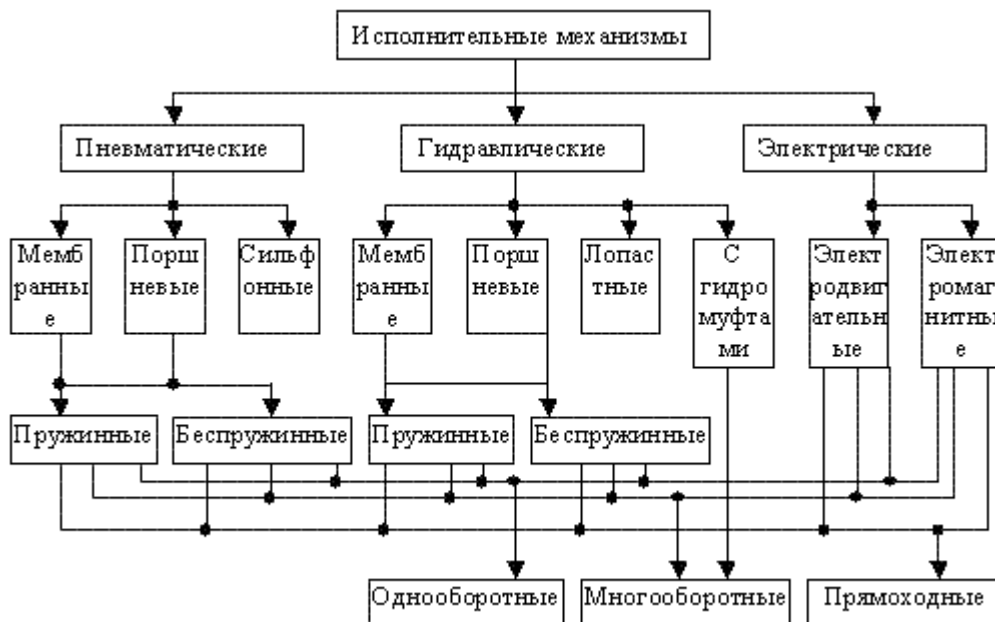


Рис. 2.1. Классификация исполнительных механизмов

В пневматических ИМ усилие перемещения создается за счет давления сжатого воздуха на мембрану, поршень или сильфон; давление обычно не превышает 103 кПа.

В гидравлических ИМ усилие перемещения создается за счет давления жидкости на мембрану, поршень или лопасть; давление жидкости в них обычно находится в пределах $(2,5-20) \cdot 10^3$ кПа. Отдельный подкласс гидравлических ИМ составляют ИМ с гидромуфтами.

Пневматические и гидравлические мембранные и поршневые ИМ подразделяются на пружинные и беспружинные. В пружинных ИМ усилие перемещения в одном направлении создается давлением в рабочей полости ИМ, а в обратном направлении – силой упругости сжатой пружины.

В беспружинных ИМ усилие перемещения в обоих направлениях создается перепадом давления на рабочем органе механизма.

Электрические ИМ по принципу действия подразделяются на электродвигательные (электромашинные) и электромагнитные.

По характеру движения выходного элемента большинство ИМ подразделяются на: прямоходные с поступательным движением выходного элемента, поворотные с вращательным движением до 360° (однооборотные) и с вращательным движением на угол более 360° (многооборотные).

Существуют ИМ, в которых используются одновременно два вида энергии: электропневматические, электрогидравлические и пневмогидравлические. Вид энергии управляющего сигнала может отличаться от вида энергии, создающей усилие перемещения.

В электрических системах автоматизации и управления наиболее широко применяются электромашинные и электромагнитные исполнительные механизмы.

Основным элементом электромашинного ИМ является электрический двигатель постоянного или переменного тока. Такие исполнительные механизмы обычно называют электроприводами, т.к. согласно ГОСТ электропривод – это электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, электрического преобразовательного, механического передаточного, управляющего и измерительного устройств, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением.

Электромагнитные ИМ дискретного действия выполняются в основном на базе электромагнитов постоянного и переменного тока и постоянных магнитов. Жесткое и упругое соединение узлов систем осуществляют различного рода электромагнитные муфты.

Электродвигательные ИМ. В них используют электродвигатели постоянного и переменного тока, в том числе асинхронные двухфазные с полым ротором, с конденсаторами в цепи обмотки управления, а также асинхронные трехфазные двигатели. Исполнительные двигатели постоянного тока имеют независимое возбуждение или возбуждение от постоянных магнитов. Управляют этими двигателями, изменяя напряжение на якоре или на обмотке возбуждения (якорное или полюсное управление).

В большинстве конструкций электрических ИМ применяют двухфазные и трехфазные асинхронные двигатели.

Отечественная промышленность выпускает электродвигательные ИМ с напряжением 220 В или 380 В:

- многооборотные (МЭМ),
- однооборотные (МЭО) с углом поворота до 360° ,
- прямоходовые (МЭП).

Пример маркировки: МЭО-0,63/10-0,25 (однооборотный электрический ИМ, момент 6,3 Н·м, время хода 10 с, номинальный ход 0,25 оборота).

Большинство электродвигательных ИМ работает в режиме, когда скорость перемещения не зависит от значения отклонения регулируемого параметра от заданного. Такой ИМ состоит из асинхронного электродвигателя, редуктора, концевых и путевых выключателей, датчиков (преобразователей), тормозного устройства и ручного привода.

Электродвигатель с редуктором служит для преобразования электрической энергии в механическую, достаточную для перемещения РО.

Концевые выключатели используют для отключения пускателя при достижении РО крайних положений, а путевые выключатели – для ограничения диапазона перемещения РО в автоматическом режиме.

Датчики положения формируют сигнал, пропорциональный углу поворота выходного вала ИМ. Этот сигнал используется индикатором положения на пульте оператора, а также, возможно, в качестве сигнала обратной связи по положению ИМ.

Ручной привод обеспечивает возможность ручной перестановки РО при нарушениях работы электрической части механизма.

Включение-отключение электродвигателя по команде регулирующего устройства осуществляется через посредство электромагнитного или полупроводникового релейного устройства-пускателя.

Реверс электродвигателя электромагнитного ИМ с трехфазным электродвигателем обеспечивается изменением схемы подключения двух фаз.

После размыкания силовых контактов и отключения напряжения питания электродвигателя выходной вал ИМ останавливается не сразу, а продолжает в течение некоторого времени движение по инерции. Так называемый «выбег» может существенно ухудшать качество регулирования. Уменьшают выбег с помощью тормоза, представляющего собой электролитический конденсатор C , подключаемый через размыкающие блок-контакты $KM1$ и $KM2$ к одной из статорных обмоток электродвигателя. В результате этого в статорной обмотке появляется ток, наводящий в статоре магнитное поле, которое, взаимодействуя с вращающимся ротором, создает противодействующий вращению тормозной момент, уменьшающий выбег ИМ.

Устройство, позволяющее изменять направление или расход потока вещества или энергии в соответствии с требованиями ТП называют регулирующим органом (РО).

Работоспособность РО определяется его характеристиками: диапазоном регулирования и рабочей расходной характеристикой.

Отношение максимального расхода среды G_{\max} к минимальному G_{\min} , соответствующему перемещению РО из одного крайнего положения h_{\min} в другое h_{\max} , называют **диапазоном регулирования**

$$R = G_{\max}/G_{\min}.$$

Зависимость расхода среды от положения РО h называют **рабочей расходной характеристикой**

$$G = f(h).$$

Множество регулирующих органов так же многообразно, как многообразны объекты управления. В качестве примера можно привести основные типы РО, применяемых в системах подачи и перемещения жидких, газообразных и сыпучих материалов. По виду воздействия на объект их можно подразделить на два основных типа: дросселирующие и дозирующие.

Дросселирующие (дроссельные) РО изменяют сопротивление (гидравлическое, аэродинамическое) в системе путем изменения своего проходного сечения, воздействуя на расход вещества. Примерами таких РО являются заслонки, диафрагмы, задвижки, краны, клапаны.

Дозирующие РО выполняют заданное дозирование поступающего вещества или энергии за счет изменения производительности определенных агрегатов: дозаторов, насосов, компрессоров, питателей, электрических усилителей мощности.

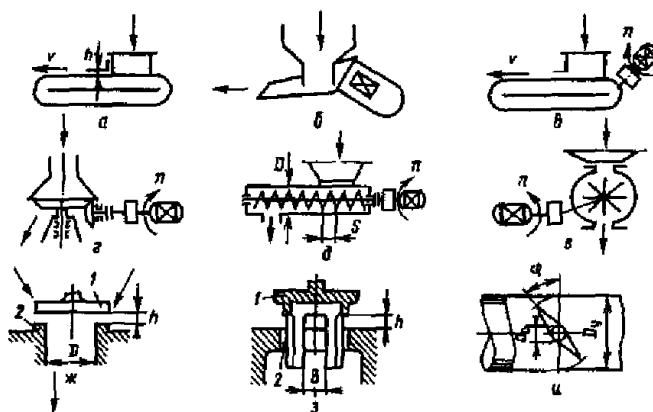


Рис. 2.2. Регулирующие органы:

- a – ленточный питатель (объемный), $б$ – вибрационный питатель;
 $в$ – ленточный питатель (скоростной); $г$ – тарельчатый питатель;
 $д$ – шнековый питатель; $е$ – секторный питатель; $ж$ – тарельчатый клапан;
 $з$ – золотниковый клапан; $и$ – поворотная заслонка

Регулирующие органы характеризуются многими параметрами, основными из которых являются: пропускная и условная пропускная способности, условное и рабочее давление, перепад давления на РО и условный проход.

Пропускной способностью K_v называется расход жидкости с плотностью 1000 кг/м^3 , пропускаемой РО при перепаде давления на нем 10^5 Па. Пропускная способность измеряется в кубических метрах в час ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Условной пропускной способностью K_{vy} называется номинальное значение пропускной способности РО при максимальном (условном) ходе затвора, выраженное в кубических метрах в час ($\text{м}^3/\text{ч}$). Условная пропускная способность зависит от типа РО и размера его условного прохода D_y .

Условным давлением P_y называется наибольшее допустимое давление среды на РО при нормальной температуре. Прочность металлов с повышением температуры понижается. Поэтому для арматуры и соединительных частей предусматривается также максимальное рабочее давление.

Максимальное рабочее давление – это наибольшее установленное давление среды на РО при фактической температуре. Рабочее давление при одном и том же условном давлении зависит от свойств металла деталей РО и температуры среды. Разрешается превышение фактического рабочего давления до 5 % сверх установленного для заданной температуры.

Перепад давления на РО определяет усилия, на которые рассчитывают ИМ, а также износ дроссельных поверхностей. Для многих видов исполнительных устройств, в которых затвор не разгружен от статического и динамического воздействий среды, предельно допустимый перепад давления устанавливается в зависимости от мощности ИМ.

Условным проходом D_y в РО называется номинальный диаметр прохода в присоединительных патрубках. Стандартные размеры условных проходов не распространяются на размеры прохода внутри корпуса.

Кроме приведенных параметров РО, определяющих в основном их конструкцию и размеры, имеются и другие параметры, которые учитывают при выборе РО в зависимости от конкретных условий их применения.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте классификацию датчиков.
2. Опишите типы выходных сигналов измерительных преобразователей.
3. Дайте классификацию исполнительных устройств?

4. Какую функцию выполняет исполнительный механизм в системах автоматического управления?

5. Дайте классификацию и поясните принцип работы основных групп исполнительных механизмов (ИМ).

6. Какую функцию выполняет регулирующий орган в системах автоматического управления?

7. Дайте классификацию и поясните принцип работы основных групп регулирующих органов (РО).

Должен знать: классификацию средств измерения и исполнительных устройств; разновидности, принципы действия и характеристики исполнительных механизмов (ИМ); разновидности, принципы действия и характеристики регулирующих органов (РО).

Должен уметь: различать типы выходных сигналов с датчиков и исполнительных устройств, типы управляющих сигналов.

ТЕМА 3. УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Литература: [2, 4].

Автоматический регулятор (АР) – это средство автоматизации, получающее, усиливающее и преобразующее сигнал отклонения регулируемой величины и целенаправленно воздействующее на объект регулирования; он обеспечивает поддержание заданного значения регулируемой величины или изменение ее значения по заданному закону. Автоматический регулятор во взаимосвязи с объектом регулирования образует автоматическую систему регулирования (АСР).

Автоматические регуляторы классифицируются в зависимости от **назначения, принципа действия, конструктивных особенностей, вида используемой энергии** и др.

По **виду регулируемого параметра** автоматические регуляторы подразделяются на регуляторы температуры, давления, разрежения, расхода, уровня, состава и содержания вещества и т.п.

Закон регулирования непрерывных регуляторов зависит от свойств объектов регулирования (емкости, запаздывания, самовыравнивания), характера возмущений и показателей качества переходного процесса:

- пропорциональный, **П-закон** – для одноемкостных объектов и при медленных возмущениях;

- интегральный, **И-закон** – для объектов с большим самовыравниванием, с малым запаздыванием, при медленных возмущениях;
- пропорционально-интегральный, **ПИ-закон** – для объектов с любыми запаздываниями, емкостями, самовыравниваниями, при медленных возмущениях;
- пропорционально-дифференциальный, **ПД-закон** – для объектов с большими запаздываниями, при быстрых, но малых возмущениях;
- пропорционально-интегрально-дифференциальный, **ПИД-закон** – универсальный, для любых объектов и при любых возмущениях.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – законченное изделие, имеющее физические входы, выходы, интерфейсы, предназначенное для управления технологическими процессами. Различают контроллеры (адаптеры) для управления электронными узлами информационных сетей, различных вычислителей, радио- и теле- аппаратуры, мультимедийных средств и т.д. Здесь речь идет лишь о ПЛК для создания систем автоматического управления технологическими процессами.

Классификация современных контроллеров. Развитие электронной элементной базы, разработка новых средств информационного обмена, развитие алгоритмов управления способствует тому, что линейка ПЛК непрерывно расширяется. Многообразие ПЛК с различными функциональными и техническими, конструктивными характеристиками настолько велико, что разработчики систем автоматизации зачастую оказываются перед нелегким выбором: какой контроллер наилучшим образом подойдет для решения той или иной задачи.

ПЛК классифицируются по ряду признаков, которые наиболее важны для потребителя. Определение для каждого контроллера его классификационных особенностей, его места среди прочих контроллеров позволит с большей точностью выбрать ПЛК для решения конкретной задачи.

Область применения. Область применения – один из наиболее важных признаков классификации. Область применения контроллера накладывает целый ряд требований к контроллерам и очень сильно сужает круг поиска при разработке систем управления.

Специализированный контроллер со встроенными функциями. Обычно им является минимальный по мощности контроллер, программа действия которого заранее прошита в его памяти, а изменению при эксплуатации подлежат только параметры программы. Число и набор модулей ввода/вывода определяется реализуемыми в нем функциями. Часто такие контроллеры реализуют различные варианты функций регулирования.

Основные области применения: локальное управление какой-либо малой технологической установкой или механизмом.

Так, например, управление нагревом муфельной печи имеет смысл осуществить при помощи отдельного температурного контроллера. Во-первых, контроллер можно будет расположить возле самой печи, что избавит от необходимости далеко вести провода от датчиков, а во-вторых, температурные контроллеры, как правило, имеют органы индикации, которые позволят видеть текущее значение температуры.

Контроллер для реализации логических зависимостей (коммандоаппарат). Главные сферы применения такого контроллера: станкостроение, машиностроение, замена релейно-контактных шкафов во всех отраслях промышленности. Он характеризуется прошитой в его памяти развитой библиотекой логических функций и функций блокировки типовых исполнительных механизмов. Для его программирования используются специализированные языки типа релейно-контактных схем. Набор модулей ввода/вывода у такого контроллера рассчитан, в основном, на разнообразные дискретные каналы. Наиболее простыми представителями данного класса контроллеров являются интеллектуальные реле.

Контроллер, реализующий любые вычислительные и логические функции. Наиболее распространённый универсальный контроллер, не имеющий ограничений по области применения. Центральный процессор контроллера имеет достаточную мощность, разрядность, память, чтобы выполнять как логические, так и математические функции. Иногда, для усиления его вычислительной мощности, он снабжается ещё и математическим сопроцессором (во многих современных процессорах математический сопроцессор интегрирован в сам кристалл). Инструментальные средства для программирования таких контроллеров, как правило, поддерживают несколько языков программирования, таких как язык релейно-контактных схем, функционально-блоковых диаграмм, язык *C*, *Basic*, *Pascal* и тому подобные. Как правило, также предоставляется большая библиотека уже реализованных логических, математических и коммуникационных функций. В состав модулей ввода/вывода входят модули на всевозможные виды и характеристики каналов (аналоговых, дискретных, импульсных и т.д.).

Контроллер противоаварийной защиты. Он должен отличаться от контроллеров других классов:

- особенно высокой надежностью, достигаемой различными вариантами диагностики и резервирования (например, диагностикой работы отдельных компонентов контроллера в режиме реального времени, наличием

основного и резервного контроллеров с одинаковым аппаратным и программным обеспечением и с модулем синхронизации работы контроллеров, резервированием блоков питания и коммуникационных шин);

- высокой готовностью, т. е. высокой вероятностью того, что объект находится в рабочем режиме (например, не только идентификацией, но и компенсацией неисправных элементов; не просто резервированием, но и восстановлением ошибок программы без прерывания работы контроллеров);

- отказоустойчивостью, когда при любом отказе автоматизируемый процесс переводится в безопасный режим функционирования.

- Контроллер цепи противоаварийной защиты должен иметь сертификат, подтверждающий безопасность его работы в цепях противоаварийной защиты.

Контроллер телемеханических систем автоматизации. Данный класс универсальных контроллеров удобен для создания систем диспетчерского контроля и управления распределёнными на местности объектами. В контроллерах данного класса повышенное внимание уделяется программным и техническим компонентам передачи информации на большие расстояния беспроводными линиями связи. В качестве таких линий часто используются УКВ-радиоканалы с обычными или транковыми радиостанциями. При этом возможна передача информации от каждого контроллера в диспетчерский центр, а также эстафетная передача информации по цепи от одного контроллера к другому до достижения диспетчерского центра.

В настоящее время, в связи с большим скачком в развитии сотовой связи, всё большее распространение получает передача информации через сети *GSM*. По сравнению с транковыми сетями сети *GSM* имеют ряд достоинств и недостатков, обсуждение которых выходит за рамки данной статьи. Тем не менее отметим, что всё большее количество производителей контроллеров для телемеханических систем автоматизации предлагают коммуникационные модули со встроенными *GSM*-модемами.

Конструктивное исполнение. По конструктивному исполнению контроллеры можно разделить на несколько групп, мы их условно назовем так:

- встраиваемые;
- размещаемые в общий конструктив;
- модульного типа;

Встраиваемые контроллеры. Как правило, не имеют корпуса, часто конструкция просто крепится на раме. Требования к защитным оболочкам таких контроллеров не предъявляются, поскольку контроллеры встраиваются

в общий корпус оборудования и являются неотъемлемой частью этого оборудования.

Контроллеры, размещаемые в общий конструктив. Такие контроллеры характеризуются тем, что все модули – процессорный, коммуникационные, модули ввода-вывода – размещаются в одном конструктиве. В таких контроллерах, как правило, предусматривается некая «материнская» плата с разъёмами, в которые вставляются все модули контроллера.

Конструктивы таких контроллеров бывают как оригинальными, разрабатываемыми производителями, так и стандартизированными. Одним из примеров стандартизированных конструктивов является конструктив Евромеханика (*DIN 41494/IEC 297-1*). Стандарт Евромеханика регламентирует ширину, высоту и глубину рамы контроллера.

Контроллеры модульного типа. Контроллеры модульного типа не используют общего конструктива. Каждый модуль таких контроллеров, будь то процессорный модуль или модуль ввода-вывода, имеет собственный корпус. Так как защитную оболочку для каждого модуля сделать проще, чем для всего контроллера, то именно этот тип контроллеров чаще всего выпускают для жёстких условий эксплуатации в исполнениях *IP 67* и выше. Контроллеры модульного типа очень часто выпускают в корпусе для монтажа на рейку *DIN NS 35/7,5*. Можно выделить две разновидности контроллеров: с внутренней межмодульной шиной и с внешней шиной.

Модули контроллеров с внутренней межмодульной шиной на боковых поверхностях имеют контакты для подключения соседних модулей. А модули контроллеров с внешней шиной, как правило, используют для связи между модулями какую-нибудь скоростную полевую шину, например *CAN*.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается контроллер от измерителя-регулятора?
2. Дайте классификацию ПЛК по различным признакам.
3. Поясните преимущества и недостатки различных типов контроллеров.
4. Какие Вы знаете контроллеры по областям применения?
5. Поясните классификацию ПЛК по конструктивному исполнению.

Должен знать: назначение, классификацию, принцип действия и состав устройств ввода-вывода, классификацию ПЛК по различным признакам.

Должен уметь: различать устройства ввода-вывода по различным признакам, различать контроллеры по группам.

РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

ТЕМА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

Литература: [1, 3].

Современные технические средства автоматизации (ТСА) работают в составе промышленных информационно-вычислительных сетей (ИВС). Наряду с аппаратными средствами сети и ТСА должны иметь в своем составе и сложное программное и информационное обеспечение.

Системное программное обеспечение (СПО) ПЛК управляет работой контроллера на аппаратном уровне (уровень драйверов для аппаратных устройств внутри контроллера описывает их взаимодействие). СПО «прошивается» в системной памяти каждого контроллера. Новые версии прошивки создаются для внесения исправлений в работу контроллера либо для добавления новых функций.

Цикл ПЛК. Выполнение программ, написанных для исполнения на ПК и ПЛК, различается. Исполнение программы управления в ПЛК происходит циклически. Это означает, что в течение заданного интервала времени (времени цикла ПЛК) система:

- считывает значения из области входов;
- вызывает и один раз выполняет необходимую программу (*PLC_PRG* по умолчанию);
- пройдя алгоритм от начала и до конца, записывает результаты его работы в память выходов.

Затем эти операции повторяются вновь.

Время цикла ПЛК зависит от объема и сложности программы ПЛК. Например, для простой программы время цикла ПЛК компании ОВЕН составляет 1 мс, для более сложных программ оно может увеличиться.

Время опроса датчиков или подключенных сетевых устройств, а также время изменения состояния выходов не связаны напрямую со временем цикла ПЛК. Работа с интерфейсами, входами и выходами и исполнение цикла ПЛК производятся параллельно.

Существует международный стандарт IEC 61131, разработанный Международной Электротехнической Комиссией (МЭК, IEC) и состоящий из восьми частей. Третья часть этого стандарта, IEC 61131-3, описывает языки программирования ПЛК. Первоначальной целью стандарта IEC 61131-3 была унификация языков программирования ПЛК и предоставление разработчикам ряда аппаратно-независимых языков, что, по замыслу создателей стандарта, обеспечило бы простую переносимость программ между различными аппаратными платформами и снимало бы необходимость изучения новых языков и средств программирования при переходе разработчика на новый ПЛК.

Краткий обзор языков стандарта.

Аббр.	Обозначение Английский	Обозначение Русский	Описание
IL	Instruction List	Список инструкций	Текстовый язык. Аппаратно-независимый низкоуровневый ассемблероподобный язык.
LD	Ladder Diagram	Релейно-Контактные Схемы	Графический язык. Представляет собой программную реализацию электрических схем на базе электромагнитных реле.
FBD	Function Block Diagram	Функциональные блочные диаграммы	Графический язык. Функциональный блок (ФБ) выражает некую подпрограмму. Каждый ФБ имеет входы (слева) и выходы (справа). Программа создается путем соединения множества ФБ.
SFC	Sequential Function Chart	Последовательные функциональные диаграммы	Графический высокоуровневый язык. Создан на базе математического аппарата сетей Петри. Описывает последовательность состояний и условий переходов.
ST	Structured Text	Структурированный текст	Текстовый Паскалеподобный язык программирования

Язык LD

Язык LD (LAD, Ladder) является графическим языком разработки, программа на котором представляет собой аналог релейной схемы. Пример программы на данном языке приведен на рис. 4.1. По идее авторов стандарта, такая форма представления программы облегчит переход инженеров из области релейной автоматики на ПЛК.

К недостаткам данного языка можно отнести то, что по мере увеличения количества «реле» в схеме она становится сложнее для интерпретации, анализа и отладки. Еще один недостаток языка LD

заключается в следующем: язык, построенный по аналогии с релейными схемами, может быть эффективно использован только для описания процессов, имеющих дискретный (двоичный) характер; для обработки «непрерывных» процессов (с множеством аналоговых переменных) такой подход теряет смысл.

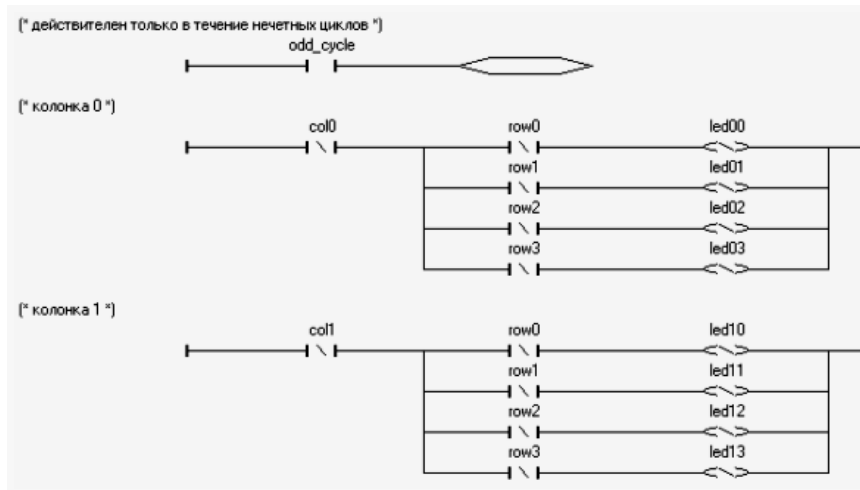


Рис. 4.1. Язык релейных диаграмм LD.

Язык FBD

Язык FBD (Functional Block Diagram, Диаграмма Функциональных Блоков) является языком графического программирования, так же, как и LD, использующий аналогию с электрической (электронной) схемой. Программа на языке FBD представляет собой совокупность функциональных блоков (functional blocks, FBs), входы и выходы которых соединены линиями связи (connections). Эти связи, соединяющие выходы одних блоков с входами других, являются по сути дела переменными программы и служат для пересылки данных между блоками. Каждый блок реализует математическую операцию (сложение, умножение, триггер, логическое “или” и т.д.) и может иметь, в общем случае, произвольное количество входов и выходов. Начальные значения переменных задаются с помощью специальных блоков – входов или констант, выходные цепи могут быть связаны либо с физическими выходами контроллера, либо с глобальными переменными программы. Пример фрагмента программы на языке FBD приведен на рис. 4.2.

Практика показывает, что FBD является наиболее распространенным языком стандарта IEC. Графическая форма представления алгоритма, простота в использовании, повторное использование функциональных диаграмм и библиотеки функциональных блоков делают язык FBD незаменимым при разработке программного обеспечения ПЛК.

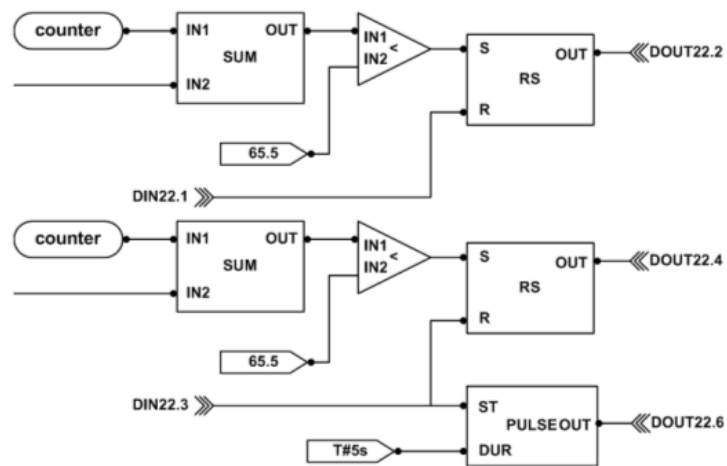


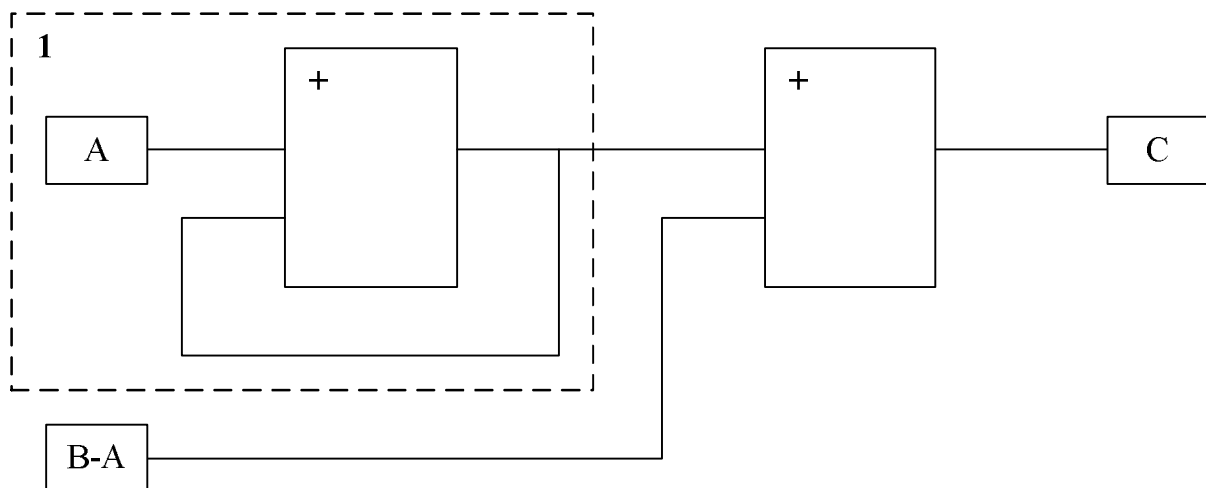
Рис. 4.2. Функциональная схема FBD.

Пример 4.1. Необходимо изобразить программу в языке FBD равномерного постоянного повышения значения C со скоростью A от начального значения B .

Данная программа будет иметь 2 составляющих:

1) часть, отвечающая за равномерное повышение со скоростью A (на рисунке выделена область 1) – за каждый шаг выполнения программы выходное значение будет каждый раз повышаться на число A .

2) второй блок суммы двух величин – к числу $(B-A)$ в каждом шаге выполнения программы будет суммироваться выходная величина из области 1 (на первом шаге начальное значение C будет равно B : $C=(B-A)+A=B$).



В случае если $A=2$, $B=4$, то C будет принимать значения из таблицы:

1 шаг	2 шаг	3 шаг	4 шаг	...	N шаг	...
4	6	8	10	...	$2+2N$...

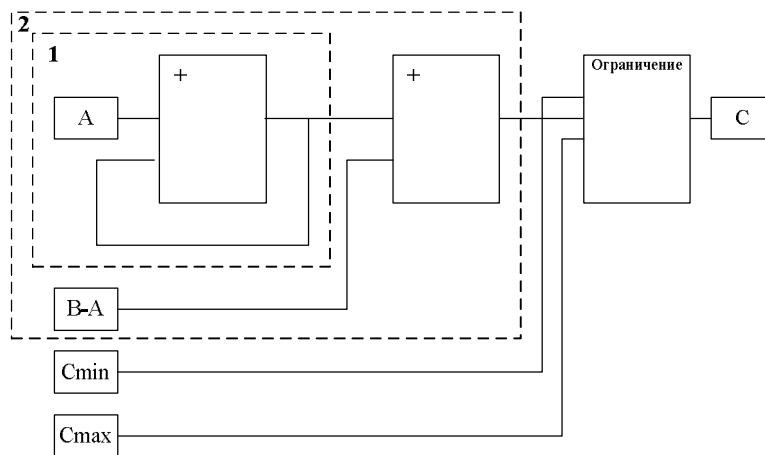
Пример 4.2. Необходимо изобразить программу в языке FBD равномерного постоянного повышения значения C со скоростью A от начального значения B , при условии ограничения C в пределах от C_{\min} до C_{\max} .

Данная программа будет иметь 3 составляющих:

1) часть, отвечающая за равномерное повышение со скоростью A (на рисунке выделена область 1) – за каждый шаг выполнения программы выходное значение будет каждый раз повышаться на число A .

2) второй блок суммы двух величин (на рис. область 2) – к числу $(B-A)$ в каждом шаге выполнения программы будет суммироваться выходная величина из области 1 (на первом шаге начальное значение C будет равно B : $C=(B-A)+A=B$).

3) блок ограничения – выходное значение C будет ограничиваться значениями C_{\min} и C_{\max} .



В случае если $A=2$, $B=4$, $C_{\min}=8$, $C_{\max}=12$, то C будет принимать значения из таблицы:

1 шаг	2 шаг	3 шаг	4 шаг	5 шаг	6 шаг	...
8	8	8	10	12	12	...

Язык SFC

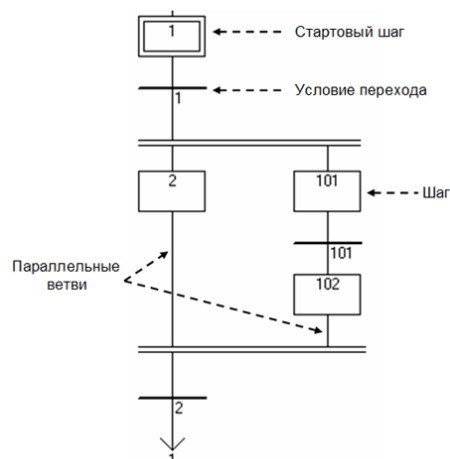


Рис. 4.3. Язык последовательных функциональных схем SFC.

Язык последовательных функциональных схем SFC (Sequential Function Chart), использующийся совместно с другими языками (обычно с ST и IL), является графическим языком, в котором программа описывается в виде схематической последовательности шагов, объединенных переходами. Язык SFC построен по принципу, близкому к концепции конечного автомата, что делает его одним из самых мощных языков программирования стандарта IEC 61131-3. Пример программы на языке SFC приведен на рис. 4.3.

Шаги последовательности располагаются вертикально сверху вниз. На каждом шаге выполняется определенный перечень действий (операций). При этом для описания самой операции используются другие языки программирования, такие как IL или ST.

После того, как шаг выполнен, управление передается следующему за ним шагу. Переход между шагами может быть условным и безусловным. Условный переход требует выполнения определенного логического условия для передачи управления на следующий шаг; пока это условие не выполнено программа будет оставаться внутри текущего шага, даже если все операции внутри шага уже выполнены. Безусловный переход происходит всегда после полного выполнения всех операций на данном шаге. С помощью переходов можно осуществлять разделение и слияние ветвей последовательности, организовать параллельную обработку нескольких ветвей или заставить одну выполненную ветвь ждать завершения другой.

Как и любому другому языку, SFC свойственны некоторые недостатки. Хотя SFC может быть использован для моделирования конечных автоматов, его программная модель не совсем удобна для этого. Это связано с тем, что текущее состояние программы определяется не переменной состояния, а набором флагов активности каждого шага, в связи с чем при недостаточном контроле со стороны программиста могут оказаться одновременно активными несколько шагов, не находящихся в параллельных потоках.

Язык ST

Язык ST (Structured Text, Структурированный Текст) представляет собой язык высокого уровня, имеющий черты языков Pascal и Basic. Данный язык имеет те же недостатки, что и IL, однако они выражены в меньшей степени. Пример программы на языке ST приведен на рис. 4.4.

С помощью ST можно легко реализовывать арифметические и логические операции (в том числе, побитовые), безусловные и условные переходы, циклические вычисления; возможно использование как библиотечных, так и пользовательских функций. Язык также интерпретирует более 16 типов данных.

```

blinker <TRUE, t#1s>;
trigger <blinker.q>;

if trigger.q then
  counter := counter + 1;
  if counter >= 4 then
    counter := 0;
  end_if;
end_if;

st0 := <counter = 0>;
st1 := <counter = 1>;
st2 := <counter = 2>;
st3 := <counter = 3>;

```

Рис. 4.4. Язык структурированного текста ST.

Язык ST может быть освоен технологом за короткий срок, однако текстовая форма представления программ служит сдерживающим фактором при разработке сложных систем, так как не дает наглядного представления ни о структуре программы, ни о происходящих в ней процессах.

Язык IL

Язык IL (Instruction List, Список Команд) представляет собой ассемблероподобный язык, достаточно несложный по замыслу авторов стандарта, для его практического применения в задачах промышленной автоматизации пользователем, не имеющим, с одной стороны, профессиональной подготовки в области программирования, с другой стороны, являющимся специалистом в той или иной области производства. Однако, как показывает практика, такой подход себя не оправдывает.

Пример программы на языке IL приведен на рис. 4.5.

```

ld    true
st    blinker.run
ld    t#1s
st    blinker.cycle
cal   blinker

ld    blinker.q
st    trigger.clk
cal   trigger

ld    trigger.q
jmpnc LModule
ld    counter
add   1
st    counter

LModule:
ld    counter
lt    4
jmpc  LBout
ld    0
st    counter

LBout:
ld    counter
eq    0
st    i10
ld    counter
eq    1
st    i11
ld    counter
eq    2
st    i12
ld    counter
eq    3
st    i13

ret

```

Рис. 4.5. Язык инструкций IL.

ПЛ часто применяется для кодирования отдельных функциональных блоков, из которых впоследствии складываются схемы FBD или CFC. При этом ПЛ позволяет достичь высокой оптимальности кода: программные блоки, написанные на ПЛ, имеют высокую скорость исполнения и наименее требовательны к ресурсам контроллера. Язык ПЛ имеет все недостатки, которые присущи другим низкоуровневым языкам программирования: сложность и высокую трудоемкость программирования, трудность модификации написанных на нем программ, малую степень «видимого» соответствия исходного текста программы и решаемой задачи.

Многие производители инструментальных средств, опирающиеся на стандарт ИЕС, не ограничиваются поддержкой рассмотренных выше пяти языков стандарта. Можно выделить, как минимум, еще один язык визуального программирования, который довольно популярен среди разработчиков.

Язык CFC

Язык CFC (Continuous Flow Chart, непрерывная блок-схема) – еще один высокоуровневый язык визуального программирования. По сути, CFC – это дальнейшее развития языка FBD. Этот язык был специально создан для проектирования систем управления непрерывными технологическими процессами.

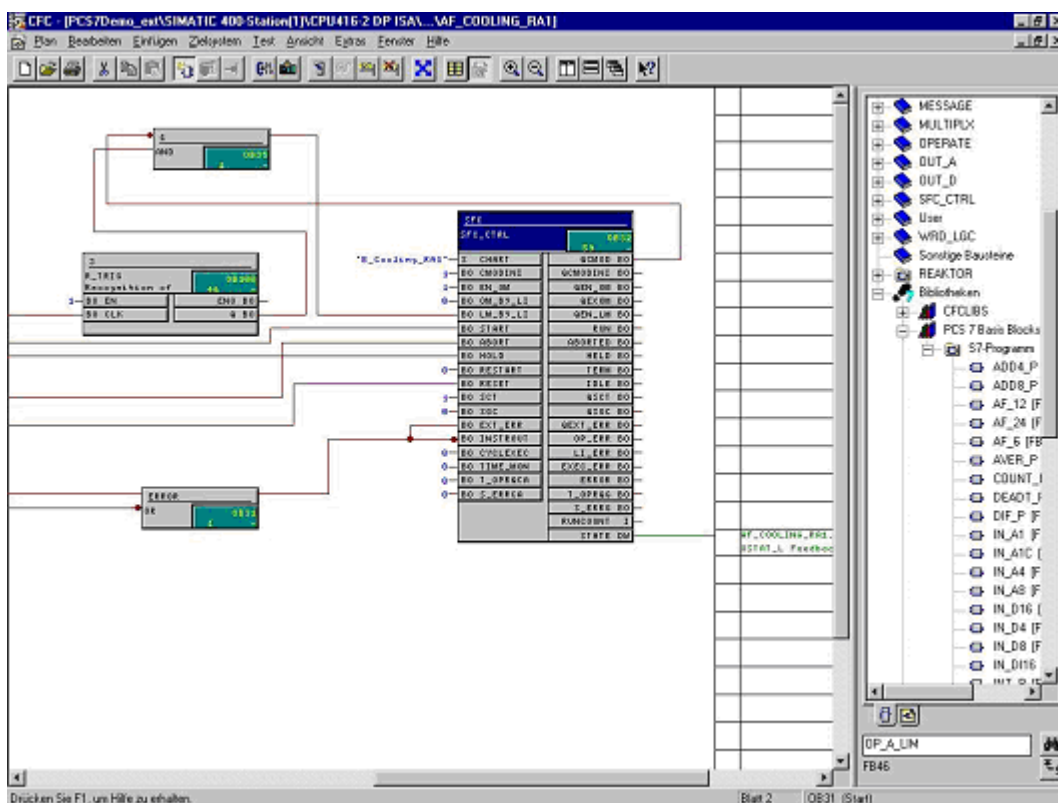


Рис. 4.6. Среда проектирования на языке CFC системы Simatic PCS7.

Проектирование сводится к выбору из библиотек готовых функциональных блоков, их позиционированию на экране, установке соединений между их входами и выходами, а также настройке параметров выбранных блоков. В отличие от FBD, функциональные блоки языка CFC выполняют не только простые математические операции, а ориентированы на управление целыми технологическими единицами. Так в типовой библиотеке CFC блоков находятся комплексные функциональные блоки, реализующие управление клапанами, моторами, насосами; блоки, генерирующие аварийные сигнализации; блоки PID-регулирования и т.д. Вместе с тем доступны и стандартные блоки FBD. Унаследовав от FBD саму концепцию программирования, язык CFC в наибольшей степени ориентирован на сам технологический процесс, позволяя разработчику абстрагироваться от сложного математического аппарата.

CFC прост в освоении, и при этом позволяет разрабатывать сложнейшие алгоритмы автоматизированного управления без каких-либо специфических знаний других языков программирования.

Диспетчерский уровень включает, прежде всего, одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места (компьютеры) для специалистов и т. д. Станции управления предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления. Эти задачи и призваны решать SCADA-системы. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System) – это специализированное программное обеспечение, ориентированное на обеспечение интерфейса между диспетчером и системой управления, а также коммуникацию с внешним миром.

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 в котором это необходимо.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите назначение сред программирования.
2. Дайте характеристику языкам МЭК программирования ПЛК: *IL*, *LD*, *FBD*, *ST*, *SFC*.
3. Опишите назначение SCADA-систем.

Должен знать: классификацию ПО ПЛК по различным признакам, назначение, структуру и характеристики контроллеров P-130 и P-130*ISa*, их программирование.

Должен уметь: различать контроллеры по группам, составлять схемы автоматизированных систем с использованием контроллеров P-130 и P-130*ISa*.

ТЕМА 5. ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Литература: [3], с. 10 – 79;

Конфигурирование цифровых регуляторов также возможно посредством различных технических устройств – коммутаторов, облегчающих программирование, или с помощью специальных программ при подключении прибора к компьютеру. Такие программы, позволяющие осуществлять взаимодействие между оператором и техническими средствами автоматизации, называются *MMI* (*Man Machine Interface*) или *HMI* (*Human Machine Interface*) – человеко-машинный интерфейс. Эти пакеты могут быть написаны на любом языке высокого уровня общего назначения или создаваться с помощью программного обеспечения, получившего общее название *SCADA*. Термин «*SCADA-система*» означает систему сбора данных и оперативного диспетчерского управления. Для конфигурирования цифровых регуляторов используются *SCADA* – системы низкого уровня.

Программное обеспечение визуализации призвано выполнять следующие задачи:

1. Отображение технологической информации в удобной для человека графической форме (как правило, в виде интерактивных мнемосхем);
2. Отображение аварийных сигнализаций технологического процесса;
3. Предоставление оператору возможности управлять объектами управления и т. д.

Функционально графические интерфейсы SCADA-систем весьма похожи. В каждой из них существует графический объектно - ориентированный редактор с определенным набором анимационных функций. Все SCADA - системы включают библиотеки стандартных графических символов, библиотеки сложных графических объектов, обладают целым рядом других стандартных возможностей.

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

Единые принципы организации экранных форм:

- наглядность изображения;
- высокая информативность;
- низкая утомляемость.

Пример мнемосхемы приведен на рис. 5.1.

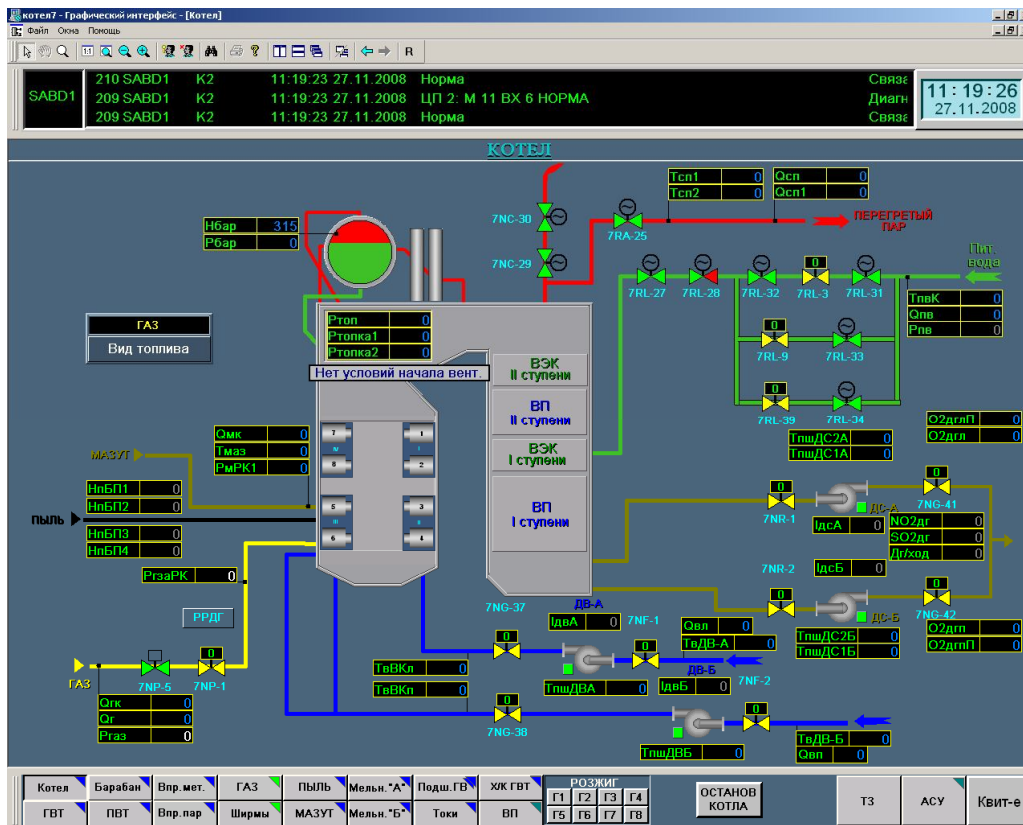


Рис. 5.1. Мнемосхема «Котел»

Пример конфигурирования регулятора с помощью *HMI* – интерфейса представлен на рис. 5.2, 5.3. При нажатии левой кнопкой мыши на мнемо-изображение регулятора будет открыто окно его состояния и управления, при этом выбранный регулятор выделяется рамкой красного цвета. В окне управления регулятором могут отображаться следующие поля, индикаторы и кнопки управления (рис. 5.2).

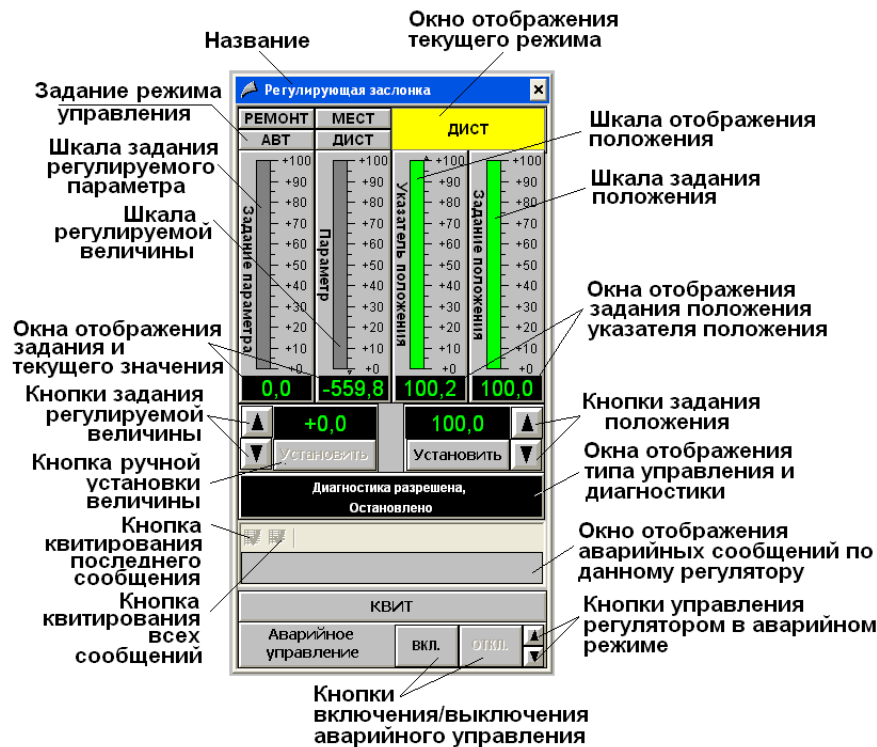


Рис. 5.2. Окно регулирующего клапана

При появлении аварий по данному регулятору на панели индикации аварий высвечивается сообщение, при этом отключается все управление на данном приборе.

Кнопка «Квит» предназначена для квитирования аварийной сигнализации по данному регулятору и восстановления управления.

Кнопки управления регулятором предназначены для подачи команд на изменение положения регулятора.

Кнопки «АВТ», «МЕСТ», «ДИСТ» и «РЕМОНТ» предназначены для изменения режима управления:

- автоматический – регулятор управляется автоматикой;
- местный – регулятор управляется со шкафа управления операторами вручную;
- дистанционный – регулятор управляется из диспетчерской операторами вручную;
- ремонт – регулятор не управляется, находится в ремонте.

При нажатии правой кнопкой мыши на изображении регулятора будет открыто расширенное окно его состояния и управления, при этом выбранный регулятор выделяется рамкой красного цвета (рис. 5.3). Параметры регулятора внизу окна могут быть отредактированы (скорректированы) с помощью мыши и клавиатуры компьютера.

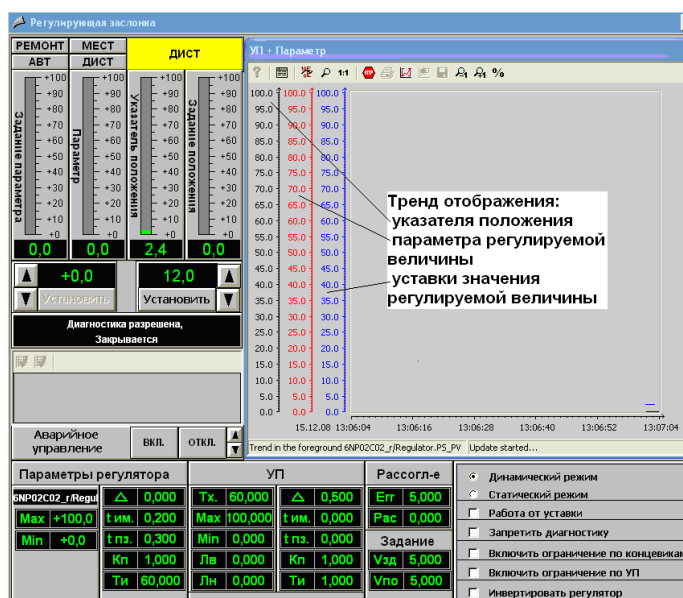


Рис. 5.3. Расширенное окно управления регулятором

Вопросы для самопроверки

1. Что такое НМІ-интерфейс?
2. Поясните назначение мнемосхем.

Должен знать: отображение различных элементов на мнемосхеме: показания датчиков, окна управления исполнительными устройствами.

Должен уметь: разрабатывать элементы НМІ-интерфейса.

РАЗДЕЛ 3. SCADA-СИСТЕМЫ

ТЕМА 6. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Литература: [1, 2, 3].

Современная АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) представляет собой многоуровневую человеко-машинную систему управления.

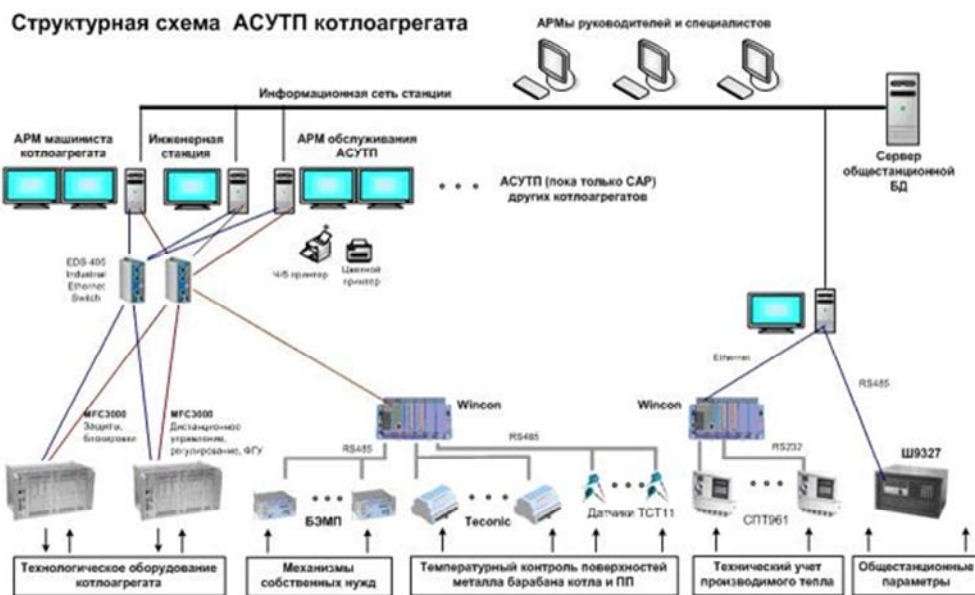


Рис. 6.1. Пример структурной схемы АСУ ТП

Создание АСУ сложными технологическими процессами осуществляется с использованием автоматических информационных систем сбора данных и вычислительных комплексов, которые постоянно совершенствуются по мере эволюции технических средств и программного обеспечения. Верхний уровень АСУ включает АРМы и программное обеспечение (SCADA-системы).

SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition) – система диспетчерского управления и сбора данных. Специальное программное обеспечение, решающее задачи ввода-вывода информации в системе АСУ ТП, отслеживания аварийных и предаварийных ситуаций, обработки и представления на пульт оператора графической информации о процессе, поддержки отчетов о выполнении технологического процесса.

SCADA-система – это программный комплекс, позволяющий визуализировать технологический процесс и управлять им в реальном времени с монитора компьютера. Работа со SCADA-системами возможна в 2 режимах – «проектирование» (конфигурирование программной части АСУ) и «управление» (управление процессом).

SCADA-системы применяются везде, где требуется оперативный контроль параметров, хода производства с возможностью немедленно реагировать на события технологического процесса либо автоматически в соответствии с заданным алгоритмом, либо вручную действиями оператора.

Примеры SCADA-систем:

TRACE MODE® – это интегрированная информационная система для управления промышленным производством в реальном времени,

объединяющая в едином целом продукты для автоматизации технологических процессов и бизнес-процессов.

«КРУГ – 2000» – российская разработка для управления производством в едином информационном пространстве.

SIMATIC WinCC предназначен для решения обширного комплекса задач человеко-машинного интерфейса: от разработки проекта отдельно взятой панели оператора до разработки мощных систем человеко-машинного интерфейса с архитектурой клиент/сервер.

InTouch – мощный человеко-машинный интерфейс (HMI) для промышленной автоматизации, управления технологическими процессами и диспетчерского контроля. В России SCADA активно применяется для создания DCS (распределенных систем управления) и других АСУ.

ПТК – узкоспециализированный программно-технический комплекс, включающий техническую составляющую (контроллеры и т.д.).

Примеры:

ПТК ТЕКРОН® разработан для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами, систем телемеханики, коммерческого учёта газа, электрической и тепловой энергии. ПТК ТЕКРОН® является совместной разработкой ЗАО ПК «Промконтроллер» (торговая марка ТЕКОН) и Научно-производственная фирма «КРУГ».

Программно-Технические Комплексы (ПТК) серии "Tornado" предназначены для создания АСУ ТП на промышленных объектах энергетики, нефтяной, газовой, химической промышленности, перерабатывающих отраслей, транспорта, коммунального хозяйства и других объектах. ПТК "Tornado" является современной полнофункциональной системой созданной на базе микропроцессорной техники.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите примеры интегрированных систем проектирования и управления.
2. Поясните функции и назначение SCADA-систем.
3. Приведите примеры основных элементов SCADA-систем.

Должен знать: функциональный состав и назначение интегрированных систем проектирования и управления.

Должен уметь: определять конфигурацию необходимой интегрированной системы проектирования и управления.

РАЗДЕЛ 4. ПРИМЕР SCADA-СИСТЕМЫ

ТЕМА 7. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ TRACE MODE

Литература: [1, 2, 14].

SCADA-система TRACE MODE 6 – это единая интегрированная среда разработки, объединяющая в себе функции SCADA/HMI с SOFTLOGIC системой программирования контроллеров и экономическими модулями T-FACTORY (MES-EAM-HRM).



Рис. 7.1. Пример интерфейса в SCADA-системе TRACE MODE 6

Технология автопостроения в SCADA системе TRACE MODE 6 позволяет несколькими движениями мыши создать связи между узлами распределенной системы управления (PCY), между источниками данных SCADA и каналами, создать источники данных по известной конфигурации контроллера и т.п. В состав системы входят бесплатные драйверы для нескольких тысяч контроллеров и УСО.

Принцип единого проекта для распределенной АСУ позволяет осуществлять прямые привязки между компонентами разных узлов. Например, можно отобразить значение канала одного узла SCADA на экране другого, не создавая дополнительного канала для связи между ними.

Для программирования алгоритмов управления технологическими процессами в SCADA системе TRACE MODE 6 поддерживаются 5 языков международного стандарта IEC 61131-3. Среди них есть и визуальные языки - Techno FBD, Techno LD, Techno SFC и процедурные - Techno ST, Techno IL.

Такой широкий диапазон средств программирования позволяет специалисту любого профиля выбрать для себя наиболее подходящий инструмент реализации любых задач АСУ ТП и АСУП.

Для удобства редактирования сложных мнемосхем в графическом редакторе SCADA системы TRACE MODE 6 поддерживаются слои, видимостью которых можно управлять. Более того, видимостью слоев можно управлять в реальном времени. Это позволяет на одной мнемосхеме отображать по желанию пользователя те или иные подсистемы технологического объекта. Например, можно создать поверх плана сооружения несколько схем-слоев: канализация, отопление, электроснабжение, вентиляция, пожарная сигнализация и т.д.; а отображать только то, что нужно в данный момент.

В SCADA системе TRACE MODE 6 растровые рисунки могут подвергаться произвольной трансформации (поворот, растяжение), причем не только в редакторе, но и динамически. Поддерживается прозрачность фона.

Работа с трендами. Система навигации позволяет просматривать состояние технологического процесса за произвольный временной интервал, увеличивать выделенный участок тренда, добавлять в процессе работы со SCADA новые перья. Для каждого параметра настраивается не только цвет линии, но и ее стиль. Интервалы недоверности значения параметра, возникающие, например, в случае потери связи SCADA с датчиком, могут отображаться особым цветом и стилем. Точное значение контролируемых параметров в определенный момент времени можно узнать с помощью визира одним нажатием мыши. Внешний вид и набор доступных элементов навигации настраивается индивидуально для каждого тренда.

SCADA TRACE MODE 6 обладает собственной высокопроизводительной промышленной СУБД реального времени SIAD/SQL™6, оптимизированной на быстрое сохранение данных. Архивные данные SIAD/SQL™6 не только быстро сохраняются, но и подвергаются статистической обработке в реальном времени, а также могут отображаться на мнемосхемах SCADA и использоваться в программах наравне с данными реального времени.

Особое внимание в SCADA TRACE MODE 6 уделено возможностям интеграции с базами данных и другими приложениями. Поэтому в SCADA встроена поддержка наиболее популярных программных интерфейсов: ODBC, OPC, DDE. Для облегчения настройки взаимодействия с внешними базами данных в интегрированную среду разработки TRACE MODE встроен редактор SQL-запросов.

Пример 7.1. Укажите расположение на панели инструментов графического элемента «Клапан» в SCADA-системе TRACE MODE 6.

Графический элемент «Клапан» располагается в наборе графических элементов «Объемные фигуры».

Пример 7.2. Укажите, каким образом можно изменить свойство «Верхний край» графического элемента «Цилиндр» в SCADA-системе TRACE MODE 6.

В свойствах графического элемента «Цилиндр» в закладке «Общие свойства» располагается строка «Верхний край». В этой строке можно изменить вид верхнего края данного графического элемента.

Пример 7.3. Укажите тип (входной/выходной) аргумента мнемосхемы, отвечающего за отображение величины технологического параметра.

Значение величины технологического параметра приходит с контроллера и отображается на мнемосхеме, следовательно, тип данного аргумента – входной. В случае если с этого аргумента значение передается в какой либо иной раздел, тип должен быть указан как in/out.

Пример 7.4. Укажите местоположение блока «Масштабирование» в разделе FBD-блоков в SCADA-системе TRACE MODE 6.

Блок «Масштабирование» расположен в закладке «Арифметические».

Пример 7.5. Укажите название и местоположение FBD-блока в SCADA-системе TRACE MODE 6, соответствующего математическому описанию: $O = X^2 + Y^2$.

Данный блок называется «Сумма квадратов (HYPOT)» и располагается в закладке «Арифметические».

Вопросы для самопроверки

1. Опишите основные языки программирования, доступные в SCADA-системе TRACE MODE.

2. Опишите графическую составляющую SCADA-системы TRACE MODE.

Должен знать: состав и назначение графической и алгоритмической составляющих SCADA-системы TRACE MODE.

Должен уметь: создавать простые проекты в SCADA-системе TRACE MODE.

7. ПРАВИЛА ПО ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется каждым студентом после изучения соответствующих тем учебной дисциплины.

Она должна выполняться самостоятельно, так как является формой методической помощи студентам при изучении дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления».

Выполненная работа предъявляется преподавателю для проверки.

Работа засчитывается, если в ней нет существенных недостатков. При наличии в контрольной работе существенных недостатков работа возвращается студенту для их устранения. Недостатки, подлежащие устранению указываются преподавателем. После получения студентом не зачтенной работы он должен исправить все отмеченные преподавателем ошибки и недочёты и прислать контрольную работу для повторной проверки.

Все исправления и дополнения выполняются в первоначальном варианте работы на дополнительных листах (два-три чистых листа подшиваются к каждой работе при её оформлении).

Каждый студент выполняет вариант задания на контрольную работу, обозначенной исходной цифрой его учебного шифра в зачётной книжке.

Варианты контрольных заданий представлены в таблицах подраздела «Содержание работы», где для каждого варианта помещены индивидуальные исходные данные для контрольной работы.

Контрольная работа выполняется студентом на стандартных скреплённых листах формата А4, чернилами любого цвета, кроме красного.

Титульный лист работы оформляется в соответствии с требованиями для контрольных работ (на титульном листе указывается наименование университета, дисциплины по которой выполнена работа, название контрольной работы; фамилия, имя и отчество студента, наименование учебной группы и варианта задания, дата выполнения контрольной работы и адрес студента). В конце контрольной работы студенту следует привести список использованной литературы и расписаться.

8. ЗАДАНИЕ, ВАРИАНТЫ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Обязательным является выполнение 10 задач. Выбор варианта контрольной работы производится в соответствии с шифром (последней цифрой номера зачетной книжки). Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном виде или оформлена на компьютере. Решения

примеров иллюстрируются аккуратно вычерченными рисунками и схемами. Для замечаний преподавателей должны быть оставлены поля.

1. Необходимо определить тип выходного сигнала с датчика, соответствующего варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 16.

Вариант	Датчик
0	Датчики давления АИР-10 (ЭЛЕМЕР)
1	Термопреобразователи ТСМУ-205-Н (ЭЛЕМЕР)
2	Термопреобразователи сопротивления ДТС 025(ОВЕН)
3	Микропроцессорные преобразователи давления серии ЭЛЕМЕР-100
4	Термопреобразователи сопротивления ДТС 055 (ОВЕН)
5	Малогабаритный датчик давления АИР-10SF (ЭЛЕМЕР)
6	Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304 (ЭЛЕМЕР)
7	Термоэлектрические преобразователи типа ДТП(ХК) 185 (ОВЕН)
8	Термопреобразователи ТХАУ-205-Н (ЭЛЕМЕР)
9	Термопреобразователи ТХКУ 0104 (ЭЛЕМЕР)

2. Необходимо выбрать тип модуля ввода/вывода контроллера для подключения датчика, соответствующего варианту, и объяснить свой выбор.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 16.

Вариант	Датчик	Варианты модулей			
0	Малогабаритные погружные зонды Метран-55	AI	AO	DI	DO
1	Термопреобразователи ТХАУ Метран-271	DI	DO	AI	AO
2	Волноводные радарные уровнемеры Rosemount серии 5300	AI	AO	DI	DO
3	Электромагнитные расходомеры Метран-370	DI	AO	AI	DO
4	Термопреобразователи ТСПУ Метран-276	DI	AO	AI	DO
5	Датчики давления серии Метран-150	AI	AO	DI	DO
6	Радарные уровнемеры Rosemount серии 5400	AI	AO	DI	DO
7	Бесконтактные ультразвуковые уровнемеры Rosemount серии 3100	DI	DO	AI	AO
8	Вибрационные сигнализаторы уровня Rosemount серии 2110	AI	AO	DI	DO
9	Вибрационные сигнализаторы уровня Rosemount серии 2120	DI	AO	AI	DO

3. Необходимо изобразить программу в языке FBD равномерного постоянного повышения значения C со скоростью A .

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 31.

Вариант	A	Вариант	A	Вариант	A	Вариант	A	Вариант	A
0	1	2	3	4	5	6	7	8	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	2

4. Необходимо изобразить программу в языке FBD равномерного постоянного повышения значения C со скоростью A от начального значения B .

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 31.

Вариант	A	B	Вариант	A	B
0	2	5	5	7	12
1	3	10	6	8	17
2	4	9	7	9	15
3	5	6	8	10	18
4	6	11	9	11	20

5. Необходимо изобразить программу в языке FBD равномерного постоянного повышения значения C со скоростью A от начального значения B , при условии ограничения C в пределах от C_{\min} до C_{\max} .

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 31.

Вариант	A	B	C_{\min}	C_{\max}
0	2	5	0	40
1	3	10	5	50
2	4	9	10	60
3	5	6	15	50
4	6	11	5	40
5	7	12	10	30
6	8	17	15	60
7	9	15	0	40
8	10	18	20	50
9	11	20	25	60

6. Укажите расположение на панели инструментов графического элемента в SCADA-системе TRACE MODE 6, согласно варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 44.

Вариант	Графический элемент
0	КОНУС
1	ТРЕУГОЛЬНИК
2	ПРЯМОУГОЛЬНИК
3	ОВАЛ
4	СФЕРА
5	ТОР
6	НАСОС
7	ТРУБА
8	ПОЛЗУНОК
9	АРХИВНАЯ ГИСТОГРАММА

7. Опишите, каким образом можно изменить указанное в таблице свойство графического элемента в SCADA-системе TRACE MODE 6, согласно варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 44.

Вариант	Графический элемент	Свойство
0	Цилиндр	Текстура
1	Цилиндр	Толщина стенок
2	Цилиндр	Ориентация
3	Клапан	Материал
4	Клапан	Текстура
5	Клапан	Толщина стенок
6	Клапан	Ориентация
7	Клапан	Форма привода
8	Насос	Форма насоса
9	Насос	Цвет фланцев

8. Укажите тип (входной/выходной) аргумента мнемосхемы, согласно варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 44.

Вариант	Аргумент мнемосхемы	Вариант	Аргумент мнемосхемы
0	Уровень	5	Расход
1	Давление	6	Закрыто
2	Температура	7	Выключить
3	Открыть	8	Закреть
4	Включено	9	Открыто

9. Укажите местоположение указанного в таблице блока в разделе FBD-блоков в SCADA-системе TRACE MODE 6, согласно варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 45.

Вариант	FBD-блок
0	Квадратный корень
1	Равенство нулю
2	Округление
3	Ограничение
4	Вставка нуля
5	Анализ на равенство
6	Циклический импульс
7	Масштабирование
8	Выбор из трех
9	Десятичный логарифм

10. Укажите название и местоположение FBD-блока в SCADA-системе TRACE MODE 6, соответствующего математическому описанию согласно варианту.

Пример решения подобной задачи рассмотрен на с. 45.

Вариант	Математическое описание
0	$O = \text{NOT } X$
1	$O = A + B + C + D$
2	$O = -X$
3	$\text{SIN} = \sin(\text{ARG})$
4	$O = X - Y$
5	$O = X \text{ OR } Y$
6	$\text{TAN} = \text{tg}(\text{ARG})$
7	Если $\text{IN1} = \text{IN2}$, то $\text{EQ} = 1$ (TRUE), в противном случае $\text{EQ} = 0$ (FALSE)
8	$O = X \text{ AND } Y$
9	$O = X/Y$

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Общие рекомендации к изучению дисциплины	
«Интегрированные системы проектирования и управления»	5
1. Программа дисциплины СД.5 «Интегрированные системы проектирования и управления» направления подготовки 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств» заочного факультета КГЭУ	7
2. Самостоятельное изучение	8
3. Содержание лекций.....	10
4. Содержание лабораторных занятий	10
5. Литература	10
6. Методические указания к изучению дисциплины «Интегрированные системы проектирования и управления»	11
7. Правила по оформлению контрольной работы	46
8. Задание, варианты и исходные данные контрольной работы.....	46

Учебное издание

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Программа и методические указания по изучению дисциплины

Для студентов заочной формы обучения

Составители: **Александр Нетфуллович Богданов,**
Артур Камилович Гильфанов

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств КГЭУ

Авторская редакция
Компьютерная верстка *А.Ф. Гаязов*

Подписано в печать 25.01.2012.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. 3,02 л. Уч.-изд. 3,12 л. Тираж 500 экз. Заказ № 4269.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51