

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Проектирование и управление в технических системах»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Системы и средства автоматизации технологических процессов

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль образовательной программы *Системы и средства автоматизации
технологических процессов*

Форма обучения *очная*

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	4
1.1 Лекция № 1 Введение. Модернизация и механизация оборудования	4
1.2 Лекция № 2 Основные принципы систем автоматизации и управления	9
1.3 Лекция № 3 Локальные автоматизированные системы управления технологическими процессами	10
1.4 Лекция № 4 Интеграция АСУ ТП по вертикали	15
1.5 Лекция № 5 Деление АСУ ТП по типу принимаемых решений	17
1.6 Лекция № 6 АСУ ТП базе программно-технических комплексов	20
1.7 Лекция № 7 Организация векторов прерывания в управляющем программно-техническом комплексе	27
1.8 Лекция № 8 Алгоритмы управления в АСУ ТП	30
1.9 Лекция № 9 Интегрированные системы автоматизации и управления	35
2. Методические указания по проведению практических занятий	55
2.1 Практическое занятие № ПЗ-1,2,3 Применение условных графических обозначений измерительных преобразователей, вторичных преобразователей, контрольно-измерительных и регулирующих приборов, исполнительных механизмов и регулирующих органов	55
2.2 Практическое занятие № ПЗ-4,5 Разработка функциональных технологических схем автоматизации с использованием локальных систем автоматического контроля и управления	63
2.3 Практическое занятие № ПЗ-6,7 Разработка принципиальных электрических схем дистанционного управления реверсивными и не реверсивными исполнительными механизмами	65
2.4 Практическое занятие № ПЗ-8,9 Разработка принципиальных электрических схем локальных систем автоматического регулирования	66
2.5 Практическое занятие № ПЗ-10,11 Разработка принципиальных электрических схем технологической сигнализации параметров объектов управления (с использованием разделительных диодов)	69
2.6 Практическое занятие № ПЗ-12,3 Разработка функциональных технологических схем автоматизации с использованием средств централизованного контроля и управления	85

2.7 Практическое занятие № ПЗ-14,15,16	<i>Разработка принципиальной электрической схемы ввода аналоговых сигналов в УВМ от измерительных преобразователей.....</i>	<i>104</i>
2.8 Практическое занятие № ПЗ-17,18	<i>Разработка принципиальной пневмоэлектрической схемы управления компрессором, с автоматическим включением резервного компрессора.....</i>	<i>108</i>

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1(2 часа).

Тема: «Введение. Модернизация и механизация оборудования»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Подготовка технологических процессов и производств к автоматизации: модернизация и механизация оборудования, диспетчеризация.
2. Характеристики и модели оборудования.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Подготовка технологических процессов и производств к автоматизации: модернизация и механизация оборудования, диспетчеризация.

Отдел главного технолога предприятия является самостоятельным структурным подразделением предприятия и подчиняется главному инженеру или заместителю главного инженера по подготовке производства. Структуру и штатную численность отдела утверждает директор предприятия исходя из условий и особенностей деятельности предприятия по представлению технического директора и главного технолога и по согласованию с отделом кадров; отделом организации и оплаты труда.

Структуру и штаты отдела утверждает директор предприятия в соответствии с типовыми структурами аппарата управления и нормативами численности руководителей, специалистов и служащих с учетом объемов работы и особенностей производства.

В состав отдела главного технолога могут входить: технологическое бюро механической обработки, технологическое бюро литья и штамповки, технологическое бюро сборочных работ, технологическое бюро сварочных работ, конструкторско-технологическое бюро проектирования отдельных узлов, приспособлений, инструмента, лаборатории механизации и автоматизации, технологические бюро и т. д., бюро планирования подготовки производства, копировальное бюро, центральная химическая лаборатория, управление делами отдела.



Рис. 2 Структура отдела главного технолога

В ходе своей работы отдел главного технолога решает следующие задачи:

- обеспечение внедрение новых прогрессивных технологий;
- совершенствование технологической подготовки производства.

На предприятии отдел главного технолога выполняет следующие функции:

- разработка и внедрение в производство наиболее прогрессивных технологических процессов, видов оборудования и технологической оснастки, средств автоматизации и механизации.
 - систематический анализ прогрессивности действующих технологических процессов и их совершенствование в целях повышения производительности труда, улучшения качества, снижения себестоимости продукции.
 - контроль чертежей деталей, узлов, агрегатов, изделий на технологичность.
 - разработка технологических процессов с установлением режимов обработки и машинного времени на вновь вводимые и модернизированные объекты производства, а также на детали и узлы разовых заказов с учетом новейших методов обработки; корректировка разработанных технологических процессов в связи с изменениями, вводимыми в конструкцию и технологию изделий.
 - разработка заданий на конструирование специальной оснастки (инструмента и приспособлений), потребности в которой выявляется при разработке технологических процессов, и участие в обсуждении разработанных конструкций.
 - разработка и оформление технического задания на производство нестандартного оборудования, средств автоматизации и механизации и участие в обсуждении разработанных конструкций.
 - разработка планировки по реконструкции производственных участков и цехов.
 - систематическое изучение причин брака и дефектов в производстве и участие в разработке мероприятий по их ликвидации.
 - контроль за соблюдением технологической дисциплины и принятие своевременных мер по устранению нарушений технологической дисциплины.
 - подготовка исходных данных для расчета норм расхода материалов на изделие, норм труда на технологические процессы.
- участие в составлении планов НОТ и сетевых графиков.

-разработка расчетных материалов для обоснования потребности предприятия, в оборудовании, составление заявок на необходимое оборудование и реализация излишнего оборудования через соответствующие службы предприятия.

-организация учета и введение отчетности выполнения плана технологической подготовки производства и выдача технологической документации в производство.

-составление квартальных и годовых отчетов о выполнении мероприятий оргтех-плана, отчетов по выполнению планов по новой технике, снижению трудоемкости и других отчетов, относящихся к деятельности отдела главного технолога.

- изучение и внедрение в производство передового опыта отечественной и зарубежной промышленности в области технологии работ; издание методических указаний, технических и справочных материалов в области применения новой техники и технологии.

- установление систематической связи с научно-исследовательскими институтами, контроль за выполнением научно-исследовательских работ.

- осуществление руководства подразделениями отдела, обеспечение рациональной организации труда в подразделениях отдела, повышение квалификации сотрудников отдела.

- обобщение и распространение передового опыта работы новаторов производства и оказание помощи в работе общественно-технологическому и конструкторскому бюро.

2. Характеристики и модели оборудования.

Взаимоотношения отдела главного технолога с другими подразделениями предприятия:

1. С отделом технического контроля - получает: сведения о качестве выпускаемой продукции, размере и причинах брака; извещения о нарушениях технологических процессов; материалы на анализ их соответствия ТУ и ГОСТам; рекомендации по вопросам улучшения качества продукции. Представляет: технологические процессы на согласование операций технического контроля; заключения по рекламациям; заключения о соответствии материалов ТУ и ГОСТам, а также их пригодность для применения в производстве; схемы и чертежи на контрольно-измерительный инструмент.

2. С отделом главного конструктора - получает: чертежи деталей, узлов и изделий; технические условия и другую техническую документацию для разработки технологических процессов и конструирования технологической оснастки; извещений об изменениях в чертежах объекта и технических условиях; перечень деталей, узлов и готовых изделий, поступающих в порядке межзаводской кооперации; техническую документацию на новые изделия опытного производства; задания на разработку нестандартного оборудования для серийного производства.

Представляет: технологическое согласование конструкций деталей, узлов, изделий, технических условий, инструкций и другой технической документации; предложения по повышению технологичности конструкций деталей, узлов, изделий, технических условий, инструкций и другой технической документации; маршруты обработки деталей, узлов и изделий по цехам и участкам; заключения по техническим условиям.

3. С отделом стандартизации и нормализации - получает сообщения о результатах нормализованного контроля чертежей, технических условий, инструкций и другой технической документации, разработанной отделом; план работы по стандартизации, нормализации и унификации; извещения об изданных и поступающих в отдел стандартизации и нормализации государственных и отраслевых стандартов, нормах и другой технической документации; извещения о всех изменениях в стандартах, нормах, технических условиях и другой технической документации. Представляет: чертежи, инструкции, технические условия и другие технические документы на предмет

нормализованного контроля; предложения и план мероприятий по подготовке производства при переходе предприятия на изготовление продукции по новому стандарту, техническому условию; необходимые материалы для разработки стандартов, нормалей, инструкций, технических условий и другой технической документации.

4. С отделом технической информации - получает чертежи, технологическую документацию по новой технике и обмену опытом, полученные с других предприятий и организаций; заявки на чертежи и технологическую документацию по новой технике и обмену опытом для отсылки другим предприятиям; консультации в области науки и техники по заявкам отдела; техническую литературу по заявкам отдела. Представляет: заявки на чертежи и техническую документацию по новой технике и обмену опытом с другими предприятиями и организациями; чертежи и технологическую документацию по новой технике и обмену опытом для отсылки другим предприятиям и организациям; информационные материалы для размножения; отчеты о творческих командировках и экскурсиях; заявки на приобретение технической литературы.

5. С бюро рационализации и изобретательства - получает: предложения рационализаторов и изобретателей на заключение об их целесообразности и для оказания помощи в выполнении чертежей, макетов, описаний и др.; месячные планы по внедрению рационализаторских предложений.

Представляет: заключения о технической возможности и экономической целесообразности рационализаторских предложений; помощь рационализаторам при выполнении чертежей, макетов, описаний и др., а также в опытной проверке по предложениям.

С отделами главного механика и главного энергетика - получает паспорта на действующее и неустановленное оборудование; сведения об изменении паспортных данных оборудования в связи с производством капитального ремонта; заявки на проектирование инструмента и приспособлений для ремонта оборудования. Представляет: технические задания на проектирование специального нестандартного оборудования; расчеты и заявки на потребное предприятию технологическое оборудование; планировки размещения оборудования в цехах; чертежи привязки оборудования (при перепланировках); чертежи специального инструмента и приспособлений; техническую документацию на модернизацию оборудования; расчеты грузооборота, необходимые для механизации погрузочно-разгрузочных работ.

6. С инструментальным отделом - получает план работы инструментального цеха на месяц, квартал; сведения о готовности технологической оснастки, инструмента по заявкам отдела; сведения о наличии покупного инструмента в ЦИСе. Представляет: графики подготовки производства новых изделий; заказы на инструментарий на новые изделия, на изменения согласно приказам; заявки на покупной инструмент, заказываемый вновь на новые изделия; чертежи на вновь заказываемый инструментарий; заполненные паспорта на штампы и пресс-формы; извещения об изменениях чертежей на технологическую оснастку.

7. С отделом технической документации - получает чертежи деталей, узлов, систем, изделий, технические условия, инструкции и другую техническую документацию; светокопии полных комплектов чертежей и другой технической документации. Представляет: разработанную технологическую документацию для регистрации, учета, хранения и размножения; акты-приказы о списании технических документов; заявки на выполнение копировально-светокопировальных и фоторабот.

8. С производственно-диспетчерским отделом - получает планы-графики подготовки производства и выпуска изделий. Представляет: комплекты документации по расцеховке изделия; извещения об изменениях в расцеховках.

9. С отделами материально-технического снабжения и внешней кооперации - получает заявки на все отклонения от технических условий на поставку материалов и полуфабрикатов; запросы по техническим требованиям на материалы и полуфабрикаты.

Представляет: заявки на материалы, полуфабрикаты и покупные изделия для опытного производства с приложением расчетов обоснования потребности.

10. С планово-экономическим отделом - получает: утвержденные перспективные, годовые и квартальные планы производства в номенклатуре; сроки выпуска новых изделий и модернизации серийных для составления графиков технологической подготовки производства; задания по сумме экономии от выполнения плана научно-технического развития и совершенствования организации производства; указания, методики и расчеты по определению экономической эффективности организационно-технических мероприятий. Представляет: проекты перспективных и текущих планов; планы развития и внедрения новой техники и улучшения организации производства, планы организационно-технических мероприятий и новой техники; сведения, материалы и расчеты для экономического анализа работы завода; материалы, необходимые для калькулирования цен на изделия.

11. С отделом организации труда и заработной платы - получает задания по снижению трудоемкости изделий; утвержденные штатные расписания; положения о порядке премирования работников отдела из фонда материального поощрения; материалы хронометражных наблюдений и фотографий рабочего дня для разработки мероприятий по устранению выявленных недостатков; консультации по трудовым вопросам. Представляет: предложения о наиболее рациональной расстановке рабочих на основных и вспомогательных операциях, на подсобных работах; более совершенную технологию производства; мероприятия по механизации тяжелых и трудоемких процессов; необходимые материалы по нормированию труда и организации заработной платы; проекты заданий по снижению трудоемкости изделий (каждый квартал по месяцам); проекты штатных расписаний, предложения, направленные на улучшение технического нормирования и организации труда.

12. С цехами основного производства - получает предложения на внесение изменений в технологию производства, связанные с повышением производительности труда, качества продукции и т. п.; организационно-технические мероприятия по ликвидации узких мест; сведения о нормах выработки и затратах времени на работы, вызванные отклонениями от основного технологического процесса; ежемесячные технологические отчеты; предложения, направленные на улучшение организации рабочих мест; планировки участков и цеха, размещения оборудования. Представляет техническую и технологическую документацию (через отдел технической документации); чертежи, технические условия и спецификации; технологические маршрутные карты; спецификации инструмента и приспособлений; альбомы типовых технологических процессов по узлам и деталям; план установки оборудования и внедрения новой техники; извещения об изменениях технологических процессов; руководство внедрением технологических процессов и специальной оснастки.

Отдел главного технолога обладает следующими правами:

1. Участвовать в разработке технических условий, инструкций на новые изделия и определять возможность и сроки передачи их для освоения в производстве.
2. Обеспечивать разработку всей технологической документации и контроль за использованием ее на производстве.
3. Останавливать производство работ при отступлении от утвержденного технологического процесса с последующим уведомлением об этом главного инженера предприятия.
4. Требовать от руководителей цехов соблюдения правил эксплуатации и хранения технологической оснастки.
5. Поручать технологическим службам цехов по согласованию с руководством цехов выполнение отдельных заданий по вопросам технологии производства.
6. Получать от других подразделений и цехов сведения и материалы, необходимые для работы отдела.

7. Вносить предложения руководству предприятия о привлечении к ответственности работников завода, систематически нарушающих технологическую дисциплину.

1. 2 Лекция №2(2 часа).

Тема:«Основные принципы систем автоматизации и управления»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Основные принципы разработки систем автоматизации и управления
2. Согласования пропускной способности различных звеньев системы, стандартизации и унификации.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1.Основные принципы разработки систем автоматизации и управления:

- а) принцип постановки и решения новых задач.
- б)системного подхода к проектированию.
- в)первого руководителя.
- г) непрерывного развития системы.
- д) единства информационной базы.
- е) комплексности задач и рабочих программ.

Принцип системности является важнейшим при создании, функционировании и развитии АИС. Он позволяет подойти к исследуемому объекту как единому целому; выявить на этой основе многообразные типы связей между структурными элементами, обеспечивающими целостность системы; установить направления производственно-хозяйственной деятельности системы и реализуемые ею конкретные функции.

Для АИС управления характерна многоуровневая иерархия с вертикально соподчиненными элементами (подсистемами). Преимущества иерархических структур способствовали их широкому распространению в системах управления. Так, иерархическая структура создает относительную свободу действий над отдельными элементами для каждого уровня системы и возможность различных сочетаний локальных критериев оптимальности с глобальным критерием оптимальности функционирования системы в целом; обеспечивает относительную гибкость системы управления и возможность приспосабливаться к изменяющимся условиям; повышает надежность за счет возможности введения элементной избыточности, упорядочения направлений потоков информации.

Принцип развития: АИС создается с учетом возможности постоянного пополнения и обновления функций системы и видов ее обеспечений.

Принцип совместимости: обеспечение способности взаимодействия АИС различных видов, уровней в процессе их совместного функционирования.

Принцип стандартизации и унификации заключается в необходимости применения типовых, унифицированных и стандартизированных элементов функционирования АИС. Внедрение в практику создания и развития АИС этого принципа позволяет сократить временные, трудовые и стоимостные затраты на создание АИС при максимально возможном использовании накопленного опыта в формировании проектных решений и внедрении автоматизации проектировочных работ.

Принцип эффективности: достижение рационального соотношения между затратами на создание АИС и целевым эффектом, получаемым при ее функционировании.

Как правило, кроме основополагающих принципов для эффективного осуществления управления выделяют также ряд частных принципов, детализирующих общие. Соблюдение каждого из частных принципов позволяет получить определенный экономический эффект. Один из них — принцип декомпозиции — используется при

изучении особенностей, свойств элементов и системы в целом. Он основан на разделении системы на части, выделении отдельных комплексов работ, создает условия для более эффективного ее анализа и проектирования.

Принцип первого руководителя: предполагает закрепление ответственности при создании системы за заказчиком — руководителем предприятия, организации, отрасли, т.е. будущим пользователем, который отвечает за ввод в действие и функционирование АИС.

Принцип новых задач: поиск постоянного расширения возможностей системы, совершенствование процесса управления, получение дополнительных результатных показателей с целью оптимизировать управленческие решения. Это может сопровождаться постановкой и реализацией при использовании ЭВМ и других технических средств новых задач управления.

Принцип автоматизации информационных потоков и документооборота: предусматривает комплексное использование технических средств на всех стадиях прохождения информации от момента ее регистрации до получения результатных показателей и формирования управленческих решений.

Принцип автоматизации проектирования: имеет целью повысить эффективность самого процесса проектирования и создания АИС на всех уровнях народного хозяйства, обеспечивая при этом сокращение временных, трудовых и стоимостных затрат за счет внедрения промышленных методов. Современный уровень разработки и внедрения систем позволяет широко использовать типизацию проектных решений, унификацию методов и средств при подготовке проектных материалов, стандартизацию подходов при проектировании отдельных элементов систем и подсистем, методы автоматизации ведения проектных работ с использованием персональных ЭВМ и организованных на их базе автоматизированных рабочих мест проектировщика.

Важным является соблюдение роли руководителя, а так же правильная постановка целей и задач.

2.Согласования пропускной способности различных звеньев системы, стандартизации и унификации

Существует понятие жизненного цикла системы:

1. анализ предметной области (выявление функциональных / нефункциональных требований, ТЗ)
2. проектирование системы (рабочий проект, технический проект, конструкторские решения)
3. реализация (воплощение в виде программного обеспечения)
4. тестирование (выявление ошибок, например нестыковка модулей)
5. ввод в действие системы
6. эксплуатация и сопровождение системы, поддержка жизнеспособности системы
7. снятие с эксплуатации.

Стадии и этапы – это одно и то же, но в стандарте ISO 9001 называется стадиями.

1. 3 Лекция 3(2 часа).

Тема: «Локальные автоматизированные системы управления технологическими процессами»

1.3.1Вопросы лекции:

- 1.Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), их функции и структуры.
2. Основы АСУ ТП: информационное, техническое, математическое, организационное, экономическое и другие виды обеспечений.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1 Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), их функции и структуры.

1. Информационные, содержанием которых является сбор, обработка и представление информации о состоянии автоматизированного технологического комплекса (АТК) оперативному персоналу или передача этой информации для последующей обработки. Например, централизованный контроль и измерение технологических параметров, косвенное измерение параметров процесса, формирование и выдача данных оперативному персоналу АТК, подготовка и передача информации в смежные системы управления, обобщенная оценка и прогноз состояния АТК и его оборудования.

2. Управляющие, результатом которых являются выработка и реализация управляющих воздействий на ТОУ. Например, регулирование (стабилизация) отдельных технологических переменных, одноканальное логическое управление операциями или аппаратами, программное логическое управление группой оборудования, оптимальное управление установившимися или переходными технологическими режимами, адаптивное управление объектом в целом. Отличительная особенность управляющих и информационных функций АСУ ТП – их направленность на конкретного потребителя (ТОУ, оперативный персонал, смежные системы управления).

3. Вспомогательные, функции обеспечивающие решение внутри системных задач. Они имеют потребителя вне системы. Например, контроль за функционированием и состоянием технических средств, контроль за хранением информации и т.п.

Состав АСУ ТП

1. Техническое обеспечение – комплекс технических средств получения информации о состоянии ТОУ, формирования и передачи информации, локального регулирования и управления вычислительной техники, представления информации оперативному персоналу, передачи информации в смежные и вышестоящие АСУ, исполнительные устройства.

2. Программное обеспечение, состоящее из общего и специального. Общее программное обеспечение – организующие и транслирующие программы, библиотеки стандартных программ и т. д. Специальное программное обеспечение – программы контроля и управления, реализующие функции АСУ ТП.

3. Информационное обеспечение – единая система классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации, справочная и оперативная информация.

4. Организационное обеспечение – описание функциональной, технической и организационной структур, инструкции и регламенты для оперативного персонала.

5. Оперативный персонал – технологи-операторы, осуществляющие управление ТОУ, эксплуатационный персонал, обеспечивающий заданное функционирование системы в целом.

Основные мероприятия при создании или реконструкции АСУ ТП

Основные мероприятия при создании или реконструкции АСУ ТП включают:

- обследование объекта автоматизации
- разработку концепции автоматизации, технических требований и технического задания на АСУ ТП
- выбор программно-технического комплекса для АСУ ТП
- техническое руководство работами по разработке и внедрению АСУ ТП
- разработку технорабочего проекта АСУ ТП, включая компоновку и планы размещения оборудования, чертежи архитектурно-строительной части, монтажные

чертежи, кабельные журналы, спецификации на оборудование и материалы по всем частям проекта, рабочие сметы, сводный сметный расчёт

- разработку алгоритмического обеспечения, включая видеограммы, алгоритмы технологических защит, блокировок, авторегуляторов, сигнализации, шаговых программ (ФГУ), информационно-расчётных задач
- разработку проекта программно-технического комплекса (ПТК)
- заводские испытания и поставку ПТК
- обучение персонала
- строительные и электромонтажные работы (с привлечением субподрядчиков), технический надзор за реализацией проекта АСУ ТП
- пуско-наладочные работы, включая «холодную» наладку, поузловое опробование, комплексное опробование, сдачу в опытную эксплуатацию, режимную наладку
- приёмо-сдаточные испытания и ввод АСУ ТП в промышленную эксплуатацию
- гарантийное и постгарантийное сопровождение

2. Основы АСУ ТП: информационное, техническое, математическое, организационное, экономическое и другие виды обеспечений.

После идентификации необходимо выбрать схему управления ТП, которая, как правило, строится с учетом применения принципов управления, определяющих режим функционирования АСУ ТП. Наиболее простой и исторически первой появилась схема управления ТП в режиме сбора данных. При этом АСУ подсоединяется к процессу способом, выбранным инженером-технологом (рис.1).

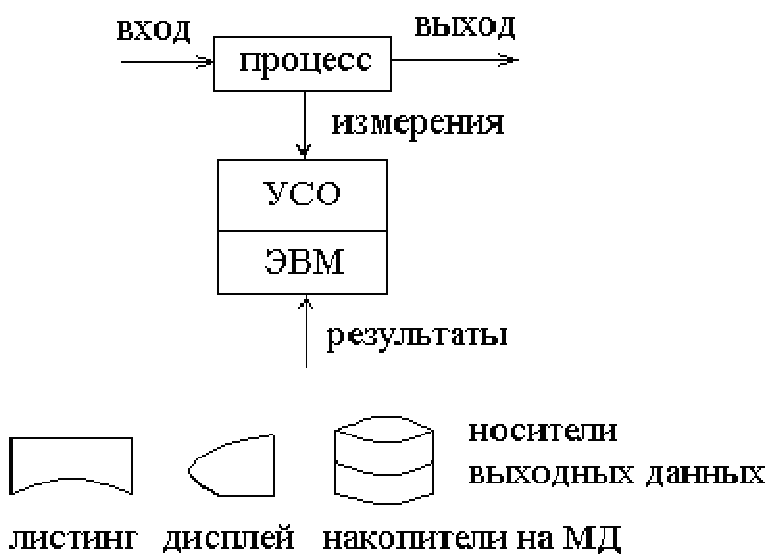


Рис. 1 Система сбора данных

Интересующие инженера-технолога переменные преобразуются в цифровую форму, воспринимаемую системой ввода и помещаются в ЗУ ЭВМ. Величины на этом этапе являются цифровыми представлениями напряжения, генерируемого датчиками. Эти величины по соответствующим формулам преобразуются в технические единицы. Например, для вычисления температуры, замеряемой с помощью термопары, может использоваться формула $T = A \cdot U^2 + B \cdot U + C$, где U – напряжение с выхода термопары; A , B и C – коэффициенты. Результаты вычислений регистрируются устройствами вывода АСУ ТП для последующего использования инженером-технологом. Главной целью сбора данных является изучение ТП в различных условиях. В результате инженер-технолог получает возможность построить и (или) уточнить математическую модель ТП, которым нужно управлять. Сбор данных не оказывает прямого воздействия на ТП, в нем нашел

осторожный подход к внедрению методов управления, основанных на применении ЭВМ. Однако даже в самых сложных схемах управления ТП система сбора данных для целей анализа и уточнения модели ТП используется как одна из обязательных подсистем управления.

Управление в режиме советчика оператора

Управление в режиме советчика предполагает, что ЭВМ в составе АСУТП работает в ритме ТП в разомкнутом контуре, т.е. выходы АСУТП не связаны с органами, управляющими ТП. Управляющие воздействия фактически осуществляются оператором-технологом, получающим указания от ЭВМ (рис. 2).

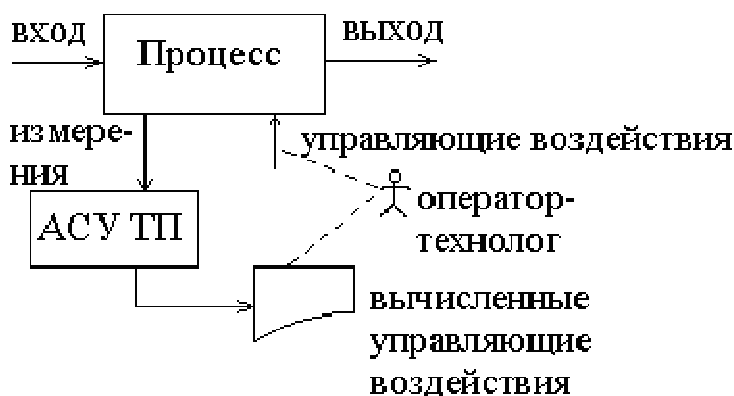


Рис. 2 АСУ ТП в режиме советчика оператора

Все необходимые управляющие воздействия вычисляются ЭВМ в соответствии с моделью ТП, результаты вычислений представляются оператору в печатном виде (или в виде сообщений на дисплее). Оператор управляет процессом, изменяя установки регуляторов. Регуляторы являются средствами поддержания оптимального управления ТП, причем оператор играет роль следящего и управляющего звена. АСУ ТП играет роль устройства, безошибочно и непрерывно направляющего оператора в его усилиях оптимизировать ТП. Основной недостаток этой схемы управления заключается в постоянном наличии человека в цепи управления. При большом числе входных и выходных переменных такая схема управления не может применяться из-за ограниченных психофизических возможностей человека. Однако управление этого типа имеет и преимущества. Оно удовлетворяет требованиям осторожного подхода к новым методам управления. Режим советчика обеспечивает хорошие возможности для проверки новых моделей ТП; в качестве оператора может выступать инженер-технолог, "тонко чувствующий" процесс. Он наверняка обнаружит неправильную комбинацию установок, которую может выдать не окончательно отлаженная программа АСУ ТП. Кроме того, АСУ ТП может следить за возникновением аварийных ситуаций, так что оператор имеет возможность уделять больше внимания работе с установками, при этом АСУ ТП следит за большим числом аварийных ситуаций, чем оператор.

Супервизорное управление

В этой схеме АСУ ТП используется в замкнутом контуре, т.е. установки регуляторов задаются непосредственно системой (рис.3).

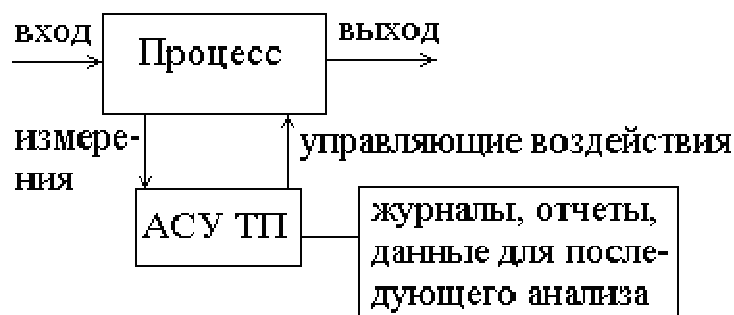


Рис. 3 Схема супервизорного управления

Задача режима супервизорного управления – поддержание ТП вблизи оптимальной рабочей точки путем оперативного воздействия на него. В этом одно из главных преимуществ данного режима. Работа входной части системы, и вычисление управляющих воздействий мало отличается от работы системы управления в режиме советчика. Однако, после вычисленных значений установок, последние преобразовываются в величины, которые можно использовать для изменения настроек регуляторов. Если регуляторы воспринимают напряжения, то величины вырабатываемые ЭВМ, должны быть преобразованы в двоичные коды, которые с помощью цифро-аналогового преобразователя превращаются в напряжения соответствующего уровня и знака. Оптимизация ТП в этом режиме выполняется периодически, напр. один раз в день. Должны быть введены новые коэффициенты в уравнения контуров управления. Это осуществляется оператором через клавиатуру, или считывая результаты новых расчетов, выполненные на ЭВМ более высокого уровня. После этого АСУ ТП способна работать без вмешательства извне в течение длительного времени. Примеры АСУ ТП в супервизорном режиме.

1. Управление автоматизированной транспортно-складской системы. ЭВМ выдает адреса стеллажных ячеек, а система локальной автоматики кранов-штабелеров обрабатывает перемещение их в соответствии с этими адресами.

2. Управление плавильными печами. ЭВМ вырабатывает значения уставок электрического режима, а локальная автоматика управляет переключателями трансформатора по командам ЭВМ.

Непосредственное цифровое управление

В режиме непосредственного цифрового управления (НЦУ) сигналы, используемые для приведения в действие управляющих органов, поступают непосредственно из АСУ ТП, и регуляторы вообще исключаются из системы. В сущности, регуляторы – это малые аналоговые вычислители, которые решают одно-единственное уравнение.

Концепция НЦУ позволяет заменить регуляторы с задаваемой установкой, АСУ ТП рассчитывает реальные воздействия, и передает соответствующие сигналы непосредственно на управляющие органы. Схема НЦУ показана на рис.4.

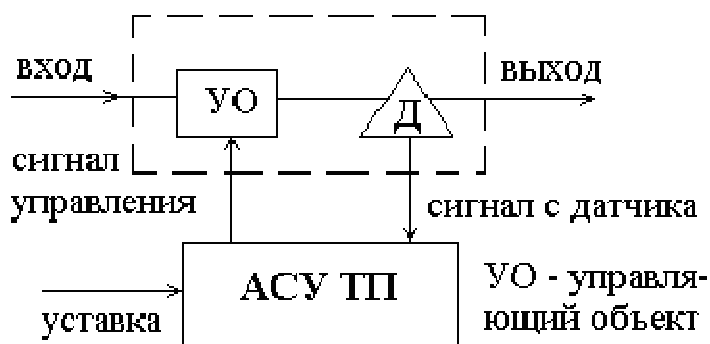


Рис. 4 Схема непосредственного цифрового управления (НЦУ)

Установки вводятся в АСУ оператором или ЭВМ, выполняющей расчеты по оптимизации процесса. При наличии системы НЦУ оператор должен иметь возможность изменять установки, контролировать некоторые избранные переменные, варьировать диапазоны допустимого изменения измеряемых переменных, изменять параметры настройки и вообще должен иметь доступ к управляющей программе. Одно из главных преимуществ режима НЦУ заключается в возможности изменения алгоритмов управления для контуров простым внесением изменений в хранимую программу. Наиболее очевидный недостаток НЦУ проявляется при отказе ЭВМ.

1. 4 Лекция №4(2 часа).

Тема: «Интеграция АСУ ТП по вертикали».

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Интеграция АСУ ТП по вертикали: АСУ ТП отрасли, производства, цеха, участка, процесса.
2. Деление АСУ ТП по типу производства: АСУ ТП дискретно-непрерывным, дискретным и непрерывным производством.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

- 1 Интеграция АСУ ТП по вертикали: АСУ ТП отрасли, производства, цеха, участка, процесса.

EAI (EnterpriseApplicationIntegration) — под этим названием понимают как технологию объединения прикладных систем, так и программные средства, реализующие эту технологию. Концепция EAI охватывает все аспекты интеграции корпоративных систем, включая интеграцию бизнес-процессов, программно-аппаратных средств и данных. Важную роль в интеграции играет стандартизация форматов используемых данных.

Выделяют следующие виды интеграции: информационно-ориентированная, сервисно-ориентированная и процессно-ориентированная

Технология информационно-ориентированной интеграции включает брокеры сообщений, ПО middleware, серверы репликации баз данных, SQL и ODBC и другие технологии и языки, которые имеют дело с распространением информации между двумя или больше системами.

Сервисно-ориентированная интеграция основана на совместном использовании функций приложений и информации. Те прикладные сервисы, которые уже существуют, могут использоваться многократно, что избавляет от необходимости создавать их каждый раз заново. Примерами сервисно-ориентированной интеграции могут служить распределенные объектные стандарты типа CORBA и DCOM, серверы приложений типа BEA WebLogic и IBM WebSphere, корпоративная сервисная шина EnterpriseServiceBus (ESB), основанная на SOA и веб-сервисы.

Процессно-ориентированная интеграция объединяет прикладные процессы путем создания связующего мета-процесса. Чем больше систем, которые нужно интегрировать, и чем менее автоматизированы поддерживаемые ими процессы, тем чаще применяется процессно-ориентированная интеграция.

Основу интеграции АСУП/АСУТП составляют продукты и решения интеграционного слоя, которые должны обеспечить получение технологических данных, их передачу на уровень системы управления предприятием и выдачу управляющих воздействий на технологический уровень.

2. Деление АСУ ТП по типу производства: АСУ ТП дискретно-непрерывным, дискретным и непрерывным производством.

Общий ход работ по интеграции АСУ можно разбить на несколько этапов.

Этап 1: Решение задач коммерческого (для связи с налоговыми и генерирующими компаниями) и технологического (межцехового) учета энергоресурсов. Сюда включаются системы учета электроэнергии, тепла, воды, газа, пара и т.д.

Этап 2: Горизонтальная интеграция подсистем автоматизации может быть решена в рамках создания оперативно-технологического сервера данных, который будет служить объединяющим звеном всех потоков данных с подсистем АСУТП и служить источником для информационных приложений предприятия.

Этап 3: Вертикальная интеграция подсистем включает в себя следующие последовательные шаги:

- интеграция оперативно-технологической базы данных реального времени (оперативно-технологический сервер АСУТП) с корпоративной базой данных, например Oracle;
- интеграция с автоматизированной системой управления бизнес-процессами предприятия (напр. SAP/R3, BAAN, Галактика и т.д.);
- создание или интеграция с существующей системой управления активами (основными фондами) предприятия.

К базовым компонентам интегрированной АСУ относятся следующие продукты и классы продуктов.

Аппаратные средства (промышленные компьютеры и контроллеры), отвечающие требованиям повышенной надежности и устойчивости для промышленных условий эксплуатации, открытости, масштабируемости, горячей замены коммуникационных модулей. Примеры аппаратных платформ: VME и CompactPCI.

Программные средства интеграции включают:

- SCADA-системы, предназначенные для создания АРМ специалистов. Они имеют поддержку стандартных протоколов обмена (OPC, SQL, DDE, OLE DB) как с технологическими системами АСУТП, так и с бизнес-приложениями.
- Базы данных реального времени, служащие основой создания оперативно-технологических серверов АСУТП, которые, в свою очередь, являются источниками данных для бизнес-приложений уровня предприятия.
- Системы управления производством (MES системы), обеспечивающие регулирование процесса движения материалов от сырья до конечного продукта.
- Системы управления основными фондами (EAM системы), поддерживающие в рабочем состоянии станочный парк и другое производственное оборудование.

Коммуникационные средства интеграции представлены локальными сетями:

- Сеть Ethernet (Ethernet, Industrial Ethernet, Radio Ethernet) для связи оперативно-технологического сервера АСУТП, АРМ операторов цехов и участков, подсистем учета энергоресурсов, центральной диспетчерской и АСУ предприятия.
- Промышленные сети (fieldbus) для организации связи интеллектуальных датчиков и механизмов, локальных (цеховых) подсистем автоматизации, оперативно-

технологического сервера АСУТП. Основными прикладными протоколами являются Profibus, MODBUS, TCP/IP-MODBUS, FieldbusFoundation.

1.5. Лекция № 5 (2 часа)

Тема: «Деление АСУ ТП по типу принимаемых решений».

1.5.1. Вопросы лекции.

1. Деление АСУ ТП по типу принимаемых решений: информационно-справочные системы, информационно-советующие, информационно-управляющие системы.

2. Автоматизация технологических процессов на базе локальных средств, выбор, разработка и внедрение локальных автоматических систем.

1.5.2. Краткое содержание вопросов

1 Деление АСУ ТП по типу принимаемых решений: информационно-справочные системы, информационно-советующие, информационно-управляющие системы.

Условно модель любой целесообразной деятельности можно представить как систему, состоящую из объекта (познания, управления, трансформации и т.п.) и некоторой воздействующей на него системы - системы управления (СУ). Система управления может быть полностью автоматической (т.е. взаимодействовать с объектом без участия человека; например, банкомат), неавтоматизированной (т.е. не имеющей в составе компьютер; например, бригада рабочих, роющих траншею), автоматизированной (т.е. содержащей как людей, так и компьютеры; например, автоматизированная система налогообложения).

АСУ - автоматизированная система управления

Автоматизированная система управления - совокупность математических методов, технических средств и организационных комплексов, обеспечивающих рациональное управление сложным объектом или процессом в соответствии с заданной целью, а так же коллектив людей объединенных общей целью

В составе АСУ выделяют:

- основную часть, в которую входят информационное, техническое и математическое обеспечение; и функциональную часть, к которой относятся взаимосвязанные программы, автоматизирующие конкретные функции управления.

Системы делятся на примитивные элементарные (для них строятся автоматические системы управления) и большие сложные.

Как уже выше было отмечено, АСУ предназначена для автоматизированной обработки информации и частичной подготовки управленческих решений с целью увеличения эффективности деятельности специалистов и руководителей за счет повышения уровня оперативности и обоснованности принимаемых решений.

Различают два основных типа таких систем: системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и системы организационного управления (АСОУ). Их главные отличия заключаются в характере объекта управления (в первом случае – это технические объекты: машины, аппараты, устройства, во втором – объекты экономической или социальной природы, то есть, в конечном счете коллективы людей) и, как следствие, в формах передачи информации (сигналы различной физической природы и документы соответственно).

Следует отметить, что наряду с автоматизированными существуют и системы автоматического управления (САУ). Такие системы после наладки могут некоторое время функционировать без участия человека.

САУ применяются только для управления техническими объектами или отдельными технологическими процессами. Системы же организационного управления, как следует из их описания, не могут в принципе быть полностью автоматическими. Люди в таких системах осуществляют постановку и корректировку целей и критериев

управления, структурную адаптацию системы в случае необходимости, выбор окончательного решения и придание ему юридической силы.

Как правило, АСОУ создаются для решения комплекса взаимосвязанных основных задач управления производственно-хозяйственной деятельностью организаций (предприятий) или их основных структурных подразделений. Для крупных систем АСОУ могут иметь иерархический характер, включать в свой состав в качестве отдельных подсистем АСУ ТП, АС ОДУ (автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления), автоматизированные системы управления запасами, оперативно-календарного и объемно-календарного планирования и АСУП (автоматизированная система управления производством на уровне крупного цеха или отдельного завода в составе комбината).

Самостоятельное значение имеют автоматизированные системы диспетчерского управления, предназначенные для управления сложными человеко-машинными системами в реальном масштабе времени. К ним относятся системы диспетчерского управления в энергосистемах, на железнодорожном и воздушном транспорте, в химическом производстве и другие. В системах диспетчерского управления (и некоторых других типах АСУ) используются подсистемы автоматизированного контроля оборудования. Задачами этой подсистемы является измерение и фиксация значений параметров, характеризующих состояние контролируемого оборудования, а сравнение этих значений с заданными границами и информирование об отклонениях.

Отдельный класс АСУ составляют системы управления подвижными объектами, такими как поезда, суда, самолеты, космические аппараты и АС управления системами вооружения.

Так как большие и сложные системы обладают свойством необозримости, то их можно рассматривать с нескольких точек зрения. Следовательно, классификационных признаков тоже много.

2. Автоматизация технологических процессов на базе локальных средств, выбор, разработка и внедрение локальных автоматических систем.

(АСУ), совокупность экономико-математических методов, технических средств (ЭВМ, средств связи, устройств отображения информации, передачи данных и т.д.) и организационных комплексов, обеспечивающих рациональное управление сложным объектом (например, предприятием, технологическим процессом). Наиболее важная цель построения всякой АСУ - резкое повышение эффективности управления объектом (производственным, административным и т.д.) на основе роста производительности управленческого труда и совершенствования методов планирования и гибкого регулирования управляемого процесса. В СССР АСУ создаются на основе государственных планов развития народного хозяйства.

Основные принципы.

Разработка АСУ, порядок их создания и направления эффективного использования базируются на следующих принципах (впервые сформулированных В. М. Глушковым).

Принцип новых задач. АСУ должны обеспечивать решение качественно новых управленческих проблем, а не механизировать приемы управления, реализуемые неавтоматизированными методами. На практике это приводит к необходимости решения многовариантных оптимизационных задач на базе экономико-математических моделей большого объема (масштаба). Конкретный состав подобных задач зависит от характера управляемого объекта. Например, для машиностроительных и приборостроительных предприятий обычно наиболее важными оказываются задачи оперативно-календарного и объемно-календарного планирования. Решающий эффект достигается в том случае, когда осуществляется точное согласование во времени всех сменных заданий как производственных, так и обеспечивающих (например, на материально-техническое снабжение и др.), определяются оптимальные объемы партий продукции и производится

оптимизация загрузки оборудования. Аналогичные задачи возникают в строительстве. В ряде случаев на первый план выдвигаются задачи технич. подготовки производства, управления проектно-конструкторскими работами. На транспорте важнейшее значение приобретают оптимизация маршрутов и расписаний движения, а также погрузочно-разгрузочных работ. В системах управления отраслью первостепенное значение имеют оптимальное планирование работы предприятий, точное согласование сроков взаимных поставок, а также проблемы перспективного развития отрасли и задачи прогнозирования.

Принцип системного подхода к проектированию АСУ. Проектирование АСУ должно основываться на системном анализе как объекта, так и процессов управления им. Это означает необходимость определения целей и критериев эффективности функционирования объекта (вместе с системой управления), анализа структуры процесса управления, вскрывающего весь комплекс вопросов, которые необходимо решить для того, чтобы проектируемая система наилучшим образом соответствовала установленным целям и критериям. Этот комплекс охватывает вопросы не только технического, но также экономического и организационного характера. Поэтому внедрение АСУ даёт принципиально новые возможности для коренного усовершенствования системы экономических показателей и экономического стимулирования.

Принцип первого руководителя. Разработка требований к системе, а также создание и внедрение АСУ возглавляются основным руководителем соответствующего объекта (например, директором завода, начальником главка, министром).

Принцип непрерывного развития системы. Основные идеи построения, структура и конкретные решения АСУ должны позволять относительно просто настраивать систему на решение задач, возникающих уже в процессе эксплуатации АСУ в результате подключения новых участков управляемого объекта, расширения и модернизации технических средств системы, её информационно-математического обеспечения и т.д. Математическое обеспечение АСУ строится таким образом, чтобы в случае необходимости можно было легко менять не только отдельные программы, но и критерии, по которым ведётся управление.

Принцип единства информационной базы. На машинных носителях информации накапливается (и постоянно обновляется) информация, необходимая для решения не какой-то одной или нескольких задач, а всех задач управления. При этом в т. н. основных (генеральных) массивах исключается неоправданное дублирование информации, которое неизбежно возникает, если первичные информационные массивы создаются для каждой задачи отдельно. Основные массивы образуют информационную модель объекта управления. Например, на уровне предприятий основные массивы должны содержать самую подробную информацию обо всех элементах производства: кадровые данные на всех работающих; сведения об основных фондах (земле, помещении, оборудовании со всеми характеристиками, необходимыми для принятия решений по их использованию, перераспределению и т.п.); данные о запасах, включая запасы на промежуточных складах и незавершённое производство; информацию о состоянии оборудования; нормативы (трудовые и материальные) и технологические маршруты (последовательности производственных операций, необходимых для изготовления деталей, узлов и готовых изделий); планы (включая заявки на материально-техническое снабжение); цены и расценки; сведения о текущем состоянии банковских счетов предприятия и др. Система обработки первичных документов, а также система автоматических датчиков должны быть организованы таким образом, чтобы данные о любом изменении, происходящем на предприятии, в минимально короткий срок вводились в ЭВМ, а затем автоматически или по указанию оператора периодически распределялись по основным массивам и при этом чтобы сохранялось состояние готовности выдать любую информацию об объекте. В случае необходимости из основных массивов оперативно формируются производные массивы, ориентированные на те или иные производства, изделия или комплексы задач. Производные массивы в таком случае являются вторичными.

Принцип комплексности задач и рабочих программ. Большинство процессов управления взаимосвязаны и поэтому не могут быть сведены к простому независимому набору отдельных задач. Например, задачи материально-технического снабжения органически связаны со всем комплексом задач оперативно-календарного и объёмно-календарного планирования; задание на материально-техническое снабжение составляется исходя из задач планирования производства, а при срывах в снабжении (по срокам и по номенклатуре) возникает необходимость трансформации планов. Раздельное решение задач планирования и материально-технического снабжения может значительно снизить эффективность АСУ. Принцип комплексности задач и рабочих программ характерен практически для всех классов автоматизированных систем обработки данных (проектирования, испытаний и др.).

Принцип согласования пропускной способности различных звеньев системы. Скорость обработки данных в различных сопряжённых контурах системы должна быть согласована таким образом, чтобы избежать информационных заторов (когда возникает объективная возможность потери данных) или больших информационных пробелов (приводящих к неэффективному использованию некоторых элементов АСУ). Например, не имеет смысла увеличивать скорость выполнений арифметических операций ЦВМ, если при решении конкретных задач АСУ "узким местом" в системе является ввод данных или обмен информацией между внешней памятью и центральным процессором.

Принцип типовости. Разрабатывая технический комплекс, системное математическое обеспечение, рабочие программы и связанные с ними формы и состав информационных массивов, исполнитель обязан стремиться к тому, чтобы предлагаемые им решения подходили возможно более широкому кругу заказчиков. Необходимо в каждом случае определять разумную степень типизации, при которой стремление к широкому охвату потребителей не приведёт к существенному усложнению типовых решений. Типизация решений способствует концентрации сил, что необходимо для создания комплексных АСУ.

В зависимости от целевого назначения АСУ можно разделить на два больших класса: АСУ объектами, предусматривающие управление объектом в целом (по всем функциям), и функциональные АСУ, обеспечивающие автоматизацию той или иной функции управления для широкого класса объектов. АСУ объектами по типу управляемого объекта делятся на АСУ технологическими процессами, АСУ цехами, АСУ предприятиями (например, заводами, НИИ, КБ) - АСУП, АСУ отраслями народного хозяйства (например, промышленностью, связью, транспортом) - ОАСУ и т.д. К функциональным АСУ относят, например, автоматизированную систему плановых расчётов, автоматизированную систему материально-технического снабжения, автоматизированную систему статистич. учёта и т.д.

1.6. Лекция № 6 (2 часа)

Тема: «АСУ ТП базе программно-технических комплексов».

1.6.1. Вопросы лекции

1. Принципы организации связи УВМ с ТОУ.
2. Ввод информации в управляющие программно-технические комплексы, переработка, хранение и выдача информации на дисплей или другие устройства.
3. Организация доступа к устройствам управляющих программно-технических комплексов.

1.6.2. Краткое содержание вопросов

- 1 Принципы организации связи УВМ с ТОУ.

В настоящее время автоматизация большинства технологических процессов осуществляется на базе универсальных микропроцессорных контроллерных средств, которые в России получили название программно-технических комплексов (ПТК) [2].

Программно-технические комплексы представляют собой совокупность микропроцессорных средств автоматизации (микропроцессорных контроллеров, устройств связи с объектом УСО), дисплейных пультов оператора и серверов различного назначения, промышленных сетей, которые позволяют связать перечисленные компоненты, программного обеспечения контроллеров и дисплейных пультов оператора. ПТК предназначены, в первую очередь, для создания распределенных систем управления технологическими процессами различной информационной мощности (от десятков входных/выходных сигналов до сотни тысяч) в самых разных отраслях промышленности.

ПТК серийно начали производить в конце 1970-х годов ряд зарубежных фирм (Honeywell, Foxboro, Yokogawa и др.). В 1980 – 1990-х годах появились ПТК отечественного производства (ПТК «Период», ПТК-ТЛС, ПТК РСУ, МП-8000М, МК-8000) [3].

Широкому распространению ПТК в значительной мере способствовали улучшение элементной базы для создания малогабаритных и быстродействующих микроконтроллеров, повышение надежности управляющих вычислительных сетей, разработка эффективного программного обеспечения для промышленных контроллеров и операторских станций. В настоящее время на российском рынке нашли распространение свыше сотни ПТК отечественного и зарубежного производства. Среди отечественных выгодно выделяются ПТК Квинт, Саргон, КРУГ, Круиз, Дирижер, Техноконт, Деконт.

Закладываемые при разработке ПТК принципы типизации, унификации и агрегатирования [4] позволяют добиться полной совместимости всех элементов комплекса, включая контроллеры, УСО, дисплейные пульта оператора, интерфейсы и протоколы сетевого обмена и др. Такой подход позволяет существенно снизить время на проектирование и монтаж АСУ ТП, проведение пуско-наладочных работ.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

АСУ ТП обеспечивает комплексную автоматизацию электрической части гидроэлектростанций, теплоэлектростанций, электрических подстанций 10 - 750 кВ и проектируется на базе программно-технического комплекса "ЭКРА" (ПТК "ЭКРА").

ПТК "ЭКРА" позволяет решать весь круг задач сбора, обработки, хранения и надежную передачу полного объема текущей и аварийной информации, а также управления энергообъектом в режиме реального времени центрами диспетчерского управления (ЦДУ).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АСУ ТП

Информационные:

сбор и обработка аналоговой и дискретной информации о текущих режимах и состоянии оборудования; отображение динамического состояния объекта в виде мнемосхем, графических панелей, таблиц, диаграмм и т.д.;

контроль и регистрация отклонений аналоговых параметров режима за нормальные и аварийные пределы; предупредительная и аварийная сигнализация технологических и аварийных событий;

регистрация, архивирование и документирование технологических и аварийных событий в системе единого времени АСУ ТП;

информационный обмен с вышестоящими и смежными уровнями АСУ ТП в рамках соответствующей автоматизированной системы управления.

Управляющие:

дистанционное управление оборудованием с АРМ оперативного персонала;

программно-логическое управление коммутационной аппаратурой (оперативная блокировка).

Сервисные:

самодиагностика аппаратной, канальной и программной части ПТК;
дистанционное конфигурирование, настройка, изменение уставок микропроцессорных устройств РЗА, работа с осциллограммами;
синхронизация системного времени ПТК «ЭКРА» по спутниковой системе;
разграничение прав доступа.

2 Ввод информации в управляющие программно-технические комплексы, переработка, хранение и выдача информации на дисплей или другие устройства.

Разработанная ООО НПП «ЭКРА» SCADA-система ЕКРА SCADA представляет собой мощный и гибкий инструмент для наблюдения, анализа и управления процессами в системах автоматизации.

Посредством функциональных подсистем ЕКРА SCADA обеспечивается ввод, обработка, хранение, отображение и документирование информации в нормальных и аварийных режимах работы в соответствии с функциями АСУ ТП, настройка параметров регистрации и архивирования данных, а так же создание автоматизированных рабочих мест.

Основной типовой набор функций:

сбор текущей технологической информации от оборудования; первичная переработка измерительной информации;

архивация текущей информации, ее обработка и хранение в заданных форматах за заданные интервалы времени;

представление текущей и исторической (архивной) информации на экране операторской станции (в формах динамизированных мнемосхем, анимационных изображений, таблиц, трендов, аварийных сообщений и т.д.);

печать отчетов, рапортов и протоколов в задаваемых пользователем формах по времени, по запросу оператора;

регистрация аварийных ситуаций в моменты их возникновения и вывод аварийных сообщений на экран; ввод команд оператора, их обработка и передача оборудованию;

информационные сетевые взаимодействия между станцией оператора и средствами системы управления; передача информации смежным системам (другим SCADA-системам, АСУ ТП и т.п.);

считывание/задание уставок оборудования РЗА;

сервисные функции;

администрирование SCADA- системы.

ПОДСИСТЕМА СОЗДАНИЯ И КОНФИГУРИРОВАНИЯ SCADA-ПРОЕКТА

С помощью Подсистемы создания и конфигурирования решаются задачи по настройке параметрической части SCADA-проекта.

В данную подсистему входят следующие программные модули:

Конфигуратор переменных;

Конфигуратор команд;

Редактор мнемосхем;

Конфигуратор прав пользователей.

С помощью Конфигуратора переменных: определяется информационная база контролируемых параметров – создается иерархическая структура переменных информационной базы;

создается и настраиваются дополнительные вычисляемые переменные (дополнительные переменные, значения которых определяются как функция от регистрируемых параметров); для каждого информационного сигнала задаются условия аварийного состояния и порядок его обработки.

С помощью Конфигуратора команд задаются условия выполнения той или иной команды по состоянию системы.

Редактор мнемосхем – графическая среда разработки экранных форм с использованием графических мнемозаписей, хранимых в соответствующих

библиотеках. Библиотеки мнемозаписей могут создаваться и расширяться пользователями.

Редактор является инструментальным комплексом графического конфигурирования, с помощью которого собираются мнемосхемы и видеоформы конкретных SCADA-проектов АСУТП из имеющихся у него графических примитивов, разнообразных элементов изображения промышленных объектов, базовых заготовок, подлежащих настройке и динамизации.

С помощью Конфигуратора прав пользователей разграничиваются права доступа операторов к дистанционному управлению оборудованием.

СЕРВЕР СБОРА ДАННЫХ EKRA SCADA – ПОДСИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ И РЕГИСТРАЦИИ СОБЫТИЙ

Подсистема сбора данных и регистрации событий системы EKRA SCADA содержит информацию о текущем состоянии всех контролируемых параметров системы (текущие значения, признаки аварийного состояния, показатели достоверности значений) и ведет оперативные архивы. Она предоставляет данные смежным подсистемам и внешним оперативным информационным комплексам. Она включает в себя Сервер данных. Сервер данных - это ядро SCADA - системы, которое реализует функции приема, обработки информации, организации ее хранения, ведение базы данных, организацию доступа к БД и сеансов связи (обмена данными) между компонентами комплекса.

В состав данной подсистемы входят:

Менеджер данных;

Менеджер драйверов;

Конфигуратор менеджера драйверов;

Менеджер конфигурации.

В Сервере данных можно выделить две функциональные части:

оперативный сервер;

коммуникационный сервер.

Обмен информацией с устройствами в EKRA SCADA реализуется посредством Менеджера драйверов, который выполняет функции коммуникационного сервера связи с устройствами. Конфигурация разделения аппаратных ресурсов – это описание набора опрашиваемых устройств и интерфейса их взаимодействия с EKRA SCADA на аппаратном (физическом) уровне. Для ее создания и настройки в системе предназначен Конфигуратор Менеджера драйверов.

Функции оперативного сервера в системе выполняет Менеджер данных. Описание регистрируемых оперативным сервером событий:

выход аналогового параметра за предупредительные и аварийные пределы и возврат в норму; обрабатывание аварийной и предупредительной сигнализации;

неисправность канала связи и др.

Объем фиксируемых событий определяется совокупностью потерминальных перечней сигналов контроллеров и микропроцессорных защит и автоматики. Данная подсистема реализует функции, обеспечивающие надежную работу всей системы: отбор и надежное архивирование всех поступающих данных с заданной частотой;

предоставление, в режиме реального времени, информации о состоянии объекта на все АРМ с минимальной задержкой;

предоставления клиентским приложениям из состава EKRA SCADA собственный интерфейс для доступа к параметрам, формируемым в результате контроля над технологическим объектом;

организации обработки клиентских запросов для поиска требуемой информации и запись новых данных; сохранение набора опрашиваемых устройств.

Менеджер конфигурации выполняет вспомогательные функции декодирования информации в системе.

ПОДСИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ КОМАНД

Основу данной подсистемы составляет Менеджер команд, который реализует в ЕКРА SCADA функции дистанционного управления электротехническим оборудованием. Основные задачи, решаемые подсистемой:

получение команд от оператора; проверка возможности их реализации на основе конфигурации системы и условий выполнимости команд и текущего состояния системы; защита от несанкционированного доступа.

Главным инструментом дистанционного управления в ЕКРА SCADA является ПО АРМ оператора. При этом предусмотрена программная блокировка, исключающая одновременное дистанционное и ручное управление. Все действия оператора регистрируются в базе с соответствующей меткой времени.

СЕРВЕР АРХИВА ЕКРА SCADA – ПОДСИСТЕМА АРХИВИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Подсистема реализует функции формирования и хранения долговременных архивов на необходимый срок (функции архивного сервера), представления информации об истории протекания технологических процессов, развитии аварий, работе автоматики, действиях оператора, функциях и параметрах ПТК.

Основные характеристики:

максимальная глубина архива ретроспективной информации определяется размером дискового пространства и определяется пользователем;

период записи значений в базу настраивается пользователем;

сохранение значения в базе с соответствующей временной меткой и признаком достоверности. Структурно данная подсистема включает в себя:

Конфигуратор архива;

SQL-сервер базы данных.

ПОДСИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ ОТЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Данная подсистема предоставляет оператору архивные данные по его требованию и формирует отчеты в соответствии с заданными форматами представления, на основании которых производится анализ состояния оборудования и режимов в различных ситуациях, неоперативные расчеты, статистический анализ и др.

В нее входят:

Редактор шаблонов отчетов;

Генератор отчетов.

Редактор шаблонов отчетов представляет собой модуль формирования отчетной документации и позволяет создавать отчеты об истории технологического процесса и управления оборудованием ПС в виде таблиц за любой период времени.

Вид документа настраивается один раз и запоминается в виде шаблона. По этому шаблону в любое время может быть сформирован выходной документ на любой момент времени.

ПОДСИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ СИСТЕМНОГО ВРЕМЕНИ

Данная подсистема предназначена для синхронизации таймеров всех вычислительных средств. Она настраивается по сигналам точного времени и имеет все необходимые средства, обеспечивающие прием сигналов от стандартных устройств, формирующих сигналы точного времени на основе сигналов внешнего источника.

3 Организация доступа к устройствам управляющих программно-технических комплексов.

Для взаимодействия с системами других производителей в системе ЕКРА SCADA имеется Подсистема связи с АСУ ВУ, включающая:

шлюз IEC 60870-5-10x, предназначенный для взаимодействия с АСУ ТП верхнего уровня по протоколам IEC 60870-5-10x;

OPC-сервер, предназначенный для взаимодействия с АСУ ТП верхнего уровня по технологии OPC. Данная подсистема:

принимает запросы от мастера протокола IEC 60870-5- 10х;

принимает запросы от OPC-клиента.

Для настройки механизма передачи и определения передаваемой информации в комплексе программ Подсистемы связи с АСУ ВУ ЕКРА SCADA кроме сервисных приложений имеется Конфигуратор шлюзов для OPC и различных протоколов. OPC-сервер предназначен для обмена информацией по технологии OPC.

Он выполняет следующие функции: периодический опрос и выдачу на верхний уровень текущих аналоговых и дискретных величин, а также состояния аварийной сигнализации; прием и выдачу на верхний уровень зарегистрированных событий.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АРМ

К тегам OPC-сервера могут быть привязаны любые параметры из Конфигурации переменных SCADA-проекта, включая вычисляемые.

ЕКРА SCADA содержит следующий набор программных модулей для организации различных видов АРМ:

АРМ оператора;

отображение трендов;

конфигуратор уставок.

АРМ оператора предоставляет средства для отображения графических видеоформ автоматизированных рабочих мест операторов АСУ ТП. Данный модуль является: основным средством сигнализации и визуального контроля текущих параметров, где отображаемые данные группируются в виде панелей видеоформ; главным инструментом управления.

На мнемосхему (экранную видеоформу) АРМ оператора выводиться информация необходимая для адекватной оценки ситуации: текущее состояние контролируемого объекта, значения аналоговых и дискретных сигналов, а так же информация о возникавших в системе событиях (тревоги, аварии, возврат в норму, квитирование сигналов).

При подключении устройств защиты происходит периодическое обновление динамических соединений, примененных к графическим объектам экранных видеоформ, в зависимости от значений соответствующих источников. Функциональность видеоформы зависит от настроек, выполненных в процессе создания проекта в Редакторе мнемосхем.

На видеоформе отображаются контролируемые параметры, текущее время, устройства, индикаторы, таблицы параметров в реальном времени. Просмотр «горячих зон» осуществляется щелчком клавишей мыши по интересующему изображению.

При выходе значений сигналов за пределы тревог или аварий, мнемосимвол схемы, отражающий состояние сигнала, начинает мигать цветом, соответствующим классу неисправности. Все необходимые данные о квитировании в системе регистрируются с меткой времени как события и заносятся в базу.

Отображение трендов реализует функцию просмотра оперативных и архивных данных, которые могут быть представлены в виде графиков, трендов, списков событий.

Конфигуратор уставок позволяет считывать и задавать уставки цифровых устройств релейной защиты.

Периодичность опроса сигналов, обеспечивающая требования по точности фиксации событий и значений аналоговых сигналов по отношению к системному времени ПТК (в зависимости от динамических свойств параметра)

дискретных пассивных, с0.5

дискретных инициативных, мс0.5-10

аналоговых, мс0.5-10

аналоговых для температурных параметров, с0.1-30

Задержка от подачи оператором команды вызова информации до начала вывода/до окончания вывода на экран монитора, с1.0-2.0

Периодичность обновления информации на экране монитора,

с 1.0-2.0
 для аналоговой информации 1.0-2.0
 для дискретной информации 0.5-1.0
 Задержка в отображении спонтанно появляющихся
 сигналов предупредительной и аварийной сигнализации на экранах мониторов
 операторских и событийной станций, с не более 0,5-1,0
 Времы прохождения команды от момента нажатия оператором – технологом
 кнопки виртуального блока управления до появления сигнала на выходных цепях,
 с не более 1,0
 Задержка от момента выдачи оператором команды дистанционного управления до
 отображения на мониторе результатов выполнения команды без учета времени отработки
 команды управления, с 1.5-2.0
 Задержка от момента приема команды управления от системы противоаварийного
 управления до начала ее отработки, мс не более 25
 Связь между аппаратными средствами осуществляется по различным линиям связи
 и протоколам с учетом стандартов на соответствующий интерфейс:

- Ethernet 100 Base FX, Ethernet 10/100 Base FX;
- RS485/422, RS232.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ПТК «ЭКРА»

К аппаратным средствам ПТК "ЭКРА" относятся:

- шкафы информационно-технологическ оборудования ШИТО типа ШЭ2608.10;
- рабочие станции;
- устройства среднего и нижнего уровня: шкафы УСО (шкафы сбора и передачи информации, шкафы регистраторов и др.) на базе регистраторов, контроллеров ввода-вывода и многофункциональных коммуникационных программируемых контроллеров сбора информации встраиваемого типа.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШКАФА ШИТО

Номинальное напряжения питания Упит:

- переменное 220±15%
- постоянное 220±15%

Частота переменного напряжения питания, Гц ... 50±1%

Масса, не более, кг 250

Количество входных/выходных сигналов ШИТО определяется:

- количеством локальных вычислительных сетей Ethernet;
- количеством портов Switch HUB;
- наличием конвертеров и плат расширения RS-485/422.

ПРИМЕРНЫЙ БАЗОВЫЙ СОСТАВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ШИТО

- промышленный встраиваемый компьютер (сервер архива);
- LCD – панель;
- выдвижная клавиатура;
- KVM – коммутатор;
- RAID – контроллеры с возможностью «горячей» замены HDD;
- DVD – приводы;
- блок бесперебойного питания;
- шкаф кроссовый оптический;
- Switch HUB на 6 портов Ethernet 10/100 Base FX (сеть верхнего уровня);
- Ethernet 10/100 Base TX Switch HUB на 8 портов (сеть нижнего уровня);
- конвертер Ethernet 10/100 Base TX – RS485/422 на 8 портов;
- вентилятор с температурным датчиком.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технические средства ШИТО соответствуют группе 2 ГОСТ 21552 по стойкости к воздействию внешних климатических факторов в процессе эксплуатации и предназначены для работы в следующих условиях: температура окружающей среды, °С относительная влажность воздуха от плюс 5°С до плюс 40 при температуре 25°С, % 20 – 80% атмосферное давление, кПа/мм рт. ст. 84 – 107 кПа (630 – 800) степень загрязнения 1 по ГОСТ Р 51321.1 (загрязнение отсутствует или имеется только сухое, непроводящее загрязнение) окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию место установки должно быть защищено от попадания брызг воды, масел, эмульсий, а также прямого воздействия солнечной радиации рабочее положение шкафа в пространстве вертикальное с отклонением от рабочего положения до 5° в любую сторону.

Конструкция шкафов, входящих в ПТК, обеспечивает возможность двухстороннего обслуживания и легкий доступ к элементам конструкции, органам управления, клеммным блокам для проведения визуального осмотра без демонтажа частей, входящих в состав шкафов.

1.7. Лекция № 7 (2 часа)

Тема: «Организация векторов прерывания в управляющем программно-техническом комплексе».

1.7.1 Вопросы лекции

1. Центральная часть управляющего программно-технического комплекса.
2. Устройства связи с объектом и формирования сигналов на исполнительные механизмы. Основные режимы работы УВМ в САУ ТП.

1.7.2. Краткое содержание вопросов

1. Центральная часть управляющего программно-технического комплекса.

САУ предназначена для контроля и управления технологическим процессом на ГРС, КС, ГРП, ТКУ и промышленных предприятий посредством сбора информации о состоянии ТП от первичных датчиков (аналоговых, дискретных типа «сухой контакт»), анализа ситуации и выдачи сигналов управления на исполнительные механизмы (согласно заложенному алгоритму). Конструктивно состоит из шкафа контроля и управления и шкафа вводно-учетного.

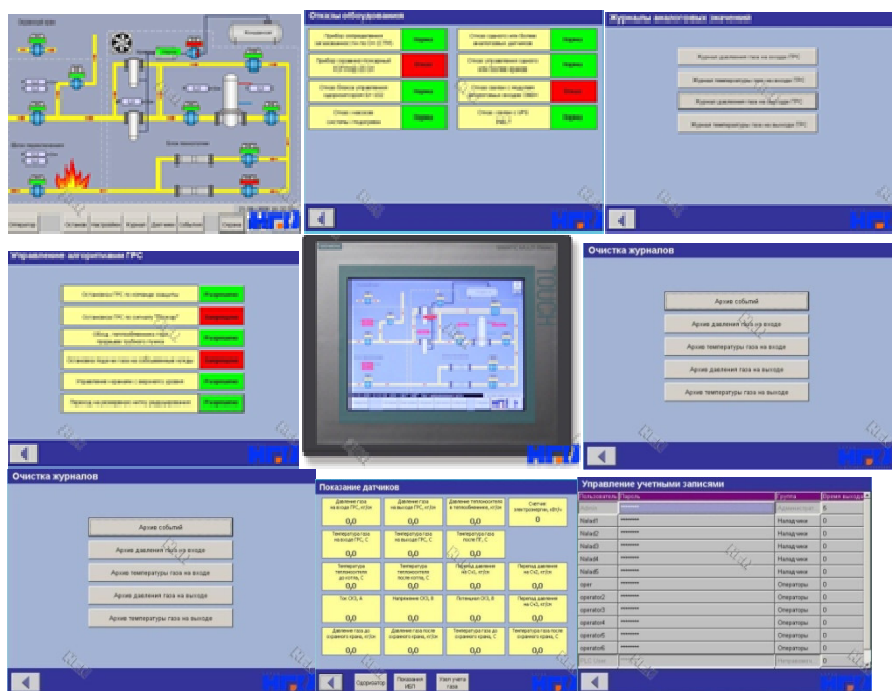
2. Устройства связи с объектом и формирования сигналов на исполнительные механизмы. Основные режимы работы УВМ в САУ ТП.

САУ ТП ГРС удовлетворяет всем требованиям основных положений по автоматизации газораспределительных станций и обеспечивает:

1. Измерение технологических параметров, сравнение измеренных значений с заданными технологическими и аварийными границами, таких как:
 - давление газа на входе и выходе ГРС; температура газа на входе и выходе ГРС; температура теплоносителя до и после теплообменника;
 - перепад давления на фильтрах очистки;
 - перепад давления на счетчиках учета газа (коммерческом, бытовом); давление теплоносителя в теплообменнике;
 - напряжение, ток и потенциал СКЗ; уровень в емкостях хранения одоранта, сбора конденсата и фильтрах-сепараторах; концентрация горючих газов в отсеках ГРС;
 - концентрация оксида углерода в отсеке котельной.

Все выходы параметров за установленные аварийные и технологические границы фиксируются в журнале (архиве) событий с указанием даты и времени.

Значение основных параметров: давление, температура газа на входе и выходе ГРС заносятся в отдельные журналы, где хранятся в виде графиков. Информация с приборов коммерческого учета и учета газа на собственные нужды собирается по коммуникационным каналам связи (RS232, RS485) с использованием протокола связи устройства; Для автоматического управления дозированием одоранта, собранная информация по текущему расходу газа передается в блок управления одоризатором газа. Обмен данными с блоком управления также осуществляется по коммуникационным каналам связи (RS232, RS485).



2. Управление исполнительными механизмами на ГРС (с индикацией их положения и автоматическим контролем исполнения команд):

- ☐ охранным краном;
- ☐ кранами узла переключения;
- ☐ краном линии сброса конденсата с сепаратора;
- ☐ кранами узла подогрева газа;
- ☐ кранами узла редуцирования газа;
- ☐ клапаном-отсекателем на линии подачи газа на котлы;
- ☐ системой принудительной вентиляции отсеков ГРС.

3. Отображение хода технологического процесса на сенсорной панели контроля и управления оператора;

4. Передачу в дом оператора 11 расшифрованных аварийных и принудительных сигналов о состоянии работы ГРС по средствам устройства дистанционного контроля и сигнализации (УДКС);

5. Осуществление контроля и управление работой ГРС в целом как при работе в нормальных режимах, так и при возникновении внештатных ситуаций с автоматическим выполнением следующих алгоритмов:

- ☐ закрытие входного и выходного кранов при превышении давления газа на выходе ГРС выше установленных аварийных пределов;
- ☐ закрытие входного, выходного и открытие свечного кранов, блокировка включения системы принудительной вентиляции блоков ГРС при возникновении пожара на ГРС;

- ☐ отсечение подогревателя (теплообменника) газа и открытие крана на обводной линии при прорыве трубного пучка в теплообменнике;
- ☐ переход на резервную нитку редуцирования;
- ☐ остановка подачи газа на котлы при превышении максимально допустимого значения давления газа на собственные нужды и при достижении концентрации угарного газа в котельной значения «ПОРОГ 2»;
- ☐ включение системы принудительной вентиляции при превышении концентрации горючих газов в отсеках ГРС.

Для безопасности обслуживающего персонала при проведении ремонтно-профилактических работ на ГРС предусмотрено отключение автоматических алгоритмов защиты ГРС и запрет управления исполнительными механизмами с верхнего уровня

6. Контроль за действиями персонала и предотвращение несанкционированного доступа к системе управления ГРС посторонних лиц.

В журнале событий фиксируются дата, время, имя пользователя, а так же произведенные им операции. Для группы пользователей «Операторы» предусмотрена функция фиксации времени начала и окончания смены.

7. Надёжность и эффективность функционирования системы автоматизированного управления достигается применением комплектующих ведущих отечественных и зарубежных производителей, гальванической развязкой входов и выходов контроллера от первичных датчиков и исполнительных механизмов. Для повышения надёжности работы системы разработан проект САУ ГРС с использованием контроллера SIMATIC S7-400H, основным принципом которого является принцип горячего резервирования с поддержкой безударного автоматического переключения на резервный базовый блок в случае отказа ведущего блока. Применение источника бесперебойного питания позволяет не только обеспечивать работу САУ ГРС при пропадании внешнего электроснабжения в течение 48 часов, но и обеспечивает стабильное напряжение питания 220В приборов, входящих в состав САУ ГРС. Информация о работе источника бесперебойного электроснабжения поступает на контроллер и передаётся на верхний уровень. При длительном пропадании внешнего электроснабжения предусмотрена возможность подключения бензогенератора для зарядки аккумуляторных батарей. Применение программируемых контроллеров семейства SIMATIC благодаря целому ряду интерфейсных модулей, позволяет связывать САУ ТП ГРС с различными внешними устройствами практически по любому из стандартных интерфейсов с использованием практически любых протоколов обмена. Так же контроллеры могут выполнять функции контролируемого пункта (КП) системы линейной телемеханики. Обеспечивать формирование массивов информации и их передачу на диспетчерский пункт. Системы автоматизированного управления ГРС позволяют минимизировать участие человека в контроле за технологическим процессом и при возникновении нештатных ситуаций мгновенно реагировать на его ход.

В настоящее время на заводе ведется изготовление системы автоматизированного управления для ГРС, в состав которой входят 5 устройств ограничения расхода газа, 8 подогревателей газа с блоками управления, хроматограф, одоризатор газа. Связь с этим оборудованием системы телемеханики и управление будет осуществляться через САУ ГРС.

Для размещения шкафов САУ ГРС и организации оптимальных условий работы обслуживающего персонала, по отдельному заказу мы изготавливаем комфортабельные блок-контейнеры «Операторные», оснащённые системами отопления и кондиционирования воздуха, позволяющие поддерживать комфортные температурные

условия для работы оборудования и обслуживающего персонала.



Наше предприятие выпускает полный спектр оборудования для нужд газификации, это изделия, отвечающие всем современным требованиям в области автоматизации и передачи данных для повышения эффективности газоиспользующего оборудования и повышения надежности газоснабжения.

САУ ТП компрессорных станций КС

Система автоматизированного управления электроприводными газоперекачивающими агрегатами САУ ГПА для компрессорных станций, а также комплексные САУ ТП компрессорных станций газотранспортных предприятий включающие в себе следующие объекты автоматизации:

- компрессорный цех
- общестанционные краны узла подключения
- охранные краны компрессорных станций
- система электроснабжения
- агрегаты охлаждения газа
- установки очистки газа

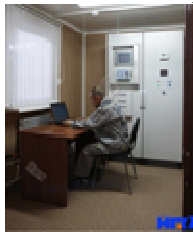
САУ ТП газорегуляторных пунктов ГРП

Выполняет функции по дистанционной передаче технологической информации, в том числе с узлов учета в режиме реального времени, и сигналов тревоги на диспетчерский пульт по специальной связи:

- GSM/GPRS канал,
- радиоканал,
- телефонная линия

САУ ТП котельных установок ТКУ - БКУ

Выполняет функции по передаче и анализу информации о работе котельного оборудования, что позволяет в режиме реального времени контролировать расход газа, подачу тепловой энергии, расход теплоносителя и т.д.



1.8. Лекция №8 (2 часа)

Тема: «Алгоритмы управления в АСУ ТП».

1.8.1. Вопросы лекции

1. Алгоритмы стабилизации заданного параметра. Инвариантность по управлениям в многомерных системах.
2. Стабилизация по отклонению от неконтролируемых возмущений.

3. Алгоритмы программного управления заданной последовательностью операций.

1.8.2..Краткое содержание вопросов

1. Алгоритмы стабилизации заданного параметра. Инвариантность по управлениям в многомерных системах.

Как было показано выше, точность системы управления в установившихся режимах можно улучшить, вводя астатическую составляющую в закон управления или увеличивая коэффициент передачи разомкнутого контура. Но при этом, как правило, уменьшается запас устойчивости, увеличивается колебательность и, как следствие, ухудшается точность системы в переходных режимах [3]. Эффективным средством устранения противоречия между условиями точности в установившихся и переходных режимах служит компенсация внешних воздействий путём осуществления инвариантности.

Термин “инвариантность” означает независимость одной физической величины от другой. В системах управления рассматривают независимость выходных величин (управляемой величины или сигнала ошибки) от входных воздействий. В системах стабилизации стремятся получить независимость управляемой величины от возмущающего воздействия, а в следящих системах - независимость сигнала ошибки от задающего воздействия. В многомерных системах с несколькими контурами управления добиваются независимости каждой управляемой величины от “чужих” управляющих воздействий, которые в контуре управления выбранной величиной являются возмущениями.

Инвариантность в системах управления достигается при помощи управления по возмущению: управляющее воздействие формируется в зависимости от изменений возмущающего воздействия (рис. 18).

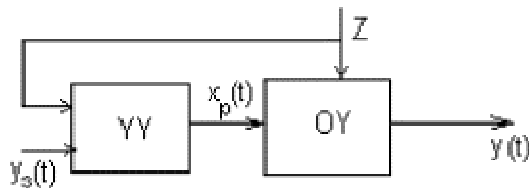


Рис. 18. Система управления по возмущению

Этот принцип управления применим, если возмущающие воздействия можно измерить. При помощи разомкнутых цепей воздействий, называемых компенсирующими связями, может быть полностью или частично устранено влияние внешних возмущений на управляемую величину в переходных и установившихся режимах. Компенсирующие связи не образуют замкнутых контуров и поэтому не ухудшают устойчивость систем.

Обычно принцип управления по возмущению применяют в сочетании с принципом управления по отклонению. Система управления, в которой одновременно используются эти два принципа, называется комбинированной (рис. 19).

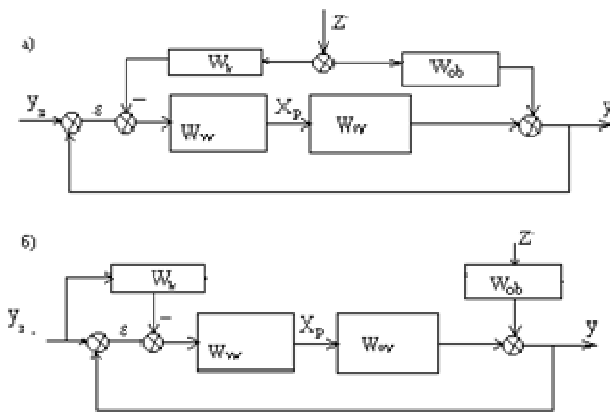


Рис. 19. Комбинированные системы управления с корректирующими связями: а - по возмущению; б - по заданию

3.2 Стабилизация по отклонению от неконтролируемых возмущений

Рассмотрим условия достижения инвариантности в комбинированных системах управления. На рис.19а приведена комбинированная система управления с корректирующей связью по возмущению. Компенсирующая связь действует на выходную величину со знаком, который всегда противоположен знаку непосредственного влияния возмущения на выход. Передаточная функция системы по возмущению:

$$\Phi_{\text{ж}}(s) = \frac{W_{об}(s) - W_k(s)W_{ув}(s)W_{ув}(s)}{1 + W_{ув}(s)W_{ув}(s)}, \quad (88)$$

где $W_{ув}(s)$ и $W_{об}(s)$ - передаточные функции объекта соответственно по управляющему и возмущающему воздействиям; $W_{ув}(s)$ - передаточная функция управляющего устройства; $W_k(s)$ - передаточная функция компенсирующего устройства. Передаточная функция (88) получена после простого структурного преобразования схемы (рис. 19а) в виде переноса сумматора слева через звенья $W_{ув}(s)$ и $W_{ув}(s)$.

Управляемая величина

$$y(s) = \Phi_{\text{ж}}(s)Z(s) \quad (89)$$

не зависит от возмущения $Z(t)$ при условии

$$\Phi_{\text{ж}}(s) = 0 \quad (90)$$

Условие (90) имеет место, если числитель передаточной функции (88) равен нулю. Из этого следует условие инвариантности стабилизируемой величины по отношению к возмущению:

$$W_{об}(s) - W_k(s)W_{ув}(s)W_{ув}(s) = 0 \quad (91)$$

Условие (91) означает, что для достижения независимости величины $y(t)$ от возмущения $z(t)$ необходимо, чтобы динамические свойства двух параллельных каналов, по которым возмущение $z(t)$ действует на величину $y(t)$, были одинаковыми.

Именно благодаря идентичности каналов сигнал, поступающий на выход через звенья $W_k(s)$, $W_{ув}(s)$ и $W_{ув}(s)$, компенсирует сигнал, идущий на выход через звено $W_{об}(s)$.

Из условия инвариантности (91) определяют передаточную функцию компенсирующего устройства:

$$W_k(s) = W_{об}(s) / W_{ув}(s)W_{ув}(s) \quad (92)$$

Компенсирующее устройство представляет собой динамическое звено, свойства которого зависят от соотношения инерционностей канала возмущения ($W_{об}$) и канала управления ($W_{уп}W_{оп}$). Если инерционность канала управления больше, чем инерционность канала возмущения, то компенсирующее устройство должно обладать свойствами дифференцирующего звена. Причём, чем больше разница этих инерционностей, тем выше должен быть порядок дифференцирующего звена. Известно [3], что дифференцирующие звенья трудно технически реализовать.

Если оба канала объекта обладают запаздыванием $\tau_{оп}$ и $\tau_{об}$ и при этом $\tau_{оп} > \tau_{об}$, то компенсирующее устройство не может быть реализовано физически. Действительно, в этом случае компенсирующее воздействие должно опережать возмущение на время $\tau = \tau_{оп} - \tau_{об}$, что невозможно.

Для обеспечения инвариантности только в статике компенсирующее устройство может быть реализовано в виде безынерционного звена с передаточным коэффициентом.

$$K_k = K_{об} / K_{уп} K_{оп} \quad (93)$$

В следящих системах необходимо добиваться независимости сигнала ошибки от задающего воздействия. Для схемы, приведённой на рис. 19б, в случае отсутствия компенсации по задающему воздействию, то есть $W_k(s) = 0$, управляемая величина связана с задающим воздействием $y_1(s)$ через передаточную функцию замкнутой системы:

$$y(s) = \Phi_{y,y_1}(s) y_1(s) = \frac{W_{уп}(s) W_{оп}(s)}{1 + W_{уп}(s) W_{оп}(s)} y_1(s) \quad (94)$$

При введении компенсации по задающему воздействию управляемая величина определяется выражением

$$y(s) = (1 + W_k(s)) \frac{W_{уп}(s) W_{оп}(s)}{1 + W_{уп}(s) W_{оп}(s)} y_1(s) \quad (95)$$

Эквивалентная передаточная функция замкнутой системы с учётом компенсации по задающему воздействию

$$\Phi_{y,y_1}(s) = \frac{W_{уп}(s) W_{оп}(s) (1 + W_k(s))}{1 + W_{уп}(s) W_{оп}(s)} \quad (96)$$

Из выражения (96) видно, что введение компенсации по задающему воздействию не меняет характеристического уравнения системы, работающей по отклонению, так как знаменатель передаточной функции одинаков в (88) и (96). Это обстоятельство является замечательным свойством систем комбинированного управления. Преобразуем структурную схему (рис. 19 б) в одноконтурную (рис. 20).

Из рис. 20 эквивалентная передаточная функция замкнутой системы

$$\Phi_{y,y_1}(s) = \frac{W_{psc}(s)}{1 + W_{psc}(s)} \quad (97)$$

где $W_{psc}(s)$ - эквивалентная передаточная функция разомкнутой системы.

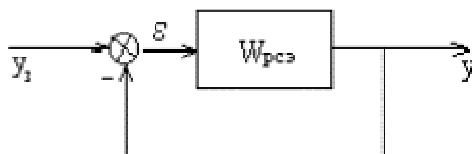


Рис. 20. Эквивалентная одноконтурная система

Из (97) имеем:

$$W_{p.c.}(s) = \frac{\Phi_{y,y}(s)}{1 - \Phi_{y,y}(s)} \quad (98)$$

$$\begin{aligned} W_{p.c.}(s) &= \frac{W_{yy}(s)W_{oy}(s)(1+W_k(s))}{1+W_{yy}(s)W_{oy}(s)-W_{yy}(s)W_{oy}(s)(1+W_k(s))} = \\ &= \frac{W_{yy}(s)W_{oy}(s)(1+W_k(s))}{1-W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s)} \end{aligned} \quad (99)$$

Теперь определим эквивалентную передаточную функцию системы по ошибке:

$$\begin{aligned} \Phi_{e,y}(s) &= \frac{1}{1+W_{p.c.}(s)} = \frac{1-W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s)}{1-W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s)+W_{yy}(s)W_{oy}(s)+W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s)} = \\ &= \frac{1-W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s)}{1+W_{yy}(s)W_{oy}(s)} \end{aligned} \quad (100)$$

Учитывая, что

$$e(s) = y_i(s) - y(s) = \Phi_{e,y}(s) \cdot y_i(s) \quad (101)$$

инвариантность к задающему воздействию обеспечивает:

$$e(s) = 0 \quad (102)$$

Равенство (102) достигается при условии:

$$\Phi_{e,y}(s) = 0 \quad (103)$$

Из (100) с учётом (103) условие инвариантности принимает вид

$$1 - W_{yy}(s)W_{oy}(s)W_k(s) = 0 \quad (104)$$

откуда имеем выражение передаточной функции компенсатора:

$$W_k(s) = \frac{1}{W_{yy}(s)W_{oy}(s)} \quad (105)$$

Разложив последнее выражение в ряд по возрастающим степеням оператора s , получим необходимый вид функции, определяющий вводимый сигнал от управляющего воздействия:

$$W_k(s) = a_0 + \tau_1 s + \tau_2^2 s^2 + \tau_3^3 s^3 + \dots \quad (106)$$

где a_0 - безразмерное число. Этот ряд может быть конечен и бесконечен.

Заметим, что условие (104) означает прохождение задающего сигнала u_z через систему на выход без какого-либо преобразования, то есть

$$y(t) = u_z(t) \quad (107)$$

или

$$y(s) = u_z(s) \quad (108)$$

Из (95) с учётом (108) следует, что эквивалентная передаточная функция замкнутой системы

$$\Phi_{y,y}(s) = (1+W_k(s)) \frac{W_{yy}(s)W_{oy}(s)}{1+W_{yy}(s)W_{oy}(s)} = 1 \quad (109)$$

Из (109) получим выражение для определения передаточной функции компенсатора:

$$W_k(s) = \frac{1}{W_{np}(s)W_{op}(s)} \quad (110)$$

Найдем выражение передаточной функции компенсатора для случая, когда выходной сигнал компенсатора поступает на вход объекта по каналу управления (рис. 21).

3.3. Алгоритмы программного управления заданной последовательностью операций.

Выполним структурное преобразование схемы (рис. 21), перенеся сумматор справа через звено W_{ou} и через левый сумматор, и запишем передаточную функцию замкнутой системы:

$$\Phi_{y,y_1}(s) = \frac{(1 + \frac{W_k(s)}{W_{np}(s)})W_{np}(s)W_{op}(s)}{1 + W_{np}(s)W_{op}(s)} \quad (111)$$

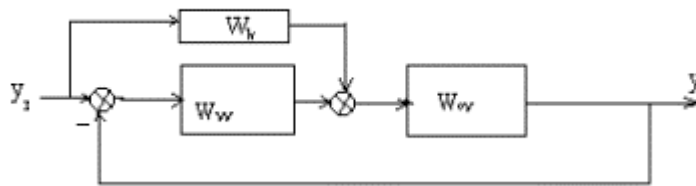


Рис. 21. Комбинированная система с компенсирующим воздействием на объект управления

Из (111) с учётом условия инвариантности в виде (108)

$$\frac{y(s)}{y_1(s)} = \Phi_{y,y_1}(s) = 1 \quad (112)$$

получим

$$\Phi_{y,y_1}(s) = \frac{(1 + \frac{W_k(s)}{W_{np}(s)})W_{np}(s)W_{op}(s)}{1 + W_{np}(s)W_{op}(s)} = 1 \quad (113)$$

Из (113) передаточная функция компенсатора

$$W_k(s) = \frac{1}{W_{op}(s)} \quad (114)$$

По виду передаточных функций (88), (96), (111) можно установить, что введение компенсирующих связей не изменяет характеристический полином системы и, следовательно, не влияет на её устойчивость. Очевидно также, что и в стабилизирующей, и в следящей системах инвариантность осуществима благодаря наличию двух параллельных каналов передачи сигналов от точки приложения воздействия до выходной величины (y или e). Этот структурный признак достижения инвариантности формулируется в виде принципа двухканальности.

Если передаточная функция компенсатора $W_k(s)$ удовлетворяет условию физической реализуемости, то в системе возможно достижение абсолютной инвариантности. Если же передаточная функция $W_k(s)$ не удовлетворяет этому условию и может быть реализована только приближённо, то в системе осуществима лишь частичная инвариантность. В системах с частичной инвариантностью независимость достигается только при медленных изменениях входных воздействий.

1.9. Лекция №9 (2 часа)

Тема: Интегрированные системы автоматизации и управления.

1.9.1. Вопросы лекции

1. Интегрированные системы автоматизации и управления технологическими процессами, производствами и предприятиями.

2. Этапы разработки и внедрения.

1.9.2. Краткое содержание вопросов

1. Интегрированные системы автоматизации и управления технологическими процессами, производствами и предприятиями.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами представляют собой человекомашинные системы управления, обеспечивающие сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с критерием качества функционирования, и реализацию управляющих воздействий на технологический объект, оператор при этом выполняет только анализ полученных управлений и их реализацию.

Объектом управления в АСУТП является технологическое оборудование, агрегаты, установки, отдельные производства – участки, цеха. Основные потоки информации характеризуются:

- измеряемыми переменными, к которым относятся измеряемые, но неуправляемые переменные, зависящие от внешних условий; выходные переменные, например, по которым определяется качество готовых изделий и продуктов или определяется экономичность, производительность и др.;

- управляемые переменные, которые изменяются соответствующими исполнительными механизмами и

т.п.;

- не измеряемые и неуправляемые переменные, к которым относятся характеристики сырья, отказ оборудования, износ инструмента и др.

Обобщенная схема АСУТП представлена на рис. 3.1.

АСУ ТП

Формирование задания

Реализация управления

Выработка управляющих воздействий

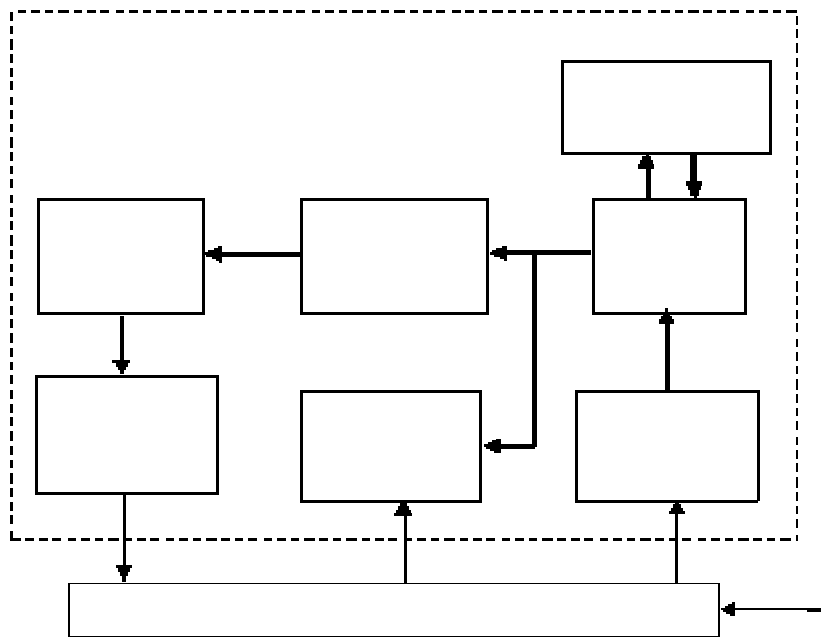
Сбор информации

Исполнительные механизмы

Контроль функционирования ТСА

Измерение переменных

Технологический процесс



Внешние возмущения

Рис. 3.1. Обобщенная схема АСУ ТП

Краткую работу АСУТП можно описать следующим образом: на вход управляющего вычислительного комплекса (УВК) от датчиков поступает информация о текущих значениях переменных, характеризующих ход технологического процесса. В УВК эта информация обрабатывается и в соответствии с принятым законом (алгоритмом) управления определяются управляющие воздействия, которые должны быть приложены к исполнительным механизмам для изменения управляемых переменных, чтобы технологический управляемый процесс протекал оптимальным образом.

Оптимальное управление в АСУТП определяется путем периодического решения некоторых формализованных оптимизационных задач на экстремум заданного критерия качества. Используемые при этом математические модели объекта управления могут неадекватно описывать поведение последнего, что приводит к погрешностям определения критерия и оптимальных управлений. Снизить вероятность реализации неточных

управляющих воздействий позволяет анализ, проводимый оператором результатов решения оптимизационных задач.

Важной особенностью АСУ ТП является ее работа в режиме реального времени, заключающаяся в нахождении оптимальных управлений за вполне определенный отрезок времени, обусловленный динамическими свойствами технологического объекта управления. Информация, поступающая извне, либо обрабатывается непосредственно в момент поступления, либо фиксируется и поступает на обработку в соответствии с приоритетом,

причем для каждой задачи устанавливается промежуток времени, в течение которого обработка информации должна быть обязательно выполнена. Все это предопределяет использование в АСУ ТП "быстрых" методов решения оптимизационных задач, но которые, как правило, ведут к снижению точности оптимальных управлений и требуют проведения оператором их дополнительного анализа.

Интеллектуальный уровень АСУ ТП определяется алгоритмами управления, реализуемыми УВМ.

Все функции АСУ ТП подразделяются на информационные, управляющие и вспомогательные.

Содержанием информационных функций является сбор, обработка и представление информации для последующей обработки. Таким образом, к информационным функциям относят централизованный контроль и измерение технологических переменных,

косвенное измерение, вычисление параметров процесса, формирование и выдача текущих и обобщающих технологических и экономических показателей оперативному персоналу, подготовка и передача информации в смежные системы управления, оценка и проверка состояния оборудования.

Управляющими функциями АСУ ТП являются: регулирование технологических переменных, логическое управление операциями или аппаратами, программное логическое управление группой оборудования, оптимальное управление установившимися или переходными режимами, а также отдельными стадиями процесса, адаптивное управление объектом в целом и др.

Вспомогательные функции АСУ ТП заключаются в обеспечении контроля за состоянием функционирования технических и программных средств.

АСУ ТП как компонент ИАСУ предназначен для целенаправленного ведения технологических процессов и обеспечения смежных и вышестоящих систем управления оперативной и достоверной техникоэкономической информацией.

В зависимости от распределения функций контроля и управления между техническими средствами в настоящее время различают три разновидности АСУ ТП: централизованная, супервизорная и распределенная.

Централизованная АСУ ТП, структура которой изображена на рис. 3.2, характеризуется тем, что все

функции обработки и управления выполняет одна УВМ. Централизованные АСУ ТП являются комплексами,

как правило, занимающими единое ограниченное производственное пространство с централизованной подсистемой обеспечения электропитанием и магистралями обмена информационными потоками.

РО ОУ
Д ДУ ИМ
П НП
УСО
СОИ УВМ МР

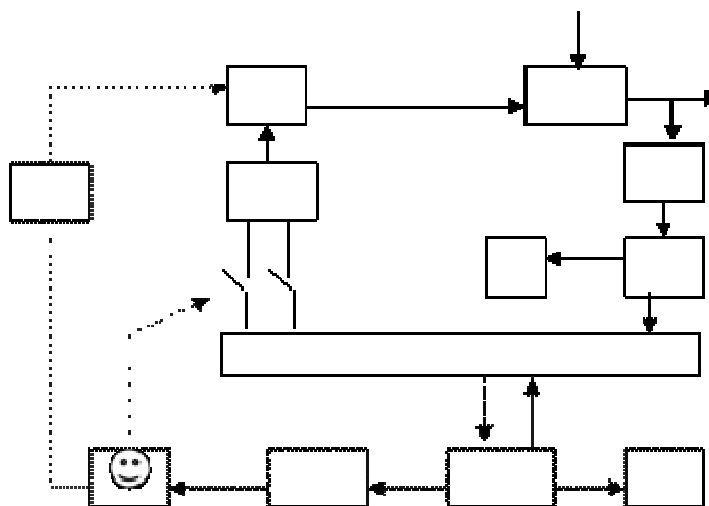


Рис. 3.2. Структура централизованной АСУ ТП

В состав централизованной АСУ ТП входят: датчик (Д), нормирующий преобразователь (НП), линии связи, устройство связи с объектом (УСО), многоканальные регистраторы (МР), средства отображения информации (СОИ), исполнительные механизмы (ИМ), устройства дистанционного управления (ДУ), регулирующий орган (РО).

УСО под управлением УВМ осуществляет коммутацию измерительных каналов, преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы и наоборот, распределение командных сигналов по ИМ. Для повышения надежности подобных систем вместо одной

УВМ применяют несколько однотипных ЭВМ с собственными операционными системами и межмашинной аппаратной связью. Все машины решают одновременно одни и те же задачи контроля и управления, также используются многопроцессорные вычислительные комплексы (УВК), однако, они значительно повышают стоимость централизованных АСУ ТП.

В централизованных АСУ ТП, как правило, реализуют простейшие линейные законы регулирования, в частности, законы стабилизации наименее ответственных переменных, но под контролем оператора могут выполнять и функцию непосредственного цифрового управления (НЦУ).

Структура супервизорной АСУ ТП состоит из ряда локальных АСР, построенных на базе технических

средств индивидуального пользования, и централизованной УВМ, имеющей информационные линии связи с локальными системами (см. рис. 3.3).

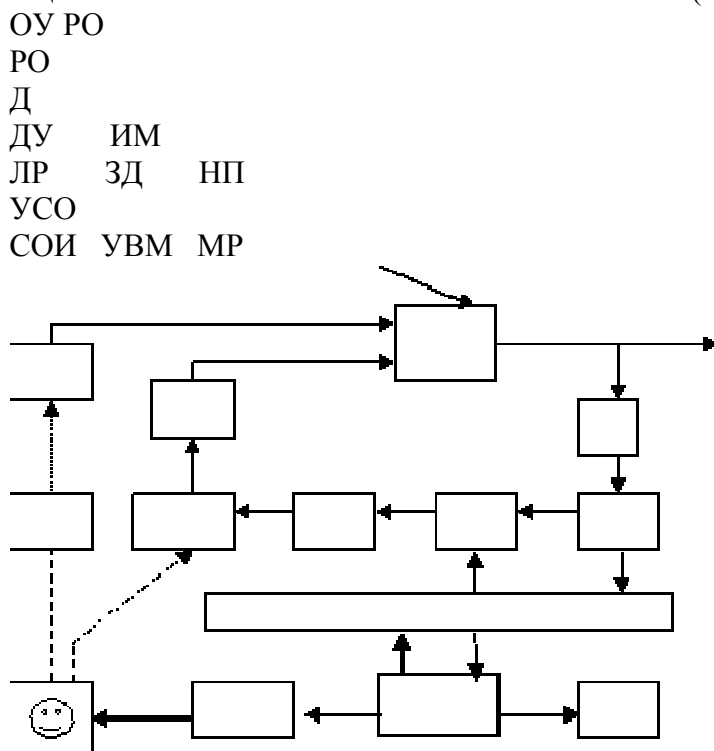


Рис. 3.3. Структура супервизорной АСУ ТП

В супервизорных системах на УСО и УВМ возложены функции сбора и переработки информации о состоянии объекта управления, вычисления критерия качества, нахождения оптимального режима, соответствующего

заданий управления и передачи их, как заданий локальным АСР, состоящим из датчика (Д), нормирующего преобразователя (НП), задатчика (Зд), локального регулятора (ЛР), исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО). Локальные АСР регулируют (стабилизируют) выходную переменную на уровне задания, получаемого через УСО от УВМ. На оператора возлагаются функции диагностики всей АСУ ТП, коррекции алгоритмов контроля и управления в непредвиденных ситуациях, он также осуществляет с помощью МР и СОИ контроль за состоянием ОУ и анализ оптимальных управлений (заданий), разрешает или запрещает их передачу в локальные АСР, а также может непосредственно изменять входные переменные ОУ с помощью устройств дистанционного управления (ДУ) или задатчиков ЛР.

Система супервизорного управления характеризуется некоторой распределенностью функций между центральной УВМ и локальными АСР, что приводит к ее надежности и живучести по сравнению с централизованной АСУ ТП.

Распределенные АСУ ТП характеризуются разделением функций контроля, обработки информации и

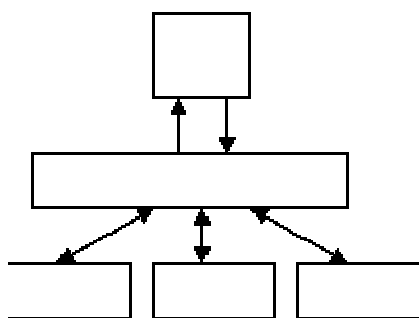
управления между несколькими территориально рассредоточенными УСО и вычислительными устройствами, соединенными сетями для передачи информации и программ. Также распределенные АСУ ТП строятся на базе объектов, расположенных на различных, отчасти далеко расположенных, закрытых и открытых площадках. Именно эта особенность накладывает определенные структурные требования при проектировании этих систем. Для построения таких АСУ ТП, применяемых для автоматизации сложных ОУ, проводится топологически-пространственная или функционально-целевая декомпозиция управления.

При топологически-пространственной декомпозиции ОУ условно делится на ряд более простых локальных объектов с компактным территориальным размещением датчиков и регулирующих органов, что позволяет приблизить УСО и УВМ к локальным объектам управления.

При функционально-целевой декомпозиции сложный ОУ подразделяется на ряд более простых локальных объектов, каждый из которых имеет меньшее число управлений и собственный критерий качества, аддитивным образом входящий в общий критерий оптимальности. В этом случае задача оптимизации работы всего ОУ может быть декомпозирована на ряд более простых задач оптимального управления локальными объектами и задачу координации (согласования). Такая декомпозиция задачи управления ОУ позволяет ускорить процесс нахождения оптимального управления, повышает надежность и живучесть АСУ ТП.

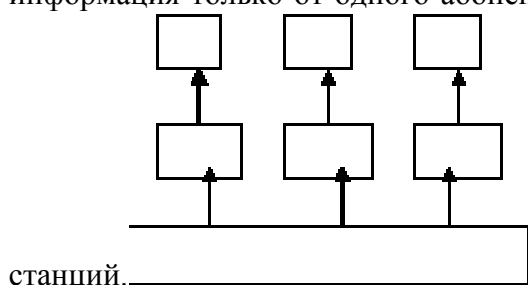
Для распределенных АСУ ТП характерно также разделение функций между средствами и оператором, а также наличие локальных управляющих вычислительных сетей для обмена и передачи информации. При построении этих систем возможны три структуры: радиальная, магистральная и кольцевая (рис. 3.4).

Радиальная структура АСУ ТП характеризуется наличием центрального узла (ЦУ) и центрального устройства связи (ЦУС), позволяющих подсоединять с помощью сетевых средств локальные технологические станции (ЛТС), которые не имеют прямых информационных связей между собой, сообщения от одной станции к другой проходят через ЦУ. АСУ ТП с радиальной структурой применяют для автоматизации сложных ОУ, для которых может быть проведена декомпозиция рассматриваемых задач на ряд локальных задач оптимизации и одну задачу координации, при этом локальные задачи распределяются по соответствующим ЛТС, а задача координации решается в центральной УВМ.



Распределенная АСУ ТП с магистральной структурой характеризуется наличием единой связи или шины, к которой с помощью устройств сопряжения (УС) параллельно подсоединяются различные абоненты (А) – станции, микроконтроллеры и т.п. По шине в любой момент времени передается

информация только от одного абонента, получателем при этом может быть любое число



станций.

ЦУ

А АА

ЦУС

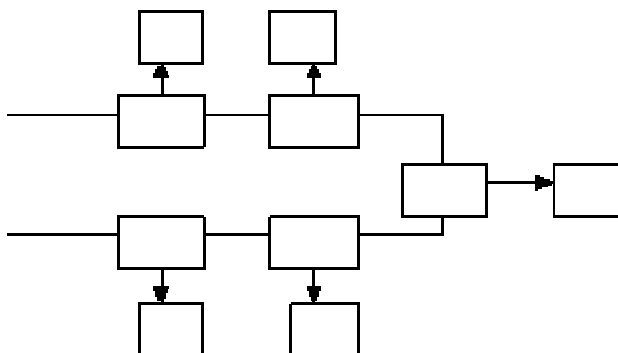
УС УСУС

ЛТС

ЛТС

ЛТС

шина



а)

б)

А

УС УС

УС А

УС УС

А А

в)

Рис. 3.4. Структуры распределенной АСУ ТП:

а – радиальная; б – магистральная; в – кольцевая

При кольцевой структуре распределенной АСУ ТП каждый абонент (А) подключен к устройству сопряжения (УС), последние объединены друг с другом шинами, образуя, таким образом, кольцевую сеть. Информация циркулирует по этой сети только в одном направлении.

АСУ ТП с централизованной структурой уходят в прошлое. Современные АСУ ТП строятся по принципу распределенных систем, для которых характерна мировая интеграция и унификация технических решений, открытость системы, использование промышленных вычислительных сетей.

В настоящее время развитие концепции построения автоматизированных систем управления технологическими процессами в различных областях народного хозяйства происходит под действием противоречивых факторов. Это связано с тем, что принципы построения АСУ ТП регламентируются ГОСТами, методическими и руководящими документами, сложившимся опытом и традициями специалистов проектно-конструкторских организаций. Но, к сожалению, ГОСТы, методические и руководящие материалы консервативны, так как отражают вчерашний день развития науки и техники. Сегодня нельзя не учитывать накопленный опыт в этой области зарубежных фирм, выпускающих аппаратные и программные средства АСУ ТП, способные реализовать информационные и управляющие функции.

С учетом многообразия объектов и технологических процессов, подлежащих автоматизации, сформулировать единую концепцию построения АСУ ТП в настоящее время не представляется возможным. В этой связи используются общие и частные принципы построения систем управления.

Общие принципы построения АСУ ТП базируются на обобщенных принципах построения множества

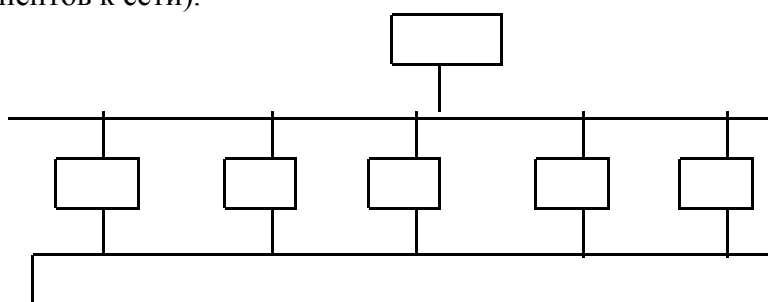
систем одного и того же класса и отличаются формулировкой главных особенностей конкретного объекта автоматизации, определением общего объема автоматизации, а также определением основных задач управления и контроля.

Частные принципы построения АСУ ТП учитывают специфику конкретного объекта автоматизации, а также главные особенности технической реализации, которые отражаются в технических спецификациях на проектируемую систему.

В качестве средств автоматизации большинства технологических процессов используют программнотехнические комплексы (ПТК), представляющие собой совокупность микропроцессорных средств автоматизации, дисплейных пультов оператора, серверов различного назначения, промышленных сетей, которые связывают компоненты АСУ ТП, а также программного обеспечения контроллеров и дисплейных пультов оператора (см. рис. 3.5).

Наиболее распространенными ПТК в настоящее время являются ПТК "Саргон", ПТК "Сириус", ПТК "Круг-2000", микропроцессорные системы контроля и управления МСКУМ, ПТК "Торпедо", ПТК "Техноконт" и др. Для всех ПТК характерным является наличие таких функциональных элементов как промышленные сети; программируемые логические контроллеры или контроллеры на базе РС, интеллектуальные устройства связи с объектом; рабочие станции и серверы различного назначения; прикладное программное обеспечение.

Структура ПТК определяется сетевыми возможностями (контроллеры, пульты операторов, удаленность блоков ввода-вывода), гибкость и разнообразие зависит от числа имеющихся сетевых уровней, возможных технологий на каждом уровне сети (шина, звезда, кольцо), параметров сети каждого уровня (типы кабелей, допустимые расстояния, максимальное количество узлов, скорость передачи информации, методы доступа компонентов к сети).



ПУ Промышленная сеть

К КККК

Объект управления: датчики, исполнительные механизмы

Рис. 3.5. Структура ПТК

Наиболее простой является структура ПТК (рис. 3.5), в которой все функциональные возможности системы разделены на два уровня: первый – контроллеры, второй – пульт оператора (рабочая станция или промышленный компьютер).

Контроллеры (К) выполняют сбор информации от датчиков, установленных на объекте управления, проводят предварительную обработку сигналов (масштабирование, фильтрацию), реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления; передачу и прием информации из промышленной сети.

Пульт оператора (ПУ) формирует сетевые запросы к контроллерам нижнего уровня, получает от них оперативную информацию о ходе технологического процесса, отображает на экране монитора ход технологического процесса в удобном для оператора виде, осуществляет долговременное хранение динамической информации о ходе процесса (архив), производит коррекцию необходимых параметров алгоритмов управления и уставок регуляторов в контроллерах нижнего уровня.

В последнее время в АСУ ТП все шире используется архитектура ПТК "Клиент-сервер", позволяющая повысить эффективность и скорость работы всей системы, надежность и живучесть за счет резервирования серверов, рабочих станций, а также за счет территориального распределения решаемых задач.

Серверы выполняются на базе промышленных компьютеров и являются резервируемыми. На практике

различают сервер базы данных реального времени, сервер оперативной и архивной базы данных, сервер ввода-вывода и др. Основными функциями сервера являются: сбор и обработка оперативных данных от УСО и контроллеров; передача управлений контроллерам с верхнего уровня; хранение и отображение информации о заданных переменных; представление требуемой информации клиентским рабочим станциям; архивация трендов, печатных документов, протоколов событий.

Многие современные ПТК включают станции инжиниринга, выполненные на базе персональных компьютеров в офисном исполнении, которые позволяют осуществлять инженерное обслуживание контроллеров – программирование, наладку, настройку, а в некоторых случаях и инженерное обслуживание рабочих станций.

Характерной чертой современных ПТК является активное проникновение INTERNET – технологий на

уровень промышленной автоматизации, это, как правило, публикации на Web-серверах информации о ходе технологического процесса и всевозможных сводных отчетов.

Структура более сложного ПТК представлена на рис. 3.6.

Современные распределенные АСУ ТП характеризуются наличием промышленной сети, состоящей из многих узлов, обмен между которыми производится цифровым способом. Использование промышленной сети

позволяет расположить узлы, в качестве которых выступают контроллеры и интеллектуальные устройства ввода-вывода, максимально приблизив их к датчикам и исполнительным механизмам, сократив до минимума длину аналоговых линий.

Webклиент

Webклиент

Информационная сеть

ПУ ПУ

Webсервер

Промышленная сеть

Сервер БД

основной

Сервер БД

резервный

Станция инжиниринга

Коммуникационный сервер

сеть

К КК

Промышленная сеть

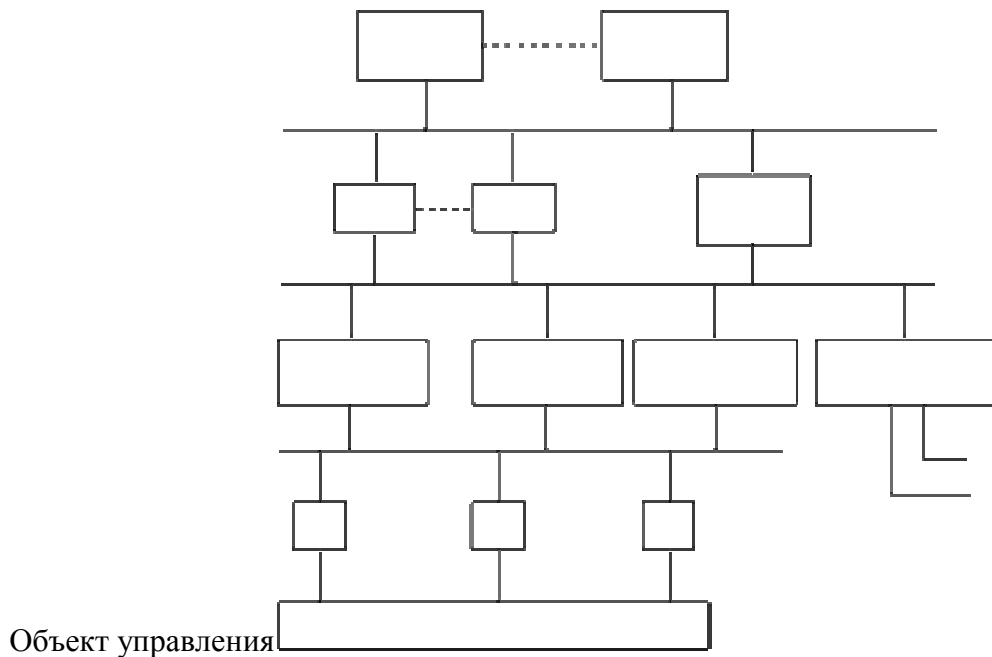


Рис. 3.6. Структура сложного ИТС

Каждый узел промышленной сети выполняет такие функции, как прием команд и данных от других узлов промышленной сети, считывание данных с подключения датчиков, преобразование полученных данных в цифровую форму, отработку запрограммированного технологического алгоритма, выдачу управляющих воздействий на подключенные исполнительные механизмы по команде другого узла или согласно технологического алгоритма, передачу информации на другие узлы сети.

АСУ ТП на базе промышленных сетей позволяют существенно экономить кабельную продукцию, повысить надежность системы управления, гибкость и модифицируемость, использовать принципы открытых систем.

Наиболее распространенными промышленными сетями, применяемыми в системах автоматизации, являются Modbus, PROFIBUS, Intabus, Fieldbus, Ethernet и др.

С целью взаимодействия открытых систем с различными видами вычислительного оборудования и стандартами протоколов предложена "Описательная модель взаимосвязи открытых систем (OSI-модель, ISO/OSI

Model)". В соответствии с моделью ISO/OSI сетевые функции распределяют по семи уровням: физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, уровень представления, прикладной.

На физическом уровне определяются физические характеристики канала связи и параметры сигналов. Канальный уровень определяет правила совместного использования физического уровня узлами сети. Сетевой уровень отвечает за адресацию и доставку пакета по оптимальному маршруту. Транспортный уровень разбирается с содержанием пакетов, производит деление и сборку пакетов. Сеансовый уровень координирует взаимодействие между узлами сети. Уровень представления занимается при необходимости преобразованием формата данных. Прикладной уровень обеспечивает непосредственную поддержку прикладных процессов и программ конечного пользователя, а также управление взаимодействием этих программ с различными объектами сети передачи данных.

Большинство промышленных сетей имеют три уровня: физический, канальный, прикладной. Выбор типа промышленной сети определяется уровнем автоматизации, местом сети в иерархии промышленного предприятия, требованиями к ее функциональным характеристикам.

Для эффективной работы АСУ ТП необходимо реализовать следующие виды обеспечения:

1. Оперативный персонал. В состав оперативного персонала входят технологи-операторы автоматизированного технологического комплекса, осуществляющие управление технологическим объектом, и эксплуатационный персонал АСУ ТП, обеспечивающий функционирование системы. Оперативный персонал может работать в контуре управления и вне него. В первом случае реализуются функции управления по рекомендациям,

выдаваемым КТС. Во втором случае оперативный персонал задает системе режим работы, контролирует работу системы и при необходимости принимает на себя управление технологическим объектом.

2. Организационное обеспечение включает описание функциональной, технической, организационной структур системы, инструкции и регламенты для оперативного персонала по работе АСУ ТП. Оно содержит совокупность правил, предписаний, обеспечивающих требуемое взаимодействие оперативного персонала между собой и комплексом средств.

Таким образом, организационная структура управления – это связи между людьми, занятыми эксплуатацией объекта. Персонал, занятый оперативным управлением, поддерживает технологический процесс в заданных нормах, обеспечивает выполнение производственного плана, контролирует работу

технологического оборудования, следит за условиями безопасного ведения процесса.

Эксплуатационный персонал АСУ ТП обеспечивает правильность функционирования КТС АСУ ТП, ведет учет и отчетность. АСУ ТП получает от вышестоящего уровня управления производственные задания, критерии реализации этих заданий, передает на вышестоящие уровни управления сведения о выполнении заданий, количественных и качественных показателях продукции и функционировании автоматизированного технологического комплекса.

Для анализа организационной структуры и определения оптимального построения внутренних взаимосвязей используют методы групповой динамики. При этом обычно применяют методику и приемы социальной психологии. Проведенные исследования дали возможность сформулировать требования, необходимые для организации группы оперативного технологического персонала:

- вся производственная информация должна передаваться только через руководителя;
- у одного подчиненного должно быть не больше одного непосредственного руководителя;
- в производственном цикле информационно взаимодействуют друг с другом только подчиненные одного руководителя.

Подразделения технического обслуживания выполняют работы на всех стадиях создания АСУ ТП (проектирование, внедрение, эксплуатация), их основными функциями являются:

- обеспечение эксплуатации систем в соответствии с правилами и требованиями технической документации;
- обеспечение текущего и планового ремонта технических средств АСУ ТП;
- проведение совместно с разработчиками испытаний АСУ ТП;
- проведение исследований по определению экономической эффективности системы;
- разработка и реализация мероприятий по дальнейшему развитию системы;
- повышение квалификации работников службы АСУ ТП, изучение и обобщение опыта эксплуатации.

Для выполнения функций технологу-оператору должны быть представлены технические и программные средства, обеспечивающие в зависимости от особенностей технологического процесса требуемые наборы из

следующих информационных сообщений:

- индикация измеренных значений параметров по вызову;
- индикация и изменение заданных границ контроля параметров процесса;
- звуковая сигнализация и индикация отклонений параметров за регламентные границы;
- звуковая сигнализация и индикация отклонений скорости изменения параметров от заданных значений;
- отображение состояния технологического процесса и оборудования на схеме объекта управления;
- регистрация тенденций изменения параметров;
- оперативная регистрация нарушений технологического процесса и действий оператора.

3. Информационное обеспечение (ИО) включает систему кодирования технологической и техникоэкономической информации, справочную и оперативную информацию, содержит описание всех сигналов и кодов, используемых для связи технических средств. Применяемые коды должны включать минимальное число

знаков, иметь логическую структуру и отвечать другим требованиям кодирования. Формы выходных документов и представлений информации не должны вызывать трудностей при их использовании.

При разработке и внедрении системы ИО АСУ ТП необходимо учитывать принципы организации управления технологическим процессом, которым соответствуют следующие этапы:

1) Определение подсистем АСУ ТП и типов управленческих решений, по которым необходимо обеспечение научно-технической информацией. Результаты этого этапа используются для определения оптимальной структуры массивов информации, для выявления характеристик ожидаемого потока запросов.

2) Определение основных групп потребителей информации. Потребители информации классифицируются в зависимости от их участия в подготовке и принятии управленческих решений, связанных с организацией технологического процесса. Накопление информации осуществляется с учетом видов задач, решаемых при управлении процессами. Потребитель может получить информацию по сопряженным технологическим участкам,

также создаются условия для перераспределения информации при изменении потребностей.

3) Изучение информационных потребностей.

4) Изучение потоков научно-технической информации, необходимой при управлении процессами, базируется на результатах анализа управленческих задач. Наряду с потоками документальной информации анализируются факты, отражающие опыт данного и аналогичных предприятий.

5) Разработка информационно-поисковых систем для управления технологическим процессом.

Для автоматизированных систем характерны процессы переработки информации – преобразование, передача, хранение, восприятие. При управлении технологическим процессом происходит передача информации и переработка управляющей системой входной информации в выходную информацию. При этом необходимы контроль и регулирование, заключающиеся в сравнении информации о результатах предшествующего этапа деятельности с информацией, соответствующей условиям достижения цели, в оценке рассогласования между ними и выработке корректирующего выходного сигнала. Рассогласование вызывается внутренними и внешними возмущающими воздействиями случайного характера. Процесс передачи информации предполагает наличие источника информации и приемника.

Для обеспечения участия человека в управлении технологическим процессом необходимо документирование информации. Для последующих анализов требуется накопление статистических исходных данных посредством регистрации состояний и значений параметров процесса во времени. На основе этого проверяется соблюдение технологического процесса, качество продукции, контролируются действия персонала в аварийных ситуациях, осуществляется поиск направлений совершенствования процесса.

При разработке информационного обеспечения АСУ ТП, связанного с документированием и регистрацией, необходимо:

- определить вид регистрируемых параметров, место и форму регистрации;
- выбрать временной фактор регистрации;
- минимизировать количество регистрируемых параметров из соображений необходимости и достаточности для оперативных действий и анализа;
- унифицировать форматы документов, их структуру;
- ввести специальные реквизиты;
- решить вопросы классификации документов и маршрутов их движения;
- определить объемы информации в документах, установить место и сроки хранения документов.

Потоки информации в каналах связи АСУ ТП система должна передавать с необходимым качеством информации от места ее образования к месту ее приема и использования. Для этого должны удовлетворяться следующие требования:

- своевременность доставки информации;
- верность передачи – отсутствие искажений, потерь;
- надежность функционирования;
- единство времени в системе;
- возможность технической реализации;
- обеспечение экономической приемлемости информационных требований.

Кроме того, система должна предусматривать:

- регулирование информационных потоков;
- возможность осуществления внешних связей;
- возможность расширения АСУ ТП;
- удобство участия человека в анализе и управлении процессом.

К основным характеристикам потока информации относятся:

- объект управления (источник информации);
- цель информации;
- формат информации;
- объемно-временные характеристики потока;
- периодичность возникновения информации;
- объект, использующий информацию.

При необходимости характеристики потока детализируются указанием:

- вида информации;
- наименования контролируемого параметра;
- диапазона изменения параметра во времени;
- числа одноименных параметров на объекте;
- условий отображения информации;
- скорости генерации информации.

К основным информационным характеристикам канала связи относятся:

- 1) местоположение начала и конца канала связи;
- 2) форма передаваемой информации;
- 3) структура канала передачи – датчик, кодер, модулятор, линия связи, демодулятор, декодер, устройство отображения;
- 4) вид канала связи – телефонный, механический;
- 5) скорость передачи и объем информации;

- 6) способы преобразования информации;
- 7) пропускная способность канала;
- 8) объем сигнала и емкость канала связи;
- 9) помехоустойчивость;
- 10) информационная и аппаратурная избыточность канала;
- 11) надежность связи и передачи по каналу;
- 12) уровень затухания сигнала в канале;
- 13) информационное согласование звеньев канала;
- 14) мобильность канала передачи.

В АСУ ТП может быть внесен временной признак информации, который предполагает единую систему времени с централизованной шкалой отсчета. Для информационных связей АСУ ТП характерной чертой является действие в реальном масштабе времени. Применение единой системы отсчета времени обеспечивает выполнение следующих задач:

- 1) документирование времени приема, передачи информации;
- 2) протоколирование происходящих в АСУ ТП событий;
- 3) анализ производственных ситуаций по временному признаку (очередность поступления, длительность);
- 4) учет времени прохождения информации по каналам связи и времени обработки информации;
- 5) управление очередностью приема, передачи, обработки информации;
- 6) задание последовательности управляющих воздействий в пределах единой шкалы времени;
- 7) отображение единого времени в пределах зоны действия АСУ ТП.

2. Этапы разработки и внедрения.

При создании АСУ ТП основное внимание уделяется сигналам, связанным с взаимодействием отдельных элементов. Изучению подлежат сигналы взаимодействия человека с техническими средствами и одних технических средств с другими техническими средствами. В связи с этим рассматриваются следующие группы сигналов и кодов:

Первая группа – представляет собой стилизованные языки, которые обеспечивают экономный ввод данных в технические средства и вывод их оператору. По характеру информации выделяют технические и экономические данные.

Вторая группа – решает задачи передачи данных и стыковки технических средств. Здесь основной проблемой является верность передачи сообщения, для чего используют помехоустойчивые коды. Информационная совместимость технических средств обеспечивается установкой дополнительной согласующей аппаратуры, использованием вспомогательных программ перекодировки данных.

Третья группа – представляет собой машинные языки. Обычно используют двоичные коды с элементами защиты данных по цифровому модулю, с дополнением кода проверочным разрядом.

Общие технические требования к АСУ ТП по информационному обеспечению:

- 1) максимальное упрощение кодирования информации за счет кодовых обозначений и кодов повторения;
- 2) обеспечение простоты декодирования выходных документов и форм;
- 3) информационная совместимость АСУ ТП со смежными системами по содержанию, кодированию, форме представления информации;
- 4) возможность внесения изменений в ранее переданную информацию;
- 5) обеспечение надежности выполнения системой своих функций за счет помехозащищенности информации.

Персонал АСУ ТП взаимодействует с КТС, воспринимая и вводя технологическую и экономическую ин

формацию. Кроме этого оператор взаимодействует с другими операторами и вышестоящим персоналом. Для облегчения этих связей принимаются меры по формализации потоков информации, их сжатию и упорядочению. ЭВМ передает оператору информацию в виде световых сигналов, изображений, печатных документов, звуковых сигналов.

При взаимодействии оператора с ЭВМ необходимо обеспечить:

- наглядное отображение функционально-технологической схемы объекта управления, информацию о его состоянии в объеме функций, возложенных на оператора;
- отображение связи и характера взаимодействия объекта управления с внешней средой;
- сигнализацию о нарушениях в работе объекта;
- быстрое выявление и ликвидацию неисправностей.

Отдельные группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления объектом, обычно выделяют размерами, формой, цветом. Технические средства, используемые для автоматизации управления, позволяют вводить информацию только в определенной заранее обусловленной форме. Это приводит к необходимости кодирования информации. Обмен данными между функциональными блоками системы управления должен осуществляться законченными смысловыми сообщениями. Сообщения передаются двумя раздельными потоками данных: информационным и управляющим.

Сигналы информационного потока подразделяются на группы:

- измеряемого параметра;
- диапазона измерения;
- состояния функциональных блоков системы;
- адреса (принадлежность измеряемого параметра определенному блоку);
- времени;
- служебный.

Для защиты от ошибок при обмене информацией через каналы связи на входе и выходе аппаратуры следует использовать избыточные коды с их проверкой на четность, цикличность, итеративность, повторяемость. Вопросы защиты информации связаны с обеспечением надежности работы системы управления, формами

представления информации. Информацию необходимо защищать от искажения и от использования ее не по назначению. Методы защиты информации зависят от производимых операций, от используемого оборудования.

4. Программное обеспечение. В состав программного обеспечения входят общее программное обеспечение, поставляемое со средствами вычислительной техники, в том числе, организующие программы, программы диспетчеры, транслирующие программы, операционные системы, библиотеки стандартных программ, а также

специальное программное обеспечение, которое реализует функции конкретной системы, обеспечивает функционирование КТС, в том числе аппаратным путем.

5. Математическое, алгоритмическое обеспечение. Как известно, модель – это образ объекта исследования, отображающая существенные свойства, характеристики, параметры, взаимосвязи объекта. Одним из методов исследования процессов или явлений в АСУ ТП является метод математического моделирования, т.е. путем построения их математических моделей и анализа этих моделей. Разновидностью математического моделирования является имитационное моделирование, при котором используется прямая подстановка чисел, имитирующих внешние воздействия, параметры и переменные процессов с помощью ЭВМ. Для проведения имитационных исследований необходимо разработать алгоритм. Алгоритмы, используемые в АСУ ТП, характеризуются следующими особенностями:

- 1) временная связь алгоритма с управляемым процессом;

- 2) хранение рабочих программ в оперативной памяти ЭВМ для доступа к ним в любой момент времени;
- 3) превышение удельного веса логических операций;
- 4) разделение алгоритмов на функциональные части;
- 5) реализация на ЭВМ алгоритмов в режиме разделения времени.

Учет временного фактора в алгоритмах управления сводится к необходимости фиксации времени приема информации в систему, времени выдачи сообщений оператором для формирования управляющих воздействий, прогнозирования состояния объекта управления. Необходимо обеспечить своевременную обработку сигналов

ЭВМ, связанной с управляемым объектом. Это достигается составлением наиболее эффективных по быстродействию алгоритмов, реализуемых на быстродействующих ЭВМ.

Из второй особенности алгоритмов АСУ ТП вытекают жесткие требования к объему памяти, необходимой для реализации алгоритма, к связанности алгоритма.

Третья особенность алгоритмов обусловлена тем, что технологические процессы управляются на основе решений, принимаемых по результатам сопоставления различных событий, сравнения значений параметров объекта,

проверки выполнения различных условий и ограничений.

Использование четвертой особенности алгоритмов АСУ ТП дает возможность разработчику сформулировать несколько задач системы, а затем объединить разработанные алгоритмы этих задач в единую систему. Степень взаимосвязи задач АСУ ТП может быть различной и зависит от конкретного объекта управления.

Для учета пятой особенности алгоритмов управления необходимо разработать операционные системы реального времени и планировать очередность загрузки модулей, реализующих алгоритмы задач АСУ ТП, их выполнение в зависимости от приоритетов.

На этапе разработки АСУ ТП создаются измерительные информационные системы, которые обеспечивают полный и своевременный контроль режима работы агрегатов, позволяющих анализировать ход технологического процесса и ускорить решение задач оптимального управления. Функции систем централизованного контроля сводятся к решению следующих задач:

- 1) определение текущих и прогнозируемых значений величин;
- 2) определение показателей, зависящих от ряда измеряемых величин;
- 3) обнаружение событий, являющихся нарушениями и неисправностями на производстве.

Общая модель задачи при оценке текущих значений измеряемых величин и вычисляемым по ним ТЭП в системе централизованного контроля может быть представлена следующим образом: задается совокупность величин и показателей, которые необходимо определять в объекте контроля, указывается требуемая точность

их оценки, имеется совокупность датчиков, которые установлены на автоматизируемом объекте. Тогда общая

задача оценки значения отдельной величины формулируется следующим образом: для каждой отдельной величины требуется найти группу датчиков, частоту их опроса и алгоритм переработки получаемых от них сигналов, в результате которого значение этой величины определяется с заданной точностью.

Для решения задач в условиях АСУ ТП используются такие математические методы, как линейное программирование, динамическое программирование, методы оптимизации, выпуклое программирование, комбинаторное программирование, нелинейное программирование. Методами построения математического описания объекта являются метод Монте-Карло, математическая статистика, теория планирования эксперимента, теория массового обслуживания, теория графов, системы алгебраических и дифференциальных уравнений.

6. Техническое обеспечение. Комплекс технических средств должен обеспечить такую систему измерений в условиях функционирования АСУ ТП, которые, в свою

очередь, обеспечивают необходимую точность, быстроедействие, чувствительность и надежность в соответствии с заданными метрологическими, эксплуатационными и экономическими характеристиками. Технические средства можно группировать по эксплуатационным характеристикам, функциям управления, информационным характеристикам, конструктивному сходству. Наиболее удобной считается классификация технических средств по информационным характеристикам. В связи со сказанным комплекс технических средств должен содержать:

- 1) средства получения информации о состоянии объекта управления и средства ввода в систему (входные преобразователи, датчики), обеспечивающие преобразование входной информации в стандартные сигналы и коды;
- 2) средства промежуточного преобразования информации, обеспечивающие взаимосвязь между устройствами с разными сигналами;
- 3) выходные преобразователи, средства вывода информации и управления, преобразующие машинную информацию в различные формы, необходимые для управления технологическим процессом;
- 4) средства формирования и передачи информации, обеспечивающие перемещение информации в пространстве;
- 5) средства фиксации информации, обеспечивающие перемещение информации во времени;
- 6) средства переработки информации;
- 7) средства локального регулирования и управления;
- 8) средства вычислительной техники;
- 9) средства представления информации оперативному персоналу;
- 10) исполнительные устройства;
- 11) средства передачи информации в смежные АСУ и АСУ других уровней;
- 12) приборы, устройства для наладки и проверки работоспособности системы;
- 13) документационная техника, включающая средства создания и уничтожения документов;
- 14) конторско-архивная техника;
- 15) вспомогательное оборудование;
- 16) материалы и инструмент.

Вспомогательные технические средства обеспечивают выполнение второстепенных процессов управления: копирование, печать, обработку корреспонденции, создание условий нормальной работы управленческого персонала, поддержание технических средств в исправном состоянии и их функционирование. Создание типовых АСУ ТП в настоящее время невозможно из-за значительного расхождения организационных систем управления предприятиями.

Технические средства АСУ ТП должны соответствовать требованиям ГОСТов, которые направлены на обеспечение различной совместимости объекта автоматизации. Эти требования подразделяются на группы.

1. Информационные. Обеспечивают информационную совместимость технических средств между собой и с обслуживающим персоналом.

2. Организационные. Структура управления технологическим процессом, технология управления, технические средства должны соответствовать друг другу до и после внедрения АСУ ТП, для чего необходимо обеспечить:

- соответствие структур КТС – структуре управления объектом;
- автоматизированное выполнение основных функций, выделение информации, ее передачу, обработку, вывод данных;
- возможность модификации КТС;
- возможность создания организационных систем контроля работы КТС;
- возможность создания систем контроля персонала.

3. Математические. Сглаживание несоответствий работы технических средств с информацией может быть выполнено с помощью программ перекодирования, перевода, пересоставления макетов. Это обуславливает следующие требования к математическому обеспечению:

- быстрое решение основных задач АСУ ТП;
- упрощение общения персонала с КТС;
- возможность информационной стыковки различных технических средств.

4. Технические требования:

- необходимая производительность для своевременного решения задач АСУ ТП;
- приспособленность к условиям внешней среды предприятия;
- надежность и ремонтпригодность;
- использование унифицированных, серийно выпускаемых блоков;
- простота эксплуатации и обслуживания;
- техническая совместимость средств, основанная на общей элементной и

конструкторской базе;

- требования эргономики, технической эстетики.

5. Экономические требования к техническим средствам:

- минимальные капиталовложения на создание КТС;
- минимальные производственные площади для размещения КТС;
- минимальные затраты на вспомогательное оборудование.

При выборе технических средств АСУ ТП необходимо руководствоваться требованиями по группам видов технических средств.

1. Входные преобразователи (датчики) применяются в комплекте с вторичными приборами, регуляторами, устройствами централизованного контроля, системами управления. При выборе датчиков технологических параметров учитывается ряд факторов метрологического и режимного характера, наиболее существенные из которых следующие:

- 1) допустимая для АСУ ТП погрешность, определяющая класс точности датчика;
- 2) инерционность датчика, характеризующаяся его постоянной времени;
- 3) пределы измерения с гарантируемой точностью;
- 4) влияние физических параметров контролируемой и окружающей среды на работу датчиков;
- 5) разрушающее влияние на датчик различных сред, вследствие абразивных свойств, химического воздействия;
- 6) наличие в месте установки датчика недопустимых для его функционирования полей и излучений;
- 7) возможность применения датчика с точки зрения пожарной безопасности;
- 8) расстояние, на которое может передаваться информация с датчика;
- 9) предельные значения измеряемой величины.

Датчики выбираются в два этапа. На первом этапе задается разновидность датчика, на втором – определяется типоразмер.

2. Промежуточные преобразователи являются внутрисистемными, предназначены для преобразования сигнала одного вида в другой без изменения количества информации. Их используют для согласования входных и выходных сигналов КТС. Предварительно входные преобразователи выбирают по классификационным признакам: унификация входного сигнала, характер преобразуемой информации, вид носителей информации. Затем по техническим характеристикам окончательно выбирают тип преобразователя, учитывая необходимый класс точности, вероятность безотказной работы. Аналогичным образом выбирается и выходной преобразователь.

3. Средства вывода информации управления предназначены для вывода управляющей информации из

вычислительных устройств оператору или на исполнительные механизмы. Они преобразуют машинные сигналы и сигналы оператора в форму, которая воспринимается человеком и исполнительными механизмами. Для лучшего восприятия оператором информация выводится в виде сигнализации, контроля, регистрации, диалога. Форма представления определяется технологией работы оператора с выводимой информацией, ее важностью, значением. Средства вывода информации выбирают по классификационным признакам и по техническим характеристикам, с учетом конструктивных и технических особенностей.

4. Вторичные приборы служат для преобразования контролируемых параметров и представления их оператору, кроме того, они могут содержать устройства, позволяющие вводить информацию в другие элементы технических средств АСУ ТП, осуществлять управление технологическими объектами.

5. Автоматические регуляторы и исполнительные устройства. Автоматический регулятор выполняет задание, определяемое задающим элементом, его работа определяется законом регулирования. Выбор автоматических регуляторов осуществляется в следующем порядке:

- 1) оценка возможности выбора регулятора по расстоянию, на которое передается регулирующее воздействие;
- 2) по пожаробезопасности, наличию вибраций и полей, по разрушающему влиянию среды;
- 3) по оценке инерционности регулятора.

Устройства, предназначенные для перемещения регулирующих органов в системах дистанционного и автоматического управления, называются исполнительными механизмами. Выбор исполнительных устройств основан на соблюдении следующих требований:

- 1) соответствие принципа действия и конструкции исполнительных устройств задаче автоматизации;
- 2) соответствие категории производственного помещения;
- 3) соответствие свойствам и значениям регулирующей среды;
- 4) обеспечение требуемой надежности и технического ресурса;
- 5) безотказная работа в предполагаемом месте установки;
- 6) обеспечение необходимости скорости регулирования;
- 7) линейность ходовой характеристики.

6. Средства передачи информации осуществляют перемещение информации в пространстве и предназначены для обмена информацией между распределенным производственным персоналом, а также между техническими средствами по сетям связи различного назначения:

1) средства связи и сигнализации, предназначенные для обмена речевой и документальной информацией между персоналом АСУ ТП, смежными и вышестоящими подразделениями, централизованного визуального контроля хода технологического процесса, автоматизации процессов контроля за состоянием внешней среды, выдачи персоналу информации о текущем времени и других сигналов;

2) средства передачи данных (каналы связи), по которым осуществляется передача данных с гарантированным уровнем достоверности; совместимость обеспечивается реализацией требований к параметрам электрических сигналов, алгоритмам взаимодействия с оконечными устройствами и каналами связи;

3) средства перемещения данных включают устройства перемещения в пространстве документов и

носителей информации, при их выборе предпочтение отдается средствам, способным совмещать оконечные устройства и линии связи, а также многофункциональным установкам.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие №1,2,3(6 часов).

Тема: «Применение условных графических обозначений измерительных преобразователей, вторичных преобразователей, контрольно-измерительных и регулирующих приборов, исполнительных механизмов и регулирующих органов»

2.1.1 Задание для работы:

1. Рассмотреть виды измерительных приборов
2. Разобрать принципы работы приборов
3. Изучить исполнительные механизмы и регулирующие органы

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Основное назначение измерительных приборов – визуальное указание контролируемого параметра, регистрация его значения на различных носителях, выработка сигнала текущего значения для системы регулирования. Некоторые вторичные приборы содержат контактную группу для сигнализации предельных значений параметра и интегратор.

Измерительные приборы классифицируются по нескольким признакам:

- по виду представления результатов измерения – *аналоговые* (непрерывные) и *цифровые* (дискретные);
- по виду структурной схемы – приборы *прямого* измерения и приборы, работающие по принципу *компенсации*;
- по виду используемой энергии – электрические, пневматические и гидравлические приборы.

Основные характерные черты аналоговых приборов прямого измерения – маломощный выходной сигнал, способный переместить только стрелку относительно шкалы и отсутствие обратной связи. Примеры таких приборов -логометры, вольтметры, амперметры и пр.

Наибольшее промышленное распространение получили электрические измерительные приборы, работающие по компенсационному принципу с соответствующими преобразователями: с дифференциально-трансформаторной и ферродинамической измерительными схемами; с автоматическими мостовыми схемами (мосты переменного тока и потенциометры). Данные приборы часто называют *вторичными* приборами.

Действие автоматических вторичных приборов (рис. 8.1) основано на том, что измеряемая величина, формируемая с помощью первичного преобразователя (ПП) и передаваемая на прибор в виде сигнала $E_{вх}$ компенсируется противофазным сигналом $E_{к}$, который образуется в самом приборе с помощью обратной связи, реализованной с помощью компенсационного преобразователя (КП).

Для реализации указанного принципа автоматические вторичные приборы содержат измерительную схему, на рисунке показанную как элемент сравнения (ЭС), фазочувствительный усилитель (ФУ), реверсивный двигатель (РД), компенсационный преобразователь (КП) и систему регистрации показаний (стрелка, записывающее устройство, шкала).

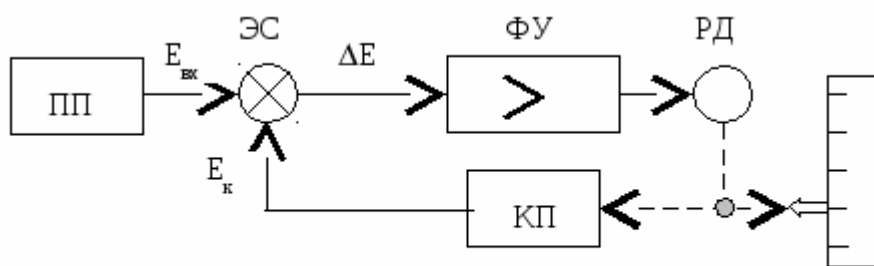


Рис. 8.1 Функциональная схема вторичных приборов

Работа приборов проста, рассмотрим ее подробнее, так как она справедлива для всех видов вторичных компенсационных приборов.

В исходном стационарном состоянии $E_{вх} = E_k$, т.е. $\Delta E = 0$, так как сигналы находятся в противофазном состоянии. Ротор двигателя неподвижен. При изменении входного сигнала на элементе сравнения возникает ΔE , который после усиления управляет работой двигателя. Последний в зависимости от фазы сигнала перемещает рабочий элемент компенсационного преобразователя в ту или иную сторону до тех пор, пока не наступит равенство $E_{вх} = E_k$. Управляющий двигателем сигнал исчезает, ротор РД и показывающая стрелка прибора останавливается в новом положении, фиксируя новое значение контролируемого параметра.

Вторичные приборы выпускаются показывающими, показывающими и самопишущими. Такие приборы могут оборудоваться одним или несколькими дополнительными устройствами: контактными группами, используемыми для сигнализации или простейшего релейного регулирования, преобразователями перемещения для передачи информации на дополнительный вторичный прибор или на регулятор, интеграторами (счетчиками). Некоторые приборы имеют встроенные пневматические регуляторы. В динамическом отношении вторичные приборы можно рассматривать, как апериодические звенья первого порядка, а в случае анализа систем регулирования с инерционным объектом допустимо их принимать как усилительное звено.

Общепромышленные вторичные приборы
Дифференциально-трансформаторные и ферродинамические измерительные приборы. Измерительные схемы этих приборов построены на дифференциально-трансформаторных (рис. 8.2,а) и ферродинамических (рис. 8.2, б) преобразователях перемещения.

Типичным представителем первой группы является широко применяемые в промышленности приборы серии КСД. Вторая группа представлена приборами серии ВФС, выпускаемыми Харьковским заводом КИПиА. Приборы снабжены устройствами регистрации контролируемых параметров на дисковой либо ленточной диаграмме.

Работы этих приборов полностью соответствует рассмотренному выше принципу.

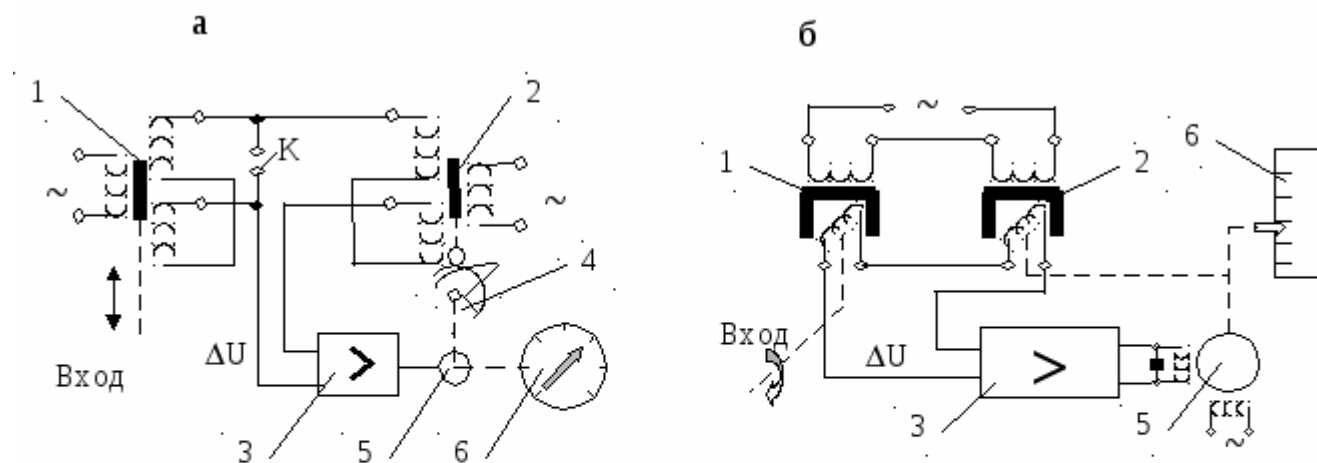


Рис. 8.2 - Принципиальная схема вторичных приборов КСДЗ (а) и ВФСМ (б)

1 – первичный преобразователь перемещения; 2 – компенсационный преобразователь;
 3 – фазочувствительный усилитель; 4 – лекало; 5 – реверсивный двигатель;
 6 – устройства регистрации

Отметим наличие в схеме прибора КСД вспомогательной кнопки (К), служащей для контроля исправности прибора. При нажатии на кнопку шунтируется цепь первичного преобразователя, и двигатель прибора приводит систему к стационарному режиму ($\Delta U = 0$), при этом сердечник компенсационного преобразователя (2) перемещается в нейтральное положение, а стрелка занимает строго определенное положение, показывая тем самым, что система прибора работоспособна.

Автоматические мосты переменного тока. Работают с первичными R-преобразователями (терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы и пр.). Отметим, что наименование "мосты переменного тока" характеризуют, что мостовая измерительная схема приборов питается напряжением переменного тока.

Общий принцип работы мостовой измерительной схемы рассмотрен в разделе 6.. Рассмотрим работу автоматического моста на примере измерения температуры среды с помощью терморезистора.

На рис. 8.3 приведена упрощенная схема контроля температуры с помощью терморезистора (R_t) и автоматического моста переменного тока серии КСМ.

Мостовая схема здесь образована резисторами: R_1 , R_2 , R_3 (активные резисторы плеч моста), R_t (датчик температуры, терморезистор) и R_p (переменный резистор, именуемый реохордом, движок которого перемещается двигателем РД).

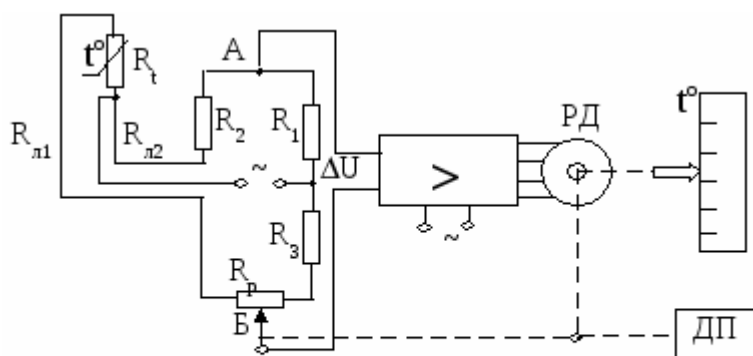


Рис. 8.3 Схема автоматического моста переменного тока с терморезистором

Для ликвидации влияния сопротивления проводов ($R_{л}$), зависящее от температуры окружающей среды, подключение термодатчика осуществляется по трехпроводной линии. Тем самым $R_{л1}$ и $R_{л2}$ оказываются в противоположных плечах моста, и их изменение не влияет на его равновесие. Работа прибора. При изменении контролируемой температуры (меняется величина R_t) мост становится неуравновешенным, между точками "А" и "Б" возникает напряжение (ΔU), которое после усиления управляет реверсивным двигателем (РД), ротор последнего перемещает движок реохорда (R_p), следовательно, и точку "Б" до установления равновесия моста ($\Delta U=0$). Кинематически связанные с ротором двигателя регистрирующие элементы прибора (стрелка, перо) указывают новое значение температуры.

В некоторых модификациях прибора имеется встроенный дополнительный преобразователь (ДП), связанный с ротором двигателя, для передачи информации в систему регулирования.

Автоматические потенциометры. Служат для контроля малых значений напряжений (эдс) постоянного тока. В качестве первичного датчика могут быть термопары, пьезопреобразователи и пр. На рис. 8.4 представлена схема подключения термопары к автоматическому потенциометру типа КСП. Измерительная схема состоит из моста постоянного тока со стабилизированным источником питания и последовательно с ним подключенной термопарой (ТП). С целью возможности использования усилителя переменного тока, снимаемое с измерительной схемы постоянное напряжение (ΔU) с помощью преобразователя (П) формируется в переменное. Из схемы видно, что на вход преобразователя поступает напряжение:

$$\Delta U = U_{AB} - E_x,$$

где U_{AB} — напряжение, снимаемое с диагонали моста;

E_x — напряжение, вырабатываемое термопарой.

Работа прибора понятна из схемы. Принцип компенсации здесь реализован путем формирования в диагонали моста компенсирующего напряжения (U_{AB}), включенного навстречу термоэдс (E_x).

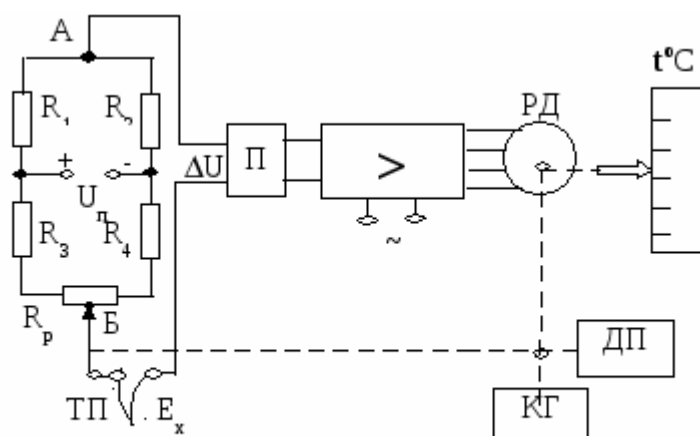


Рис. 8.4 Схема автоматического потенциометра с термопарой

На схеме показаны дополнительный преобразователь (ДП), сигнал которого может использоваться в системе регулирования и контактная группа (КГ) для целей сигнализации, блокировки и релейного регулирования, которые встраиваются в некоторые модификации потенциометров типа КСП.

В заключение отметим, что в развитии аналоговых вторичных приборов наблюдаются две тенденции: это создание более простых, малогабаритных, но надежных и дешевых приборов для АСУТП, где они выполняют роль удобных для оператора устройств представления информации и связующих элементов между датчиками и ЭВМ, и создание высокоточных, быстродействующих и многопредельных вторичных приборов для целей исследования объектов.

Промышленные управляющие устройства

Для эффективного использования полученной от измерительной системы информации об объекте управления необходимо ее проанализировать, выработать по определенным алгоритмам соответствующие команды и передать их к объекту для непосредственного формирования управляющих воздействий в конкретной физической форме. Все эти операции должны осуществляться в требуемом темпе (быстродействии), задаваемом ходом технологического процесса. Качественный и количественный состав технических средств этой группы главным образом и определяет уровень автоматизации объекта. В зависимости от выполняемых техническими средствами функций при переработке информации канал управления может быть представлен обобщенной функциональной схемой, приведенной на рис. 8.5. В конкретном канале управления ряд средств может отсутствовать.

Полученная в измерительной системе (ИС) контрольная информация об объекте управления (ОУ) направляется в группу устройств формирования команд (УФК) управления. Сигналы команд управления с помощью исполнительных механизмов (ИМ) преобразуются в величины, удобные для воздействия на регулирующие органы (РО) конкретных технологических аппаратов. Например, электрический командный сигнал включает электропривод, воздействующий на дроссельную заслонку, изменяющей расход жидкости. С помощью РО происходит, изменение потоков материала, энергии и т. п. в объекте управления, приводящее к соответствующей корректировке хода

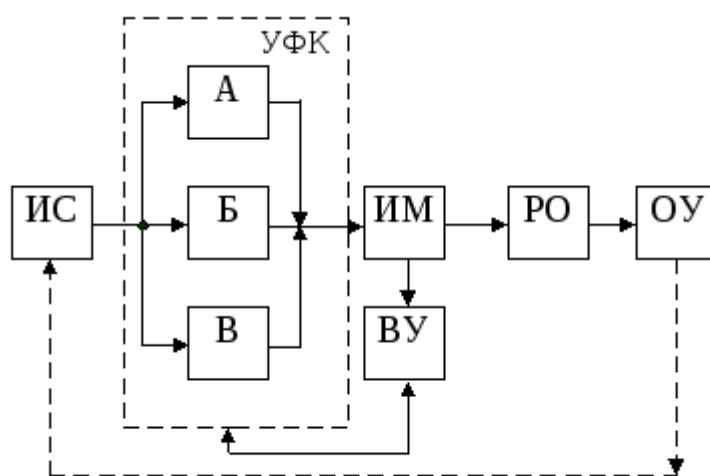


Рис. 8.5 Обобщенная функциональная схема канала управления

технологического процесса. В зависимости от уровня автоматизации в УФК можно выделить технические средства соответствующих уровней управления. К средствам (В), представляющим нижний

уровень управления, относятся регулирующие устройства местных (локальных) и автономных систем регулирования. Средства (Б) включают в себя устройства агрегатированных комплексов централизованных систем управления, осуществляющих регулирование взаимосвязанных объектов.

Управляющие команды высшего уровня (А) формируются с помощью вычислительных машины и микропроцессорных комплексов. Их наличие соответствует созданию на предприятии автоматизированной системы управления.

Управляющие команды на исполнительные устройства (ИМ и РО) могут подаваться как непосредственно со средств верхнего уровня управления, так и через средства более низких уровней, корректируя их работу.

Выбор режимов работы УФК и ИМ, контроль их состояния и исправности осуществляется группой вспомогательных устройств (ВУ). В сложных системах управления сюда может входить микропроцессорная техника, в простейших локальных системах (АСР) это могут быть ключи выбора режима управления ("Местное", "Автоматическое") и дистанционные указатели положения рабочего органа исполнительного механизма.

Рассмотрим подробнее схему управления сложными объектами с помощью ЭВМ (рис.8.6).

На вход ЭВМ от датчиков (D_i) поступает измерительная информация о текущих значениях выходных величин Y_1, \dots, Y_n объектов управления. После преобразования сигналов из непрерывных в дискретные (Н/Д), аналог-код) ЭВМ обрабатывает эти сигналы y_i в соответствии с выбранным законом (алгоритмом) управления для получения командной информации x_i , которая после обратного преобразования (Д/Н) подается через исполнительные механизмы (ИМ) на входы объектов X_1, \dots, X_n .

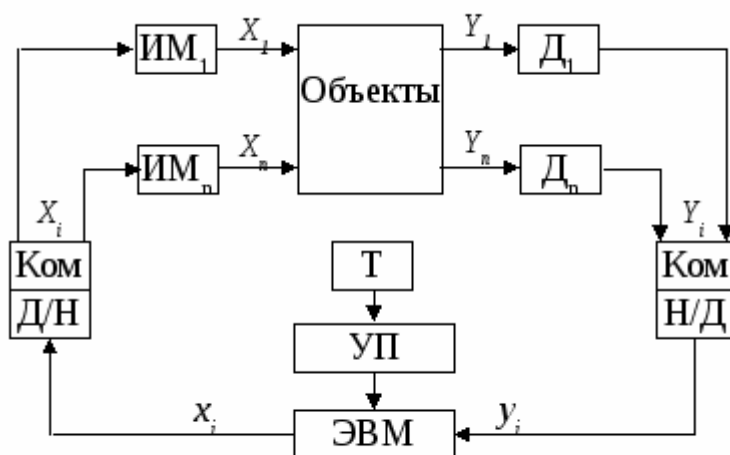


Рис. 8.6 Структурная схема управления с помощью ЭВМ

Преобразова-
тели непрерывных
величин в дискретные (цифровые) и наоборот делают многоканальными с использованием коммутатора (КОМ), который последовательно обегает датчики (или ИМ). Распространен принцип синхронной связи ЭВМ с объектами, при котором процесс управления разбивается на периоды (циклы) равной продолжительности тактирующими импульсами от электронного таймера (Т).

В начале очередного цикла, с приходом тактирующего импульса на устройство прерывания (УП), происходит обегаящий опрос датчиков (с преобразованием сигналов в цифровую форму) и ввод цифровых сигналов в оперативную память ЭВМ. По отношению к отдельному датчику его выходной непрерывный сигнал квантуется по уровню и по времени.

После ввода измерительной информации u_i в память, ЭВМ вычисляет управляющие команды x_i и выдает их на управление. Непосредственное цифровое управление получается при подаче команд (через ИМ) на вход объекта.

Для сложных технологических процессов команды управления от ЭВМ подаются на изменение заданий локальных АСР (и, возможно, на установку оптимальных настроек регулятора локальных АСР). При такой структуре работоспособность сохраняется и при отказах ЭВМ.

Помимо рассмотренной работы ЭВМ в замкнутой системе управления (по отклонению), возможно управление по разомкнутой схеме по принципу программного управления (ЭВМ вырабатывает программу команд x_i на входе объекта без текущих измерений выходных величин u_i) и в режиме "советчика" выдает оператору команды. В заключение отметим, что ЭВМ чрезвычайно эффективна при реализации любых алгоритмов управления, другими словами ЭВМ- универсальный регулятор, изменяющий законы регулирования путем замены программы алгоритма. В то же время на обогатительных фабриках функционируют локальные АСР технологических параметров, в которых используют стабилизирующие регуляторы различных схем и конструкций. Из электрических можно отметить регулятор типа Р-25, реализующий все законы регулирования.

Исполнительные механизмы и регулирующие органы **Исполнительные механизмы**

Воздействие на технологические процессы, как при дистанционном, так и при автоматическом управлении осуществляется с помощью исполнительных механизмов и сопряженных с ними регулируемыми органами (см. рис. 2.1).

Исполнительные механизмы (ИМ). По виду потребляемой энергии исполнительные механизмы разделяются на электрические, пневматические и гидравлические. Наибольшее распространение получили электрические ИМ. Пневматические и гидравлические исполнительные механизмы применяются в случае необходимости получения большой мощности при перемещении рабочего органа.

Электрические исполнительные механизмы (ЭИМ) могут быть контактными и бесконтактными. Пусковым устройством контактного исполнительного механизма является реверсивный магнитный пускатель, бесконтактного - магнитный усилитель.

В общем случае ЭИМ состоят из следующих основных элементов: реверсивного электродвигателя; редуктора, понижающего частоту вращения выходного вала; выходного элемента, передающего усилие или момент регулирующему органу; дополнительных устройств (концевых выключателей), обеспечивающих остановку исполнительного механизма в крайних положениях; устройств обратной связи для работы в системах автоматического регулирования или для дистанционного указания положения выходного элемента исполнительного механизма; штурвал ручного привода (некоторые модификации).

В зависимости от модификации ЭИМ в них используются двухфазные конденсаторные электродвигатели с полым ротором, обладающие хорошими динамическими качествами и допускающие длительную работу в застопоренном режиме при полном напряжении питания, а также трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором (для исполнительных механизмов большой мощности).

В качестве устройства обратной связи применяют реостатные, индуктивные и ферродинамические преобразователи перемещения.

Комплектуемые с некоторыми ЭИМ указатели положения выходного вала представляют собой стрелочные приборы со шкалой 0—100%.

Наибольшее распространение в обогащательной промышленности получили ЭИМ типа МЭО и ИМ 2/120.

На рис. 8.7 показан пример управления исполнительным механизмом.

При разработке схемы управления ИМ необходимо предусматривать 3 режима работы: дистанционный (Д), выключено (0) и автоматический (А).

Выбор режима производится с помощью различного вида коммутационных устройств, например, универсального переключателя (УП), имеющего соответствующие 3 положения рукоятки переключения. Для чтения подобных схем необходимо усвоить, что контакты УП могут замыкаться только горизонтальными группами 1 - 2; 3 - 4 и 5 - 6, какая группа замкнута и в каком режиме показывает точка, расположенная на вертикальной оси. Например, в дистанционном режиме (Д) замыкаются группы контактов 1

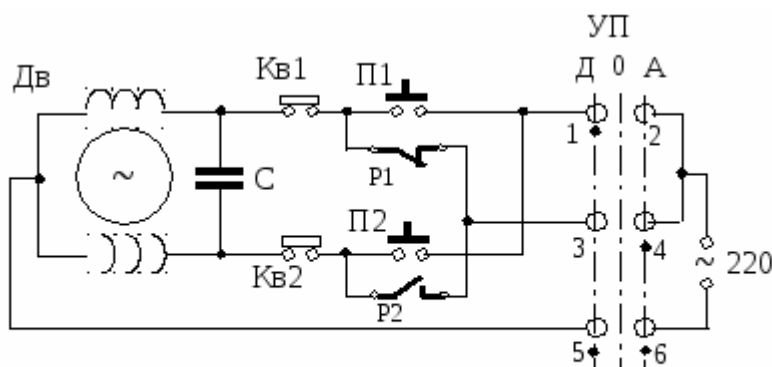


Рис. 8.7 Схема управления исполнительным механизмом ИМ 2/120

Н
а

схеме управления также показаны концевые выключатели (Кв1 и Кв2), обесточивающие питание двигателя в крайних положениях выходного вала, пусковые кнопки, работающие в дистанционном режиме, при этом следует учесть, что реверсирование вала двигателя осуществляется подачей напряжения на одну (кнопка П1) или другую (П2) обкладку фазосдвигающего конденсатора (С). Схема включает и контактные группы (Р1 и Р2), расположенные в регулирующем устройстве и управляющие исполнительным механизмом в автоматическом режиме (А).

Для управления трехфазным исполнительным механизмом необходимо использование реверсивного магнитного пускателя.

Пневматические исполнительные механизмы (ПИМ). Подразделяются на мембранные и поршневые.

В мембранном исполнительном механизме перемещение выходного штока в одном направлении создается давлением сжатого воздуха в мембранной полости, а в другом — силой сжатой пружины, эти механизмы носят название пружинных мембранных исполнительных механизмов. Эти механизмы содержат выходной шток с возвратно-поступательным движением, как правило, конструктивно связанный с регулирующими органами. В зависимости от направления движения штока при повышении давления воздуха в мембранной полости различают механизмы прямого и обратного действия.

В поршневых исполнительных механизмах перемещающее выходной шток усилие создается давлением рабочей среды в поршневых полостях. По сравнению с мембранными они имеют большую величину перемещения выходного штока.

Регулирующие органы

Регулирующие органы обычно входят в состав объектов регулирования и воздействуют на протекающие в них процессы путем изменения в основном расходов продуктов.

Для изменения расходов сыпучих материалов обычно используются питатели (вибрационные, качающиеся, пластинчатые, ленточные и пр.) шиберные заслонки, роторные, винтовые, тарельчатые и др.

Расходы жидких и газообразных продуктов изменяются с помощью дроссельных заслонок, запорно-регулирующих вентилей, шиберов, шланговых затворов, вариаторов частоты вращения рабочих органов насосов, вентиляторов и дымососов.

Для изменения малых расходов, например, реагентов и флокулянтов используют различной конструкции дозаторы, именуемые питателями реагентов.

2.1.3 Результаты и выводы: В ходе практического занятия рассмотрено и изучено применение условных графических обозначений измерительных преобразователей, вторичных преобразователей, контрольно-измерительных и регулирующих приборов, исполнительных механизмов и регулирующих органов

2.2 Практическое занятие №4,5(4 часа).

Тема: «Разработка функциональных технологических схем автоматизации с использованием локальных систем автоматического контроля и управления»

2.2.1 Задание для работы:

1. Рассмотреть этапы проектирования систем автоматизации для технологических процессов

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

В соответствии со СНиП 1.02.01-85 (строительные нормы и правила Госстроя) проектирование систем автоматизации технологических процессов выполняют в две стадии: проект и рабочая документация.

В проекте разрабатывается следующая документация:

- структурная схема управления и контроля (для сложных систем управления)
- структурная схема комплекса технических средств (КТС)
- структурные схемы комплексов средств автоматизации
- функциональные схемы автоматизации технологических процессов.

На стадии рабочей документации разрабатываются:

- структурная схема управления и контроля
- структурная схема комплекса технических средств
- функциональные схемы автоматизации технологических процессов.

Системы автоматизации технологических процессов являются частью системы управления промышленным предприятием, поэтому проект автоматизации должен быть увязан с проектом системы управления предприятием в целом.

Проектированию систем автоматизации технологических процессов с применением средств вычислительной техники, а также автоматизации объектов с новой, неосвоенной или особо сложной технологией производства должны предшествовать научно-исследовательские работы, результаты которых используются при выполнении проекта.

Состав, объем и содержание проектов автоматизации определяются ГОСТ 24.101-80, стандартами "Системы проектной документации для строительства" (СПДС), "Инструкцией по проектированию электроустановок систем автоматизации

технологических процессов" ВСН 205-84/ Минмонтажспецстрой (Ведомственные строительные нормы).

При проектировании систем автоматизации технологических процессов рекомендуется использовать типовые проекты, утвержденные Госстроем, типовые монтажные чертежи (ТМ) и документацию на типовые конструкции (ТК), разработанные головным по проектированию систем автоматизации институтом ГПКИ "Проектмонтажавтоматика" Минмонтажспецстроя.

Современное развитие всех отраслей промышленности характеризуется большим разнообразием используемых в них технологических процессов. Практически не ограничены и условия их функционирования и требования по управлению и автоматизации. Однако, базируясь на опыте проектирования систем управления и автоматизации, можно сформулировать некоторые общие принципы, которыми следует руководствоваться при разработке функциональных схем автоматизации:

- 1) при разработке функциональных схем автоматизации и выборе технических средств должны учитываться вид и характер производственного процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды и т.п., параметры и физико-химические свойства измеряемой среды, расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля, требуемая точность и быстродействие средств автоматизации;
- 2) выбирать преимущественно серийно выпускаемые средства автоматизации и вычислительной техники, стремиться к применению однотипных средств автоматизации и предпочтительно унифицированных систем, характеризующихся простотой сочетания, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах управления;
- 3) использовать в качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации, вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств преимущественно приборы и средства автоматизации Государственной системы промышленных приборов (ГСП);
- 4) определять выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую) условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивностью окружающей среды, требованиями к быстродействию, дальности передачи сигналов информации и управления;
- 5) ограничивать количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемых на оперативных щитах и пультах, т.к. избыток аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдения за основными приборами.

Функциональная схема является основным техническим документом, определяющим структуру, функциональные связи между производственным процессом и средствами контроля и управления..

Функциональная схема представляет собой чертеж , на котором схематически условными обозначениями изображены:

- технологическое оборудование и коммуникации производственного процесса;
- средства локальной автоматизации (датчики, приборы исполнительные устройства) и управления с линиями связи;
- агрегированные комплексы, ЭВМ центрального контроля и управляющие вычислительные машины;
- экспликацию оборудования;
- таблицы условных обозначений, не предусмотренных действующими стандартами;
- необходимые пояснения к схеме;
- основную надпись по ГОСТ 21.110-95

2.2.3 Результаты и выводы: Освоены этапы разработки функциональных технологических схем автоматизации с использованием локальных систем автоматического контроля и управления

2.3 Практическое занятие №6,7(4 часа).

Тема: «Разработка принципиальных электрических схем дистанционного управления реверсивными и не реверсивными исполнительными механизмами»

2.3.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки схемы управления и автоматизации электроприводов

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Схемы управления и автоматизации электроприводов в общем случае разрабатывают в проектах силового электрооборудования и электроснабжения промышленных предприятий. Однако автоматизация большинства объектов неразрывно связана с управлением технологическими механизмами с электроприводами. В этом случае требуется разработка отдельных схем управления этими электроприводами в составе проекта автоматизации технологических процессов.

В качестве электроприводов механизмов автоматизируемого технологического оборудования (насосов, вентиляторов, задвижек, клапанов и т. п.) в основном используют реверсивные и нереверсивные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Построение этих схем управления осуществляется в основном на базе релейно-контактных аппаратов. Это обусловлено наличием большого выбора серийно выпускаемой релейно-контактной аппаратуры с контактными устройствами различных исполнений и обмотками, работающими на различных напряжениях.

Для питания схемы управления электроприводом выбираем напряжение 380/220 В частотой 50 Гц.

Схема управления электроприводом должна обеспечивать:

- защиту силовой цепи от токов КЗ;
- защиту цепи управления от токов длительных перегрузок и токов КЗ;
- защиту силовой цепи от токов длительных перегрузок;
- нулевую защиту силовой цепи и цепи управления;
- выбор ручного и автоматического режимов работы;
- световую сигнализацию состояния электродвигателя;
- световую сигнализацию срабатывания тепловой защиты;
- световую сигнализацию наличия напряжения в цепи управления;
- световую сигнализацию регулируемого параметра;
- звуковую сигнализацию аварийного состояния регулируемого параметра.

Перечень электроаппаратов управления, защиты, автоматизации и сигнализации для электродвигателя АИР160S2 приведен в таблице.3.1.

Таблица 3.1 Наименование электроаппаратов насосной установки

Электроаппарат	Наименование	Тип	Обозначение	Параметры	Назначение
Магнитный пускатель		КМИ-11810	КМ1	3ск + 1бк	Управление работой (пуск, останов) электродвигателя.
				Имп = 18А Uкат = 220В	
Тепловое реле	РТИ-1316	КК1		2з + 2р I = 10А U = 660 В	Защита ЭД от токов длительных

3 фазный автоматический выключатель	BA47-100 3P	QF1	I = 16 A U = 660 В	перегрузок. Защита ЭД от токов к.з и длительных перегрузок.
1 фазный автоматический выключатель	BA47-29 1P	SF1	I = 200 A U = 660 В	Защита цепи и управление от токов к.з и длительных перегрузок.
Универсальный переключатель	УП5100	SA1	I=12 A U=500 В	Выбор режимов работы.
Кнопочный пост	ПКТ-40	SB1,2	I=5 A U=220 В	Управление работой магнитного пускателя.
Электродвигатель	АИР132S6	M1	Рдв.н=5,5кВт	Вращает вал насоса.
Реле уровня	F6-HPS	SL1,2	I=0,08 A U=220 В	Уставка пределов нижнего и верхнего уровня воды.
Реле напряжения	РСН25М	KV1,2	I=10 A U=220 В	Включается при низком и высоком давлении воздуха и через свои контакты управляет работой магнитного пускателя в автоматическом режиме.
Сигнальные лампы	IP40	HL1,2	U=220 В	Показывают включен или отключен ЭД.

2.3.3 Результаты и выводы:

Усвоены принципы разработки принципиальных электрических схем дистанционного управления реверсивными и не реверсивными исполнительными механизмами.

2.4 Практическое занятие №8,9(4 часа).

Тема: «Разработка принципиальных электрических схем локальных систем автоматического регулирования»

2.4.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки схемы принципиальной электрической схемы управления асинхронным электродвигателем

2.4.2 Краткое описание проводимого занятия: Принципиальная электрическая схема автоматизации – это проектный документ, определяющий полный состав электрической части и связей между ее элементами, а также дающий детальное представление о принципах работы системы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других чертежей, а также используются при наладке и эксплуатации систем автоматизации. Они разрабатываются в соответствии с техническим заданием и на основании решений,

принятых в функциональной схеме автоматизации. На чертежах принципиальных электрических схем должны изображаться элементные схемы управления, регулирования, блокировок, защит и сигнализации; схемы главных (силовых) цепей; диаграммы замыкания контактов ключей, приборов и аппаратов; контакты, занятые в других схемах; перечень аппаратуры и общие пояснения и примечания.

По форме исполнения различают принципиальные электрические схемы совмещенные (свернутые) и разнесенные (элементные) (рис.7).

На совмещенных электрических схемах приборы и аппараты изображают в собранном виде, т.е. все обозначения элементов, входящих в комплект аппарата (катушки, электромагниты, контакты, конденсаторы, обмотки исполнительных механизмов, сигнальные лампы и др.), размещают внутри условного изображения прибора с маркировкой выводных зажимов согласно заводской инструкции или данным каталога. С помощью совмещенных электрических принципиальных схем изображается принцип действия сложных информационных или вычислительных машин.

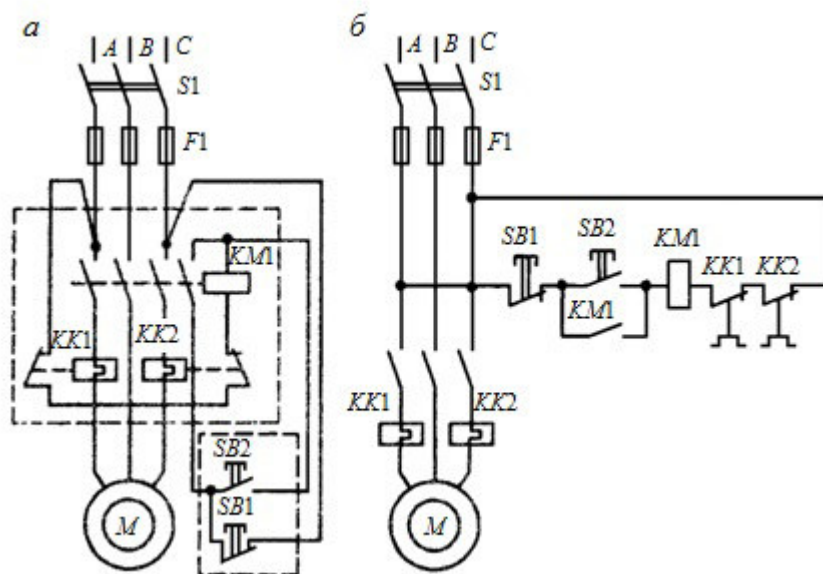


Рис.7. Принципиальная электрическая схема управления асинхронным электродвигателем

***а* – совмещенный способ изображения элементов; *б* – разнесенный способ**

В принципиальной разнесенной схеме каждый прибор или аппарат (контактор, магнитный пускатель, реле, ключ управления и т.п.) изображается разобранном на составные части (контакты, катушки, нагревательные элементы и т.п.), которые связывают друг с другом, в результате чего образуются отдельные электрические цепи. Схема в целом состоит из ряда электрических цепей, расположенных горизонтально или вертикально; электрические цепи следует располагать в соответствии с последовательностью работы отдельных элементов во времени. Против каждой цепи управления с правой стороны или снизу схемы в зависимости от ее начертания даются поясняющие надписи. Эти надписи заносятся в прямоугольник, расположенный на расстоянии 10-15 мм от линии питающего участка цепей управления. С левой внутренней стороны прямоугольника по всей его высоте отделяется полоса шириной примерно 10 мм, где указывается общая надпись. Надпись для каждой цепи отделяется от соседних надписей линиями в местах разделения этих цепей.

Элементы на схеме изображают в виде графических обозначений. Элементы должны вычерчиваться в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах. Допускается увеличивать размеры отдельных элементов, если требуется подчеркнуть особое значение этих элементов.

Элементы коммутирующих устройств электрических схем (например, реле, контакторов, кнопок, переключателей) изображают в отключенном положении, т.е. при

отсутствии напряжения и внешних воздействий на аппараты во всех цепях. В соответствии с этим правилом контакты электрических аппаратов делят на замыкающие (З) – разомкнутые при невозбужденном аппарате и при отсутствии внешнего механического воздействия, размыкающие (Р) – замкнутые в тех же условиях.

Переключатели, для которых нет отключенного состояния, изображают на схеме в одном из положений, принятом за исходное. Для обозначения положения контактов ключей, переключателей управления, программных реле и других многопозиционных аппаратов и устройств используют специальные диаграммы, характеризующие состояние контактов при различных положениях аппарата.

Контакты аппаратов, используемые в схемах, изображенных на других чертежах, показывают в виде отдельных цепей, располагаемых на свободном поле чертежа с указанием наименования и номера чертежа, в котором они используются. Контакты аппаратов, основной элемент которых (катушка реле, регулирующий прибор и др.) изображен на другом чертеже, обводят штриховым контуром; контакты контрольно-измерительных и регулирующих приборов – окружностью диаметром 8 мм с указанием обозначения прибора по принципиальной электрической схеме и характера контакта (максимальный, минимальный, нормальный); контакты реле, контакторов и т.д. – прямоугольником (для элементов реле размером 9 ´ 6 мм, а для контакторов и пускателей 4 ´ 5 мм) с указанием номера чертежа, на котором изображен основной элемент.

Силовые цепи как правило выполняют в многолинейном изображении сплошными линиями толщиной 1,5-2 мм. Силовые цепи электродвигателей изображают линиями толщиной немного меньшей, чем толщина главных шин.

Цепи управления, блокировки, регулирования и сигнализации и элементы этих цепей выполняются линиями толщиной 0,2-0,3 мм.

Каждый элемент, изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение, составленное из буквенного обозначения и порядкового номера, поставленного после буквенного обозначения.

Буквенное обозначение должно представлять собой сокращенное наименование элемента, составленное из его начальных или характерных букв, например: трансформатор Тр, реле температуры РТ, реле времени РВ, или по функции в схеме – реле промежуточное РП.

При нескольких однотипных элементах в одной схеме к буквенному обозначению добавляют цифру, соответствующую порядковому номеру данного прибора или аппарата (например, при наличии нескольких промежуточных реле – РП1, РП2, РП3 и т.д.). Контактам одного реле независимо от их расположения на схеме присваивается одно буквенное обозначение с той же цифровой приставкой. Например, если катушка промежуточного реле обозначена РП3, то все контакты этого реле, занятые в схеме, имеют такое же обозначение РП3.

Цепи электрических схем маркируют для опознавания проводников и определения функционального назначения и положения отдельных участков схемы. Маркировку цепей схемы выполняют в соответствии с ГОСТом независимо от наличия заводской маркировки на зажимах приборов и аппаратов, которую в данном случае берут в скобки. Участкам цепи, разделенным контактами приборов или аппаратов, кадам реле, сопротивлениям, сигнальным лампам и другим устройствам дают разные номера. Участки цепей, соединяющиеся в одном месте, а также проходящие через одно разъемное контактное соединение, должны иметь одинаковую маркировку, так как все элементы цепи этой точки имеют одинаковый электрический потенциал.

Маркировка на элементных схемах проставляется: при горизонтальном расположении цепей – над участком проводника, при вертикальном – справа. На принципиальных электрических схемах слева от линии питающего участка против каждой цепи делается сквозная нумерация, означающая порядковый номер цепи. При разработке электрических схем цепи желательно маркировать по функциональному признаку в

зависимости от их назначения. Для цепей управления, регулирования и измерения рекомендуется использовать группу чисел 1-399; для цепей сигнализации – группу чисел 400-799; для цепей питания – числа от 800 до 999.

В схемах постоянного тока участки цепей положительной полярности маркируются нечетными числами, а участки отрицательной полярности – четными числами в порядке их нарастания. В схемах переменного тока участки цепей маркируются последовательными числами без деления на четные и нечетные согласно рекомендуемой разбивке групп чисел по функциональному признаку.

На принципиальной электрической схеме должны быть однозначно определены все элементы, изображенные на схеме.

Перечень элементов располагается над основной надписью чертежа и оформляется в виде таблицы, заполняемой сверху вниз. Этот перечень является материалом, исходным для составления заказной спецификации на оборудование. В перечень вносят приборы и аппараты, основные элементы которых изображены на данном чертеже. Элементы в перечень рекомендуется записывать по месту их установки: щит сигнализации, пульт управления и т.п.

Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами допускается записывать в перечень в одну строку. В перечне рекомендуется следующее расположение аппаратуры: аппаратура управления – станции управления, магнитные пускатели, контакторы; командные приборы; промежуточная аппаратура; аппаратура ручного управления – ключи и переключатели; аппаратура светозвуковой сигнализации и вспомогательная аппаратура.

2.4.3 Результаты и выводы: Освоены навыки разработки принципиальных электрических схем локальных систем автоматического регулирования

2.5 Практическое занятие №10,11(4 часа).

Тема: «Разработка принципиальных электрических схем технологической сигнализации параметров объектов управления (с использованием разделительных диодов)»

2.5.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки принципиальных электрических схем

2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связей между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других документов проекта: монтажных таблиц щитов и пультов, схем внешних соединений и др.

Эти схемы дают детальное представление о работе системы и служат также для изучения принципа действия системы, они необходимы при производстве наладочных работ и в эксплуатации.

При разработке систем автоматизации технологических процессов принципиальные электрические схемы обычно выполняют применительно к отдельным самостоятельным элементам, установкам или участкам автоматизируемой системы, например, выполняют схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п. Используя эти схемы, в случае необходимости составляют принципиальные электрические схемы, охватывающие целый комплекс отдельных элементов, установок или агрегатов, которые дают полное представление в связях между всеми элементами управления, блокировки, защиты и сигнализации этих установок или агрегатов. Примером таких схем может служить

принципиальная электрическая схема управления насосной установкой, состоящей из насоса, вакуум-насоса и нескольких электрифицированных задвижек.

При всём многообразии принципиальных электрических схем в различных системах автоматизации любая схема, независимо от степени её сложности, представляет собой определенным образом составленное сочетание отдельных, достаточно элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, в заданной последовательности выполняющих ряд стандартных операций: передачу командных сигналов от органов управления или измерения к исполнительным органам, усиление или размножение командных сигналов, их сравнение, превращение кратковременных сигналов в длительные и, наоборот, блокировку сигналов и т. п. К элементарным цепям могут быть отнесены типовые схемы включения измерительных приборов различного назначения.

Разработка принципиальных электрических схем всегда содержит определённые элементы творчества и требует умелого применения элементарных электрических цепей и типовых функциональных узлов, оптимальной компоновки их в единую схему с учётом удовлетворения предъявляемых к схемам требований, а также возможного упрощения и минимизации схем. В практике проектирования принципиальных электрических схем на базе опыта проектирования монтажа, наладки и эксплуатации различного рода систем автоматизации сложились некоторые общие принципы построения электрических схем. Вопрос о методах разработки принципиальных электрических схем в процессе проектирования систем автоматизации технологических процессов следует рассматривать в общем комплексе вопросов, связанных с контролем, управлением и регулированием данного объекта. Во всех случаях помимо полного удовлетворения требований, предъявляемых к системе управления, каждая схема должна обеспечивать высокую надёжность, простоту и экономичность, чёткость действий при аварийных режимах, удобство оперативной работы, эксплуатации, чёткость оформления.

Надёжность. Под надёжностью схемы понимают её способность безотказно выполнять свои функции в течение определённого интервала времени в заданных режимах работы. Это требование обычно обеспечивается целым рядом технических мероприятий, таких как применение наиболее надёжных элементов, приборов и аппаратов; оптимальные режимы их работы; резервирование малонадёжных или наиболее ответственных элементов или цепей схемы; автоматический контроль за неисправностью схемы; запретные блокировки, исключающие возможность проведения ложных операций; сокращение времени нахождения элементов схемы под напряжением и т. д.

Надёжность действия является главным требованием, которое предъявляется к схемам. Если при проектировании обеспечению надёжности действия схемы не будет уделено должного внимания, то все другие преимущества, которые имеет схема, могут быть утрачены. Требования к уровню надёжности схем регулирования, управления и сигнализации определяются оценкой последствий отказов их действия для конкретных участков технологического процесса. Иногда эти отказы могут явиться причинами возникновения или развития тяжёлых аварий.

Методы оценки надёжности и способы её повышения применительно к электрическим схемам подробно освещены в технической литературе.

Простота и экономичность проектируемых схем обеспечивается применением стандартной, наиболее дешевой аппаратуры и типовых (нормализованных) узлов; сокращением до минимума числа элементов в схеме и ограничением их номенклатуры; применением систем электропривода производственных механизмов, обеспечивающих высокие энергетические показатели в установившихся и переходных режимах работы, и т. п.

Существенное, а иногда и решающее значение при выборе схемы контроля и управления процессом на расстоянии имеет стоимость соединительных кабелей или проводов.

При проектировании принципиальной электрической схемы необходим тщательный анализ предъявляемых к этой схеме требований. Если некоторые второстепенные требования значительно усложняют и удорожают схему, то эти требования следует пересмотреть. Решая вопросы экономичности схемы, необходимо учитывать не только капитальные вложения, но и ежегодные эксплуатационные расходы.

Чёткость действия схемы при аварийных режимах. Каждая принципиальная электрическая схема в системах автоматизации технологических процессов должна быть построена таким образом, чтобы при возникновении аварийных режимов, вызванных неисправностями в цепях управления, а также при полном исчезновении или снижении и последующем восстановлении напряжения питания в главных (силовых) цепях управления обеспечивалась безопасность обслуживающего персонала и предотвращалось дальнейшее развитие аварии, приводящее к повреждению механического или электрического оборудования и браку продукции.

При анализе работы схемы в аварийных режимах следует учитывать возможность перегорания предохранителей или отключения автоматов; появление короткого замыкания или замыкания на землю в различных точках схемы (в основном во внешних соединениях); обрыв проводов; сгорание катушек контакторов или реле; приваривания контактов и т. п. Принято рассматривать аварийный режим, возникающий в результате появления какой-либо одной неисправности, так как вероятность появления одновременно двух или более неисправностей в одной и той же схеме достаточно мала.

Удобство оперативной работы. Принципиальная электрическая схема должна обеспечивать оптимальные условия для работы оперативного персонала. Это требование предусматривает упрощение операций, производимых обслуживающим персоналом при управлении; сокращение числа органов управления; возможность простого и быстрого выбора необходимого режима работы; переключение с автоматического управления на ручное и обратно; снятие и введение блокировочных связей и зависимостей и т. д.

Удобство эксплуатации. Принципиальная электрическая схема должна быть спроектирована так, чтобы её эксплуатация в производственных условиях была предельно простой, требовала минимум затрат и внимания эксплуатационного персонала, обеспечивала возможность проведения ремонтных и наладочных работ с соблюдением необходимых мер безопасности.

Чёткость оформления. Оформление любой электрической схемы следует выполнять ясно, просто и компактно. Графическое оформление схемы должно способствовать наилучшему восприятию содержания схемы.

В процессе проектирования систем автоматизации различных технологических процессов принципиальные электрические схемы разрабатывают обычно в следующем порядке:

1. На основании функциональной схемы автоматизации составляют чётко сформулированные технические требования, предъявляемые к принципиальной электрической схеме.

2. Применительно к этим требованиям устанавливают условия и последовательность действия схемы.

3. Каждое из заданных условий действия схемы изображают в виде тех или иных элементарных цепей, отвечающих данному условию действия.

4. Элементарные цепи объединяют в общую схему.

5. Производят выбор аппаратуры и электрический расчёт параметров отдельных элементов (сопротивлений обмоток реле, нагрузки контактов и т. п.).

6. Корректируют схему в соответствии с возможностями принятой аппаратуры.

7. Проверяют в схеме возможность возникновения ложных или обходных цепей или её неправильной работы при повреждениях элементарных цепей или контактов.

8. Рассматривают возможные варианты решения и принимают окончательную схему применительно к имеющейся аппаратуре.

При составлении принципиально новых сложных электрических схем помимо проектной проработки и необходимых расчётов требуется тщательная экспериментальная проверка и отладка разработанной схемы на макете или на опытной установке.

Описанный метод разработки принципиальных электрических схем (интуитивный или, как его еще называют, ручной) в значительной мере зависит от способностей и опыта проектировщика, так как сам процесс составления схем по существу является творческим и основан на приспособлении к данным условиям отдельных, уже ставших стандартными решений или интуитивном отыскании новых. Сложность построения оптимального варианта усугубляется тем, что одним и тем же условиям может удовлетворять значительное число различных схем.

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению в практику проектирования автоматизированных (машинных) способов выполнения схем, в том числе и принципиальных электрических, что призвано значительно улучшить качество документации и сократить сроки проектирования. Автоматизация проектирования в первую очередь необходима для разработчиков сложных систем автоматизации технологических процессов.

Правила выполнения схем

Принципиальные электрические схемы управления, регулирования, измерения, сигнализации, питания, входящие в состав проектов автоматизации технологических процессов, выполняют в соответствии с требованиями государственных стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим обозначениям, маркировке цепей и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем. Исключением является основная надпись чертежа, которую оформляют так же, как и основные надписи других чертежей, входящих в состав проекта; обозначение (шифр) схемы имеет порядковый номер по описи материалов проекта.

Перечень стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем, обозначению цепей, распространяемых на выполнение принципиальных электрических схем проектов автоматизации технологических процессов, приведены в разделе «Справочные материалы» методического обеспечения курса.

Из перечисленных там стандартов ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.702-75 и ГОСТ 2.708-81 определяют общие требования и правила выполнения схем.

ГОСТ 2.709-72 устанавливает требования к обозначению цепей, а ГОСТ 2.710-81 - к буквенно-цифровым обозначениям элементов схем.

Общие требования по выполнению принципиальных схем систем автоматизации содержатся в ГОСТ 21.408-93 (п.4.4).

В этом ГОСТе указывается, что в зависимости назначения и применяемых средств автоматизации разрабатывают:

- принципиальные электрические и пневматические схемы контуров контроля регулирования и управления;
- принципиальные схемы питания.

Принципиальные электрические схемы управления электроприводами оборудования и трубопроводной арматуры включают в состав основного комплекта при управлении ими со щитов и пультов систем автоматизации.

Принципиальные схемы контуров контроля и регулирования допускается не разрабатывать, если взаимные связи приборов и аппаратов, входящих в них, просты и однозначны и могут быть показаны на других чертежах основного комплекта. Допускается совмещение схем различного функционального назначения (например, схемы питания со схемой управления) с соблюдением правил выполнения этих схем.

Все остальные стандарты устанавливают условные графические обозначения элементов схем. ГОСТ 2.701-84 помимо классификации схем, общих требований к их выполнению содержит также определение основных понятий, используемых в стандартах.

На чертежах принципиальных электрических схем системы автоматизации в общем случае должны изображаться:

- цепи управления, регулирования, измерения, сигнализации, электропитания, силовые цепи;
- контакты аппаратов данной схемы, занятые в других схемах, и контакты аппаратов других схем;
- диаграммы и таблицы включений контактов переключателей, программных устройств, конечных и путевых выключателей, циклограммы работы аппаратуры;
- таблицы применяемости;
- поясняющая технологическая схема, схема блокировочных зависимостей работы оборудования;
- циклограмма работы оборудования;
- необходимые пояснения и примечания;
- перечень элементов;
- основная запись.

В зависимости от сложности проектируемого объекта указанные различные цепи могут изображаться совмещённо на одном чертеже или нескольких, либо для каждой из цепей разрабатываются отдельные схемы, например, принципиальные электрические схемы управления, сигнализации и т. п.

В качестве примеров выполнения принципиальных электрических схем на рис. 1 и 2 приведены схемы управления и сигнализации, которые иллюстрируют изложенные в настоящем разделе требования стандартов по правилам выполнения схем, условным графическим и буквенно-цифровым обозначениям элементов схем, обозначению цепей. Схемы выполняются без соблюдения масштаба; действительное пространственное расположение составных частей системы автоматизации, как правило, не учитывается или, при необходимости, учитывается приближённо.

Графическое обозначение элементов и соединяющие их линии связи необходимо стремиться располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о взаимодействии её составных частей. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее число изломов и взаимных пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Линии связи показываются, как правило, полностью. Однако в случае, когда это затрудняет чтение схем, допускается обрывать линии связи. Место обрыва линии связи заканчивается стрелкой, около которой указывают, куда эта линия подключается и (или) необходимые характеристики цепей, например, обозначение цепи, полярность и др. (см. рис. 2, обрывы линий 402, 404 и др.). Линии связи, переходящие с одного листа на другой, обрывают за пределами изображения схем. Рядом с обрывом указывается обозначение, присвоенное этой линии, например: маркировка провода и в круглых скобках номер листа схемы, на который переходит линия связи (см. рис. 2, обрывы линий 806 и А805).

Если в состав принципиальной схемы входит какое-либо устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, то выделяется (очерчивается) сплошной линией, равной по толщине линии связи. Например, на рис. 1 указанным образом выделено устройство А1, представляющее стандартный блок управления электродвигателем, имеющий собственную принципиальную электрическую схему.

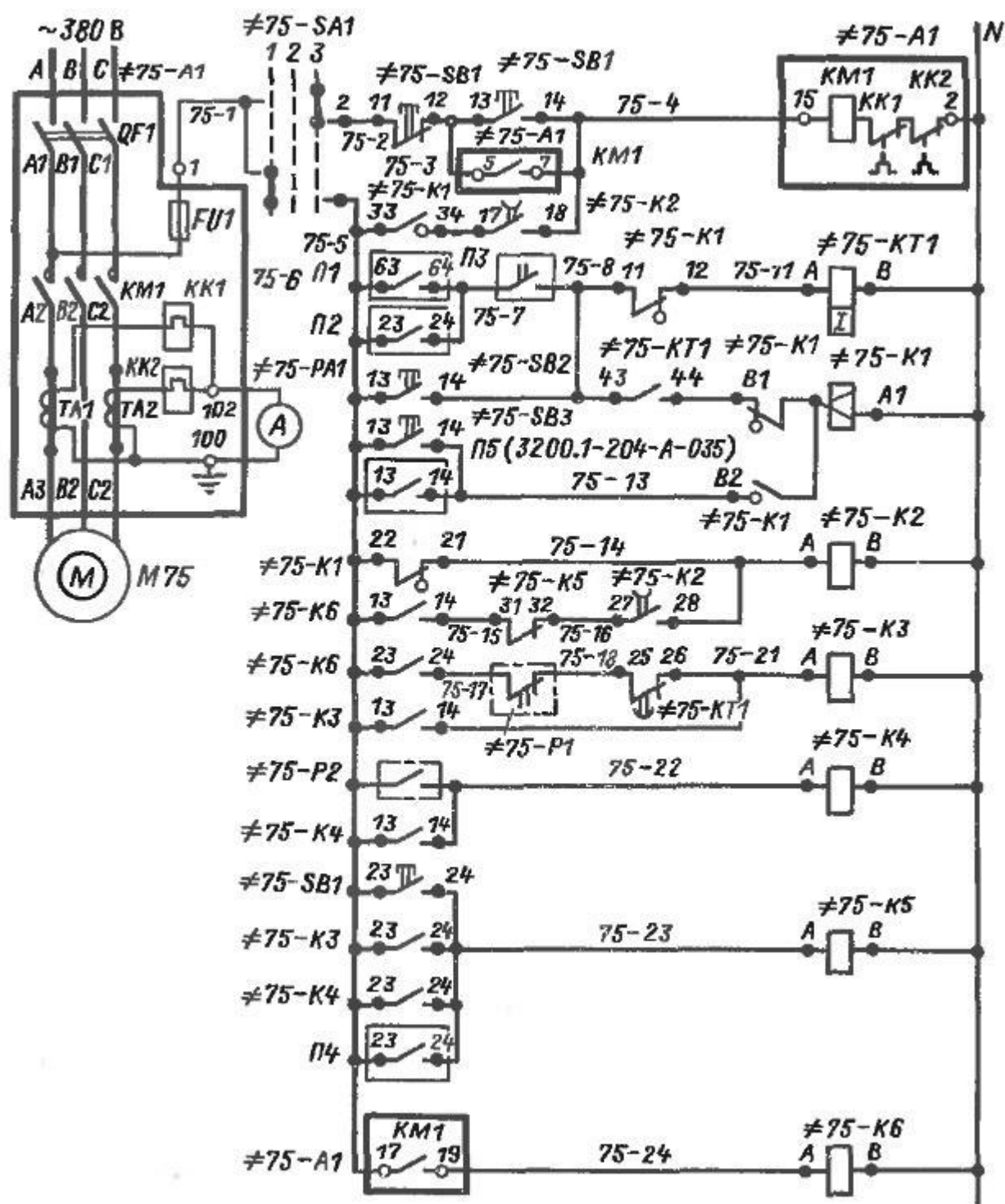
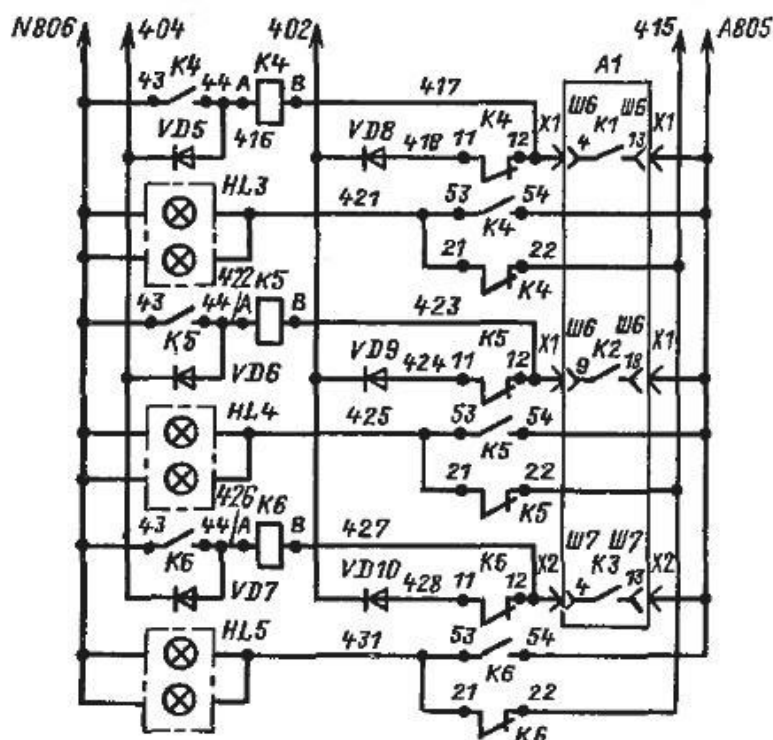
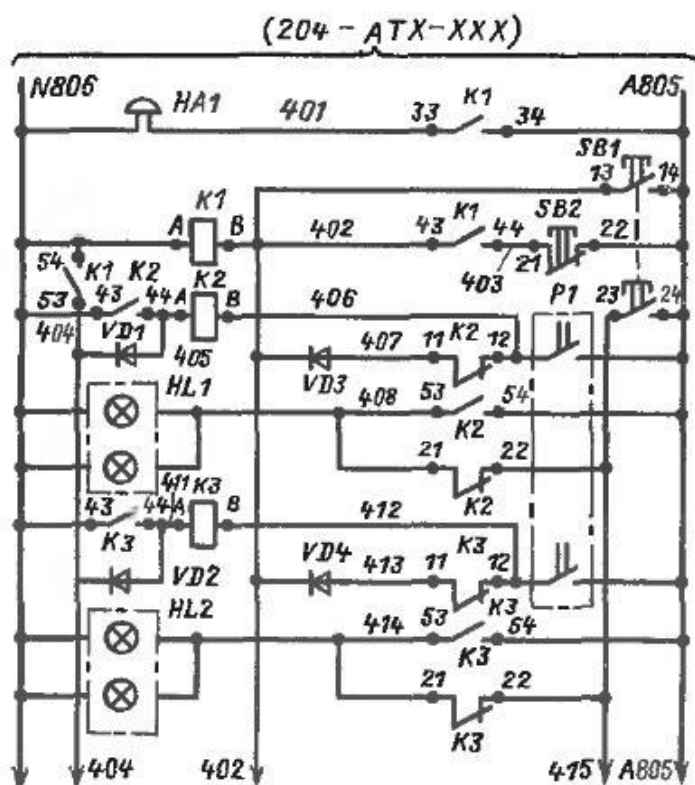


Рис. 1. Пример выполнения принципиальной электрической схемы управления



a)



b)

Рис. 2. Пример выполнения принципиальной электрической схемы сигнализации

Элементы, составляющие функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, могут на схемах выделяться штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, при этом указывается

наименование функциональной группы, а для устройства - наименование и (или) его тип и (или) обозначение документа, на основании которого это устройство применено. На схемах можно также разграничить штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, элементы и устройства, расположенные в разных помещениях, с указанием наименования и (или) номера помещений.

На принципиальных электрических схемах при необходимости могут показываться элементы схем другого вида, например, элементы пневматических, гидравлических или кинематических схем, а также элементы, не входящие в данную установку, но необходимые для разъяснения принципа её работы. Графическое обозначение таких элементов и устройств отделяют на схеме штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи, и помещают надписи, указывая в них местонахождение этих элементов, а также необходимые данные. Так, на рис. 2 показано устройство Р1, представляющее собой поплавковое реле. Его данные и указания о местонахождении приводятся в перечне элементов данной схемы.

Схемы, как правило, выполняют для систем (объектов автоматизации), находящихся в отключённом (нерабочем) состоянии. Однако в случаях, когда возникает необходимость, допускается изображать отдельные элементы схем в каком-либо выбранном рабочем положении, оговаривая это на поле чертежа.

Элементы и устройства на принципиальных электрических схемах могут выполняться совмещённым или разнесённым способом. При совмещённом способе составные части элементов, например катушки, контакты и т. п., изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу (как в собранном виде). Этот способ находит применение при изображении, например, регулирующих устройств, устройств промышленного телевидения и др.

При разнесённом способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. В этом случае схема состоит из ряда цепей, расположенных слева направо или сверху вниз, как правило, в порядке последовательности действия отдельных элементов схемы (строчный способ).

Предпочтительно отдельные цепи располагать в горизонтальную строчку, чтобы они читались слева направо, а вся схема, в целом, сверху вниз аналогично чтению текстового материала. При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами. Схемы, изображенные на рис. 1 и 2, являются примерами схем, выполненных разнесённым способом. Чтобы при разнесённом способе принципиальная электрическая схема читалась просто и понятно, необходимы специальные меры, которые позволили бы легко установить принадлежность элемента к соответствующему аппарату или устройству, а также отличительный признак элемента (катушка, контакт, ключ управления и т. п.). Это достигается, во-первых, введением специальной системы условных графических обозначений аппаратов и их отдельных элементов и, во-вторых, системой буквенно-цифровых обозначений элементов схем.

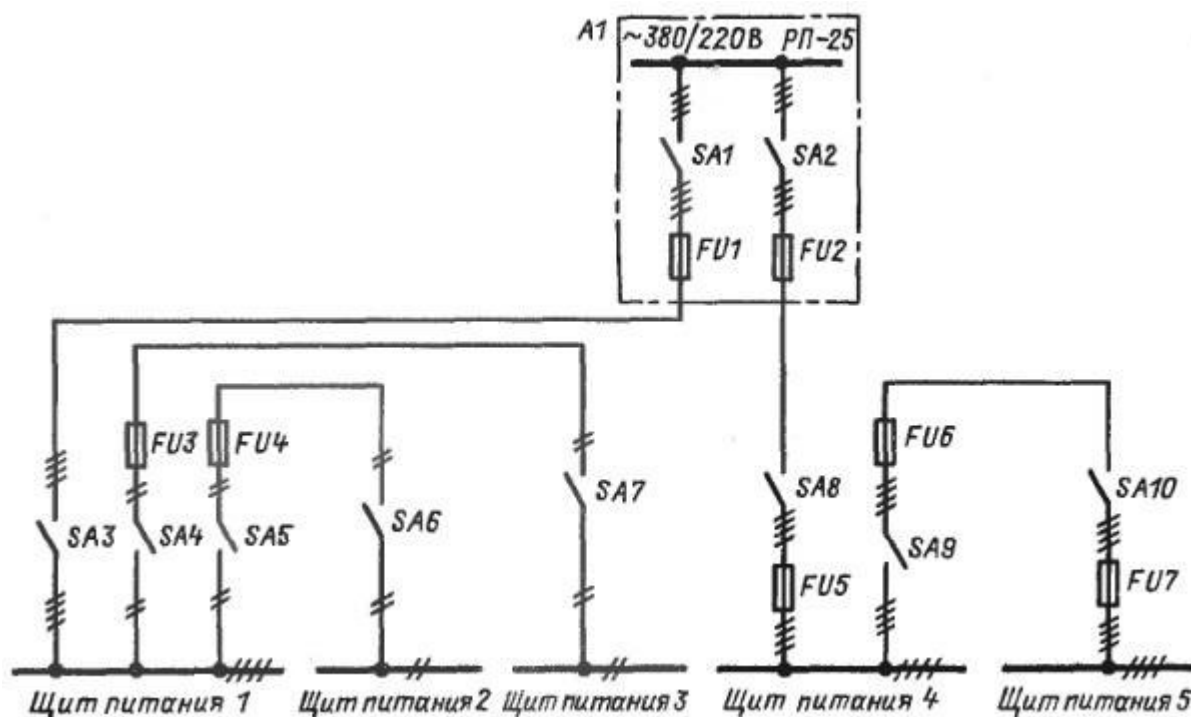


Рис. 3. Пример выполнения принципиальной электрической схемы питающей сети (однолинейное изображение)

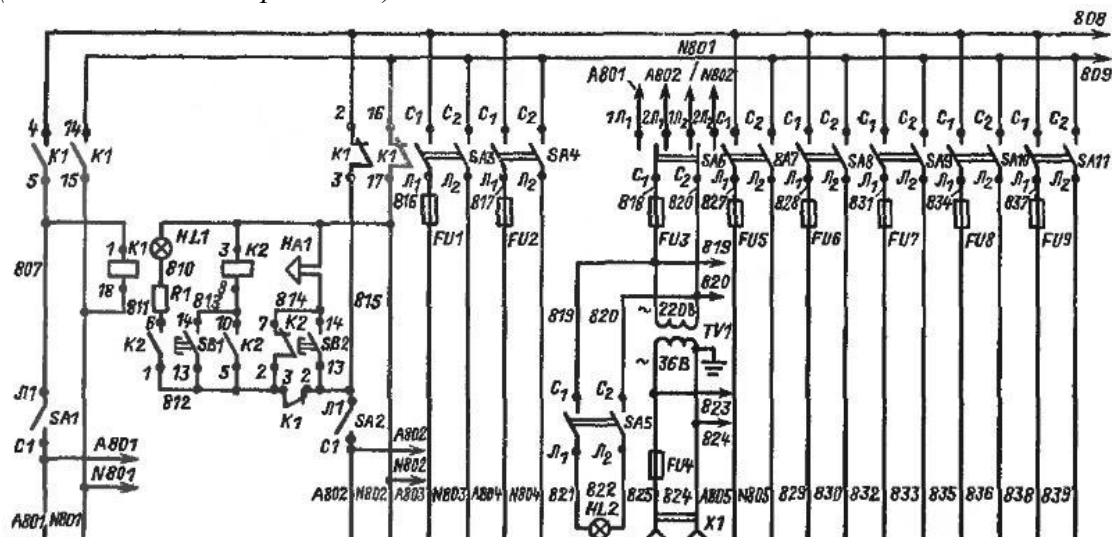


Рис. 4. Пример выполнения принципиальной электрической схемы распределительной сети

При составлении принципиальных электрических схем иногда бывает целесообразно некоторые элементы показывать разнесённым способом, а другие, обычно конструктивные более сложные, - совмещённым. Допускается также при изображении элементов разнесённым способом на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещённым способом, например, схемы реле. Элементы, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием используемых и неиспользуемых частей (у реле, например, изображены все контакты).

Принципиальные электрические схемы питания, управления, измерения, сигнализации выполняют, как правило, в многолинейном изображении. Так, в частности, выполнены схемы на рис. 1 и 2. Однако схемы питающей сети системы электропитания

иногда целесообразно выполнять в однолинейном изображении, так как в этом случае достигается сокращение объема графических работ и уменьшение размеров схемы без какой-либо потери наглядности и удобства пользования ею (рис. 3). При многолинейном выполнении схемы каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, - отдельными условными графическими обозначениями. При однолинейном выполнении цепи с идентичными функциями изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним условным графическим обозначением.

Принципиальные электрические схемы электропитания выполняют, как правило, отдельно для питающей и распределительной сетей. Схема питающей и распределительной сетей могут изображаться на отдельных листах либо на одном, если распределительная сеть состоит из небольшого числа групп питания.

В нижней части схемы распределительной сети (рис. 4) помещается таблица, в которой перечисляют все электроприемники, питающиеся с данного щита питания, с указанием их позиций по заказным спецификациям, потребляемой мощности, напряжения и места установки.

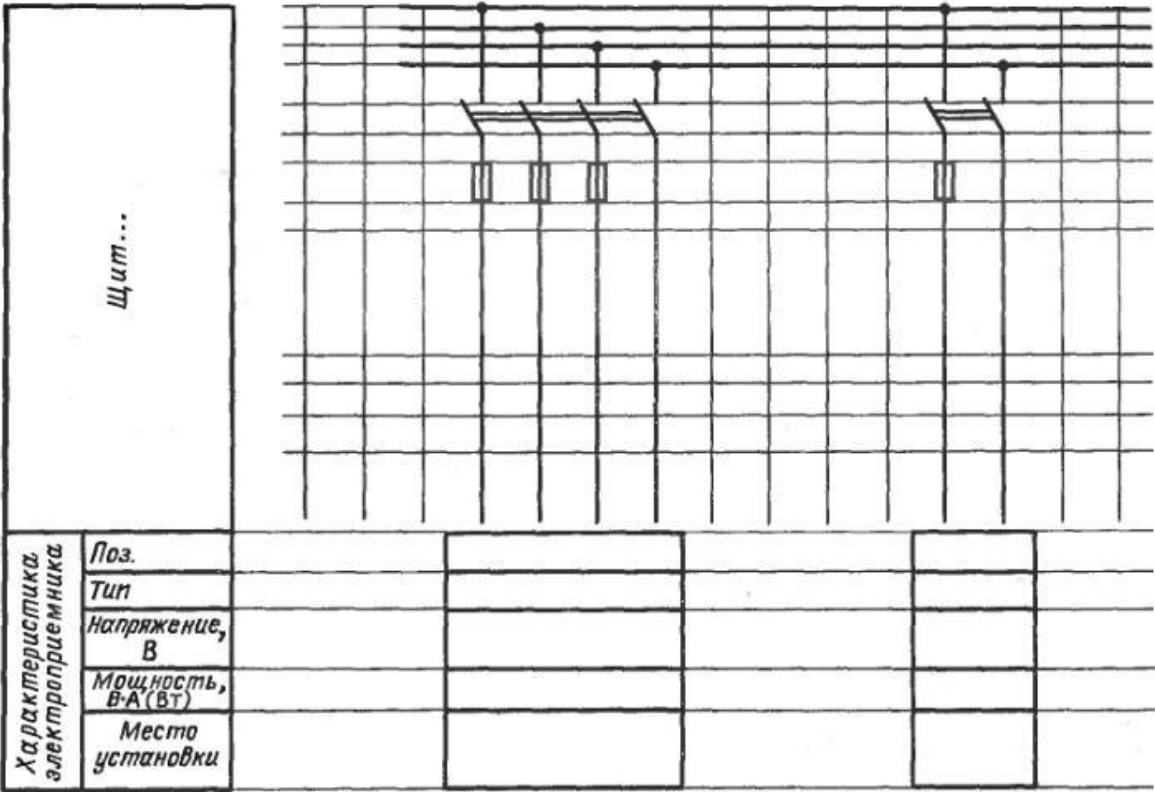


Рис. 5. Пример выполнения матрицы для принципиальной электрической схемы распределительной сети

Таблица 1. Перечень элементов схемы на рис. 3

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щит питания 1			
FU3, FU4	Вставка плавкая ВП2Б-1В, 5 А, 250 В, ОЮО. 481. 005ТУ Выключатели пакетные, ОСТ 16. 0-526. 001-77:	2	Держатель ДВП-2В, ГаО. 481. 014ТУ
SA3	ПВ3-25	1	-
SA4, SA5	ПВ2-10	2	
Щит питания 2			
SA6	Выключатель пакетный ПВ2-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	-
Щит питания 3			
SA7	Выключатель пакетный ПВ2-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	-
Щит питания 4			
FU5	Плавкая вставка на 6 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 15 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72	1	
FU6	Плавкая вставка на 35 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 60 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72 Выключатели пакетные, ОСТ 16. 0-526. 001-77:	1	
FA8	ПВ3-60	1	-
FA9	ПВ3-10	1	-
Щит питания 5			
FU7	Плавкая вставка на 6 А, 500 В к предохранителю ПР-2У4 на 15 А, заднее присоединение, ТУ 16-522. 091-72		
SA10	Выключатель пакетный ПВ3-10, ОСТ 16. 0-526. 001-77	1	

При составлении принципиальных электрических схем питания рекомендуется использовать специальную матрицу (рис. 5), позволяющую внести единообразие в выполнение схем. Матрицы должны быть предварительно изготовлены и размножены на отдельных листах. Матрица представляет собой разграфленную тонкими линиями заготовку для будущей схемы распределительной сети. При выполнении схемы необходимые цепи прочерчиваются жирным карандашом по линиям матрицы.

Данные об элементах, входящих в состав принципиальной электрической схемы - аппаратах, приборах и т. п., должны быть записаны в перечень элементов, который оформляется в виде таблицы. Пример выполнения перечня элементов сравнительно простой принципиальной электрической схемы приведен в табл. 1. Это перечень элементов схемы питающей сети, изображенной на рис. 3 (выключатели SA1, SA2 и предохранители FU1, FU2, установленные на питающей сборке РП-25, в настоящий перечень элементов не включены, так как они предусмотрены в проекте электроснабжения данного объекта).

В табл. 2 дан пример выполнения перечня элементов сложной принципиальной схемы, в которой имеется разбиение элементов на функциональные группы и поле схемы с целью облегчения поиска элементов разбито на зоны. Эти два примера иллюстрируют изложенные ниже требования к выполнению перечней элементов принципиальных электрических схем.

Связь перечня с условными графическими обозначениями элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень элементов помещают на первом листе над основной надписью схемы или выполняют в виде отдельного документа на листах формата А4 (в табл. 1 и 2 показано выполнение перечней элементов в виде отдельного документа). Продолжение перечня элементов, если они не размещаются над основной надписью, помещают слева от нее, повторяя заглавие таблицы.

Таблица 2. Пример выполнения перечня элементов сложной схемы

Зона	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Щит нагнетательный				
11В	K13, K14	Реле МКУ48-С, РАЧ. 509. 023П, РАО. 450. 002ТУ	2	-
11В	КТ, КТ3	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	2	-
12А	SB6	Пост КУ 123-11У2, горизонтальное положение, ТУ 16-526. 278-76	1	-
	=75, =81	Элементы управления электродвигателями М75, М81	2	
11А	HL1 - HL3	Табло ТСМ-Ш-У3-01, ТУ 16-535. 424-79	3	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-77
3В	КТ1	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	1	-
3В	K1	Реле промежуточное типа РП-12УХЛ, 220 В, присоединение переднее, ТУ 16-523. 072-75	1	-
3В	K2	Реле РП-256-У4, 220 В, 1 А, ТУ 16-523. 483-78 Реле МКУ48-С, РАО. 450. 002ТУ:	1	-
3В	K3, K4	РАЧ. 509. 019П	2	-
3А	K5, K6	РАЧ. 509. 023П	2	-
11А	K7	РАЧ. 509. 017П	1	-
4В	РА1	Амперметр Э335, 600 А, 50 Гц, ТУ 25-04-051-66	1	-
4В	SA1	Переключатель универсальный УП5313-0322, ТУ 16-524-074-75	1	-
4В	SB1	Пост КУ 123-12У2, горизонтальное положение, ТУ 16-526. 278-76	1	-
12А	VD1, VD3,	Диод Д226, ЩБЗ. 362. 002ТУ	3	-
	= 77 =77	Элементы управления электродвигателем М77		
10В	HL1, HL3	Табло ТСМ-Ш-У3-01, ТУ 16-535. 424-79	3	Лампа Ц220-10, ГОСТ 5011-77
7А	КТ1	Реле РВП72-3222-00У4-220/50, ТУ 16-523. 472-79	1	-
7А, 5В	K1, K2	Реле промежуточное типа РП-12, 220 В, ТУ 16-523. 072-75	2	-
5В	K3	Реле РП-256-У4, 220 В, 1 А, ТУ 16-523. 483-78 Реле МКУ48-С, РАО. 450. 002ТУ:	1	-
5В	K4, K5	РАЧ. 509. 019П	2	
5В	K6	РАЧ. 509. 023П	1	
5А	K7	РАЧ. 509. 019П	1	-
5А	K8	РАЧ. 509. 023П	1	
5А	K9	РАЧ. 509. 019П	1	
5А	K10	РАЧ. 509. 023П	1	
11А	K11, K12	РАЧ. 509. 017П	2	-

В графах перечня указывают следующие данные: в графе «Позиционное обозначение» - позиционное обозначение элемента, устройства или обозначение функциональной группы; в графе «Наименование» - наименование элемента в соответствии с документом (государственным или отраслевым стандартом, техническими условиями), на основании которого этот элемент применён, а также обозначение этого элемента; в графе «Количество» - количество элементов; в графе «Примечание» - технические данные элементов, не содержащихся в его наименовании (при необходимости); в графе «Зона» (для случаев, когда поля схемы разбиты на зоны) - обозначение зоны или номер строки (при строчном способе выполнения схемы), в которой расположен данный элемент.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Например, в перечне элементов табл. 1 элементы разбиты на группы по щитам питания и в пределах каждой группы они расположены в алфавитном порядке и в порядке возрастания порядковых номеров. Для облегчения внесения изменений в перечень допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп - и между элементами.

Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу «Позиционное обозначение» вписывают только позиционное обозначение с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, а в графу «Количество» - общее количество таких элементов (см., например, запись VD1-VD3 и т. д. в табл. 2). При записи элементов, имеющих одинаковую первую часть позиционных обозначений, допускается записывать наименование элементов в графе «Наименование» в виде общего наименования (заголовка) один раз на каждом листе перечня либо записывать в общем наименовании (заголовке) обозначения документов, на основании которых эти элементы применены. Так, например, записаны реле от K4 до K12 в табл. 2. Все они типа МКУ-48-С и изготавливаются по общим техническим условиям РАО. 450.002ТУ. Если в схеме выделяют отдельные функциональные группы и позиционные обозначения элементам присваивают в пределах этих функциональных групп, то в перечень элементы записывают отдельно по функциональным группам. Запись начинается с соответствующего заголовка в графе «Наименование» перечня; заголовок подчёркивается. В перечне элементов табл. 2 выделены функциональные группы =75, =81, наименование которых «Элементы управления электродвигателями М75, М81» подчёркнуто. Также выделена функциональная группа =77. Если в схеме имеются элементы, не входящие в функциональные группы, то при заполнении перечня записывают эти элементы без заголовка, а затем уже под соответствующим заголовком элементы, входящие в функциональные группы. Так, в табл. 2 в начало перечня внесены реле K13, K14 и ряд других элементов, которые не входят ни в одну функциональную группу.

В тех случаях, когда в схеме имеется несколько одинаковых выделенных функциональных групп, в перечне указывают количество элементов, входящих в одну функциональную группу, а общее количество одинаковых функциональных групп указывают в графе «Количество» на одной строке с заголовком. В перечне элементов табл. 2 в графе «Количество» рядом с наименованием функциональных групп =75 и =81 «Элементы управления электродвигателями М75 и М81» стоит цифра 2. Это означает, что количество элементов, указанных в перечне для одной функциональной группы, должно при заказе быть увеличено в 2 раза.

Если позиционное обозначение элементов в схеме принято составным, например, состоящим из позиционного обозначения элемента и обозначения функциональной группы, то в перечень в графу «Позиционное обозначение» записывают только позиционное обозначение элемента без обозначения функциональной группы. Например, все элементы, входящие в функциональную группу =75, на схеме имеют обозначения: =75-HL1, =75-KT1 и т. д., а в перечень элементов в графу «Поз. Обозначение» внесено только их позиционное обозначение: HL1, KT1 и т. д.

Принципиальные электрические схемы проектов автоматизации рекомендуется, как правило, выполнять на форматах чертежей, не превышающих формат А4 по ГОСТ 2.301-68, что создаёт определённые удобства при выполнении схем и при последующей работе с ними в процессе монтажа, наладки и эксплуатации систем автоматизации.

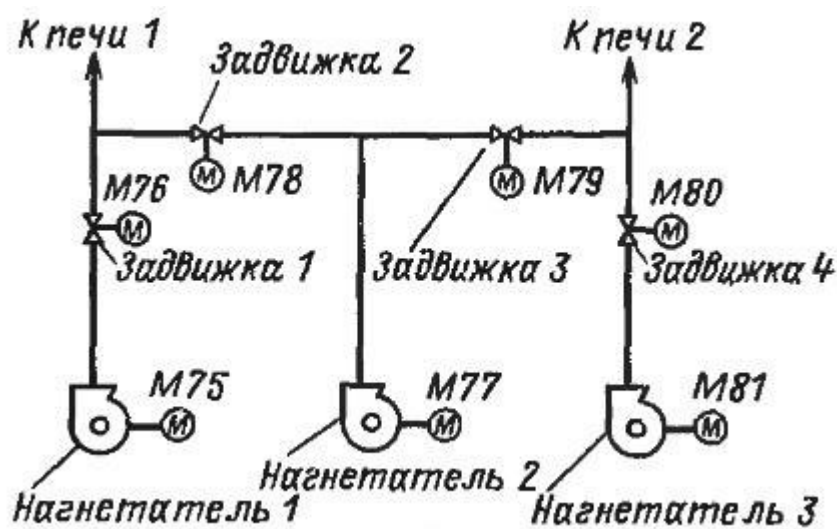


Рис. 6. Пример выполнения поясняющей технологической схемы

На поле схемы допускается при необходимости помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, которыми должны быть выполнены соединения элементов, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данной схемы.

Принципиальные электрические схемы систем автоматизации со сложными технологическими процессами рекомендуется дополнять поясняющей технологической схемой и схемой блокировочных зависимостей работы оборудования. Поясняющая технологическая схема выполняется в упрощенном виде с указанием всех агрегатов, входящих в состав данного технологического узла и участвующих в данной электрической схеме. Пример выполнения поясняющей технологической схемы приведен на рис. 6. На схеме показана технологическая связь трёх нагнетателей с задвижками, электродвигатели которых управляются по определённой программе. Схема блокировочных зависимостей и циклограмма работы оборудования должны указывать последовательность его работы.

Циклограммы работы аппаратуры, таблицы применяемости, пояснения и примечания помещают на принципиальных электрических схемах только в случаях, когда они необходимы и способствуют более лёгкому прочтению схемы.

В сложных схемах для облегчения нахождения составных частей реле, изображенных разнесённым способом, рекомендуется разбивать поле схемы на зоны, а около графического обозначения обмотки реле (справа) помещать таблицу с указанием в ней типов контактов реле (размыкающий, замыкающий), обозначений (номеров) контактов и место на схеме, адрес, где эти контакты расположены. По вертикали поля схемы границы зоны обозначаются буквами латинского алфавита (А, В...), а по горизонтали - арабскими цифрами (1, 2, 3...).

Схема, изображенная на рис. 1, представляет собой часть общей схемы управления группой нагнетателей, которая располагается на трёх листах. Листы эти разбиты на зоны. У реле, изображенных на схеме рис. 1, показано выполнение таблиц, в которых указаны места расположения контактов данного реле. Например, замыкающие контакты (в таблице они обозначаются буквой «з») реле =75 - КЗ расположены в зонах 4 В, 4 А, 12 А, 1 В, а размыкающие «р» - в зоне 12 А. Число клеток в таблице соответствует числу контактов реле. Незаполненные клетки указывают на то, что часть контактов данного реле в схеме не используется. Рекомендуется также на схеме помещать надписи, поясняющие назначение отдельных цепей схемы и т. п., как это показано на рис. 1 и 2 и др.

Условные графические обозначение элементов схем

Графическое обозначение элементов схем устанавливаются группой стандартов «Обозначения условные графические в схемах». С помощью этих графических изображений могут быть выполнены принципиальные электрические схемы проектов автоматизации практически любой сложности. Возможны случаи, когда возникает необходимость в применении каких-либо графических изображений, не предусмотренных стандартами. Тогда допускается принять нестандартизированные графические обозначения, приводя при этом необходимые пояснения на схеме. В проектах автоматизации находят применение многие условные графические обозначения, предусмотренные стандартами.

Условные графические обозначения элементов схем изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения (ГОСТ 2.747-68, ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.756-76).

Условные графические обозначения элементов, размеры которых в стандартах не установлены, изображаются на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Допускается все обозначения пропорционально уменьшать, однако при этом просвет между двумя соседними линиями условного графического обозначения должен быть не менее 1 мм. Размеры условных графических обозначений можно и увеличивать, если это, например, необходимо для вписывания в них поясняющих знаков.

Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90°, если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается также условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный 45°, или изображать зеркально повернутыми. Если при повороте или зеркальном изображении условных графических обозначений может нарушиться смысл или ухудшиться читаемость обозначений, то такие обозначения изображаются только в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие буквенные, цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90 или 45°.

Графические обозначения должны выполняться линиями той же толщины, что и линии связи. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то они должны выполняться толще линий связи в 2 раза. Сами линии связи могут выполняться толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. При форматах схем 24 и меньше рекомендуется толщину линий связи принимать в пределах от 0,3 до 0,4 мм. Если на одной схеме изображаются цепи различного функционального назначения (например, силовые цепи, цепи управления и т. д.), то допускается их изображать линиями различной толщины. На одной схеме рекомендуется применять не более трёх размеров линий по толщине. Для упрощения схемы допускается несколько электрически несвязанных линий связи сливать в общую линию. При подходе общей линии к элементам каждую линию связи вновь изображают отдельной линией. В месте слияния линий связи каждую линию с обеих сторон помечают соответствующим обозначением цепи по ГОСТ 2.709-72.

Обозначение цепей

Обозначение участков цепей служит для их опознания и может также отражать их функциональное назначение в электрической схеме. Требования к обозначению цепей принципиальных электрических схем определены ГОСТ 2.709-72 и проиллюстрированы на рис. 1, 2, 4. Согласно этому стандарту все участки электрических цепей, разделённые контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин, резисторами и другими элементами, должны иметь разное обозначение. Участки цепей, проходящие через разъёмные, разборные или неразборные контактные соединения, должны иметь одинаковые обозначения. При необходимости стандарт допускает участкам цепей,

проходящим через разъёмные контактные соединения, присваивать разные обозначения. Для возможности различения участков цепей, относящихся, например, к разным агрегатам, допускается в обозначении цепей добавлять последовательные числа и другие принятые для агрегатов обозначения, отделяя их дефисом. Например, в схеме на рис. 1 перед всеми обозначениями цепей управления стоит цифра 75, указывающая на принадлежность этих цепей электродвигателю М75.

Для обозначения участков цепей принципиальных электрических схем применяют арабские цифры и прописные буквы латинского алфавита. Цифры и буквы, входящие в обозначения, следует выполнять одним размером шрифта.

Последовательность обозначений должна быть от ввода источника питания к потребителю, а разветвляющиеся участки цепи обозначают сверху вниз в направлении слева направо. Реализация этого требования хорошо видна из рис. 1, 2 и 4. В процессе обозначения цепей допускается оставлять резервные номера.

При разработке принципиальных электрических схем следует придерживаться следующего порядка обозначения отдельных участков цепей:

1. Цепи переменного тока обозначают: L1, L2, L3... с добавлением последовательных чисел. Например, участки цепи первой фазы L1: L11, L12 и т. д.; участки цепи второй фазы L2: L21, L22 и т. д.; участки цепи третьей фазы L3: L31, L32 и т. д. Допускается, если это не вызывает ошибочного подключения, обозначать фазы цепей переменного тока буквами А, В, С на рис. 1 принято последнее обозначение.

2. Силовые цепи постоянного тока обозначают: нечётными числами - участки цепей положительной полярности, чётными - участки цепей отрицательной полярности; входные и выходные участки цепи обозначают с указанием полярности: плюс «L+» и минус «L-». Допускается применять только знаки «+» или «-». Средний проводник обозначают буквой М. Допускается также обозначать силовые цепи постоянного тока последовательными числами.

3. Цепи управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения обозначают последовательными числами в пределах изделия или установки. Допускается перед обозначениями проставлять обозначения, характеризующие функциональное назначение цепи. В этом случае последовательность чисел допускается устанавливать в пределах функциональной цепи. При необходимости перед обозначениями цепей управления, защиты, сигнализации и измерения можно проставлять обозначение фаз переменного тока А, В, С (такие обозначения, например, показаны на рис. 1 и 2). Допускается в однофазных (фаза - нуль, фаза - фаза) схемах переменного тока участки цепей обозначать чётными и нечётными числами.

На принципиальных электрических схемах обозначения, как правило, проставляются: при горизонтальном расположении цепей - над участком проводника, при вертикальном расположении цепей - справа от участка проводника. В технически обоснованных случаях допускается проставлять обозначения под изображением цепи.

Чтение принципиальных электрических схем и особенно эксплуатация электрических установок значительно упрощается, если при разработке схем производить обозначение цепей по функциональному признаку в зависимости от их назначения. Так, например, может быть рекомендовано для цепей управления, регулирования и измерения использовать группу чисел 1-399, для цепей сигнализации 400-799, для цепей питания 800-999.

Вместо групп цифр функциональная принадлежность цепей принципиальной схемы может быть выражена и условно принятыми буквами.

2.5.3 Результаты и выводы: Усвоены навыки разработки принципиальных электрических схем технологической сигнализации параметров объектов управления

2.6 Практическое занятие №12,13(4 часа).

Тема: «Разработка функциональных технологических схем автоматизации с использованием средств централизованного контроля и управления»

2.6.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки функциональных технологических схем

2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами вычислительной техники). Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

Схемы являются основанием для выполнения остальных чертежей проекта, а также для составления заявочных ведомостей в заказных спецификациях приборов и средств автоматизации. Функциональная схема согласовывается с заказчиком или организацией, выдавшей задание.

Для однотипных технологических объектов (цехов, участков, отделений, агрегатов), не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации и одинаковые отдельные щиты (пульты), схему автоматизации следует выполнять для одного из них. На схеме дают пояснения. Например: «Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2-5 схемы аналогичны».

Для однотипных технологических объектов, имеющих общие щиты, пульты с аппаратурой и приборами, на схеме автоматизации допускается показывать технологическое оборудование одного объекта. Приборы и средства автоматизации, устанавливаемые на щите, показываются полностью для всех объектов.

Если приборы однотипны, контролируемые параметры имеют одинаковые значения, то все повторяющиеся приборы показывают на щите один раз, а около их обозначения проставляют количество в штуках.

Если приборы однотипны, а контролируемые параметры имеют различные значения, то на щите показываются все приборы. Около линий связи, соединяющих приборы с управляемым объектом (без изображения технологического оборудования), дают пояснения. Например: «От реакторов 2-3» (рис.2).

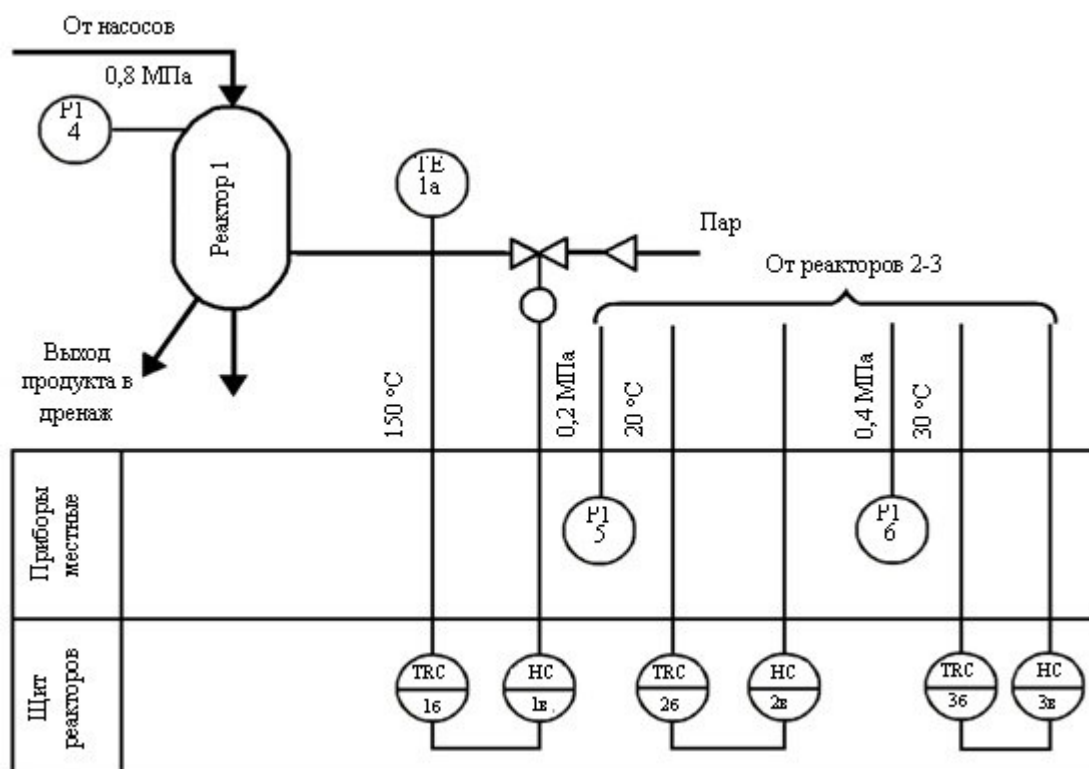


рис. 2. Пример выполнения схемы для однотипных объектов

При использовании многоточечного прибора для контроля какого-либо параметра в нескольких однотипных аппаратах на схеме допускается показывать только один технологический аппарат и один датчик, а около прибора показывают линии связи от остальных датчиков.

На схеме автоматизации приводится пояснение, на основании какого документа она разработана. Например: «Схема разработана на основании технологической схемы 1224, выполненной ВНИИМП».

На схеме допускается приводить перечень приборов и средств автоматизации и таблицы условных обозначений (табл. 1, 2) по определенной форме.

Перечень приборов и средств автоматизации

15 8 8	Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
	20	110	10	45

Таблица 2

**Условные обозначения приборов, средств автоматизации
и технологических коммуникаций, не вошедших в стандарты**

Вариант 1	
Условное обозначение	Наименование
40	145

Вариант 2	
Условное обозначение	Наименование
40	52

Приведенные таблицы условных обозначений могут использоваться по усмотрению исполнителя в одном из двух представленных вариантов.

2.2.2. Изображение технологического оборудования, приборов и средств автоматизации на схемах автоматизации

Графическое построение технологической схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности технологического процесса. Технологическую схему вычерчивают с упрощенным изображением оборудования, масштаб при этом не соблюдается. Конфигурация оборудования должна соответствовать действительной или изображаться принятыми условными обозначениями и схематичными изображениями.

Функциональная схема автоматизации графически делится на две зоны. В верхней части чертежа (примерно две трети по высоте схемы) изображается технологическая схема, а в нижней его части, под технологической схемой, с некоторым разрывом вычерчивают прямоугольники, изображающие: установку местных приборов, щиты, пульты, пункты контроля и управления, управляющие машины, машины централизованного контроля и т.п., в которых условными обозначениями показывают соответствующую аппаратуру.

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, технологические потоки выделяются более жирными линиями.

Соединение и пересечение технологических трубопроводов изображают условными обозначениями, приведенными в табл.3. Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны быть снабжены соответствующими наименованиями. У изображений объекта и трубопроводов должны быть поясняющие надписи (наименование оборудования, его номер и др.), а также стрелками указаны направления потоков (табл.4).

Таблица 3

Условные обозначения соединения и пересечения технологических трубопроводов

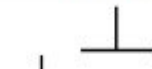
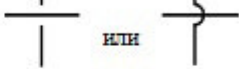
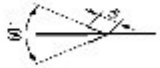
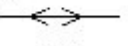
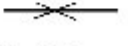

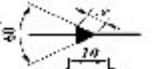


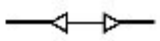


Наименование	Обозначение
Соединение трубопроводов	
Пересечение трубопроводов	

Таблица 4

Обозначение направления потока энергии, жидкости и газа

Наименование	Обозначение
Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический:	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях не одновременно	
в обоих направлениях одновременно	
Поток жидкости:	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях	
Поток газа (воздуха):	
в одном направлении (например, вправо)	
в обоих направлениях	

Технологические трубопроводы, газопроводы, водопроводы и пр. на функциональной схеме обозначаются однолинейно в соответствии с условными обозначениями для жидкостей и газов, преобладающих в данном проекте:

Содержимое трубопроводов	Условное обозначение		Содержимое трубопроводов	Условное обозначение
Вода	-1-		Жидкое горючее	-15-
Пар	-2-		Водород	-16-
Воздух	-3-		Ацетилен	-17-
Азот	-4-		Фреон	-18-
Кислород	-5-		Метан	-19-
Аргон	-6-		Этан	-20-
Неон	-7-		Этилен	-21-
Гелий	-8-		Пропан	-22-
Криптон	-9-		Пропилен	-23-
Ксенон	-10-		Бутан	-24-
Аммиак	-11-		Бутилен	-25-
Кислота (окислитель)	-12-		Противопожарный трубопровод	-26-
Щелочь	-13-		Вакуум	-27-
Масло	-14-			

Изображение объекта автоматизации и отдельных его элементов выполняется так, чтобы линии связи между приборами, средствами автоматизации и объектом имели минимальную протяженность, изгибы и пересечения.

Прямоугольники могут размещаться в следующей последовательности сверху вниз (рис.3): приборы местные или внештитовые приборы; местные щиты контроля, управления и т.п.; агрегатные или оперативные щиты; центральный или диспетчерский щит управления; управляющие машины, машины централизованного контроля.

При расположении изображения щита или комплектного устройства только на одном листе прямоугольник щита справа замыкается линией. При необходимости изображения щита на последующих листах одной схемы или последующих функциональных схемах прямоугольник щита не замыкается с

правой стороны. В этом месте делают соответствующую надпись. Например, при расположении изображения щита на трех листах на первом листе делают надпись: «Продолжение см. лист 2», на втором листе: «Продолжение см. лист 3», на третьем листе прямоугольник щита замыкается линией. Аналогичные надписи выполняются на взаимосвязанных функциональных схемах, имеющих общие щиты. В этом случае вместо номера листа пишется обозначение последующей схемы. Наименование щита, располагаемое слева на листах 2 и 3 или последующих схемах, выполняется так же, как на листе 1.

Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и конструктивно не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и коммуникациями, условно показывают в прямоугольнике «Приборы местные». Прямоугольник располагают над прямоугольниками щитов. При применении агрегатированных комплексов или УВМ допускается кроме наименования всего комплекса приводить сокращенные наименования или типы отдельных его блоков. При этом прямоугольник, изображающий комплекс (машину), делят горизонтальными линиями на части, число которых соответствует количеству блоков. Условные

наименования или типы блоков наносят с левой стороны прямоугольника рядом с наименованием комплекса (рис.4).

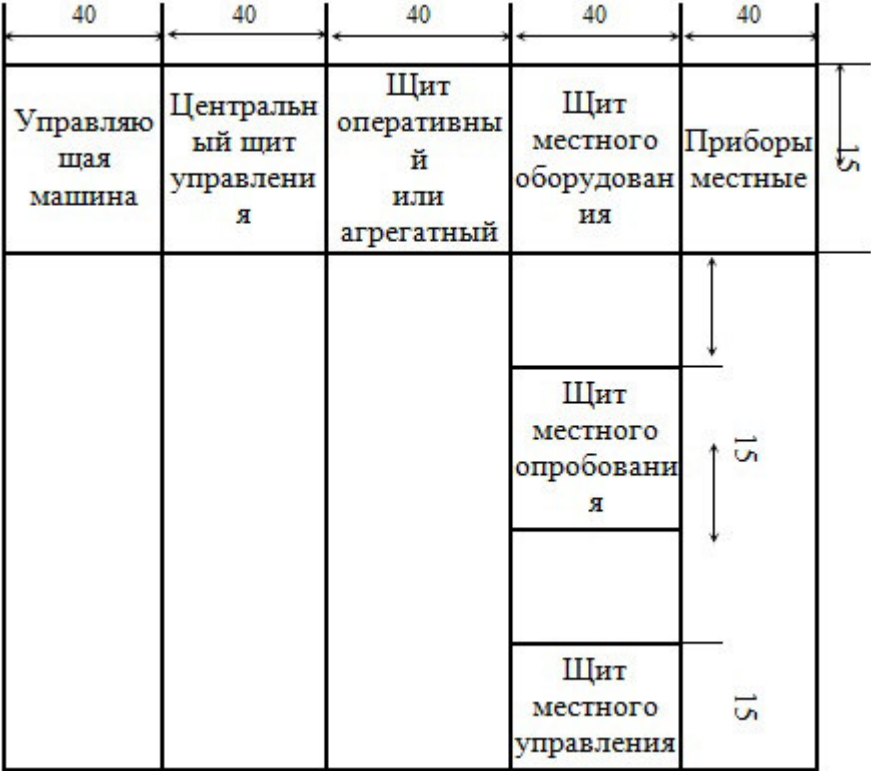


Рис.3. Условные изображения мест установки средств автоматизации

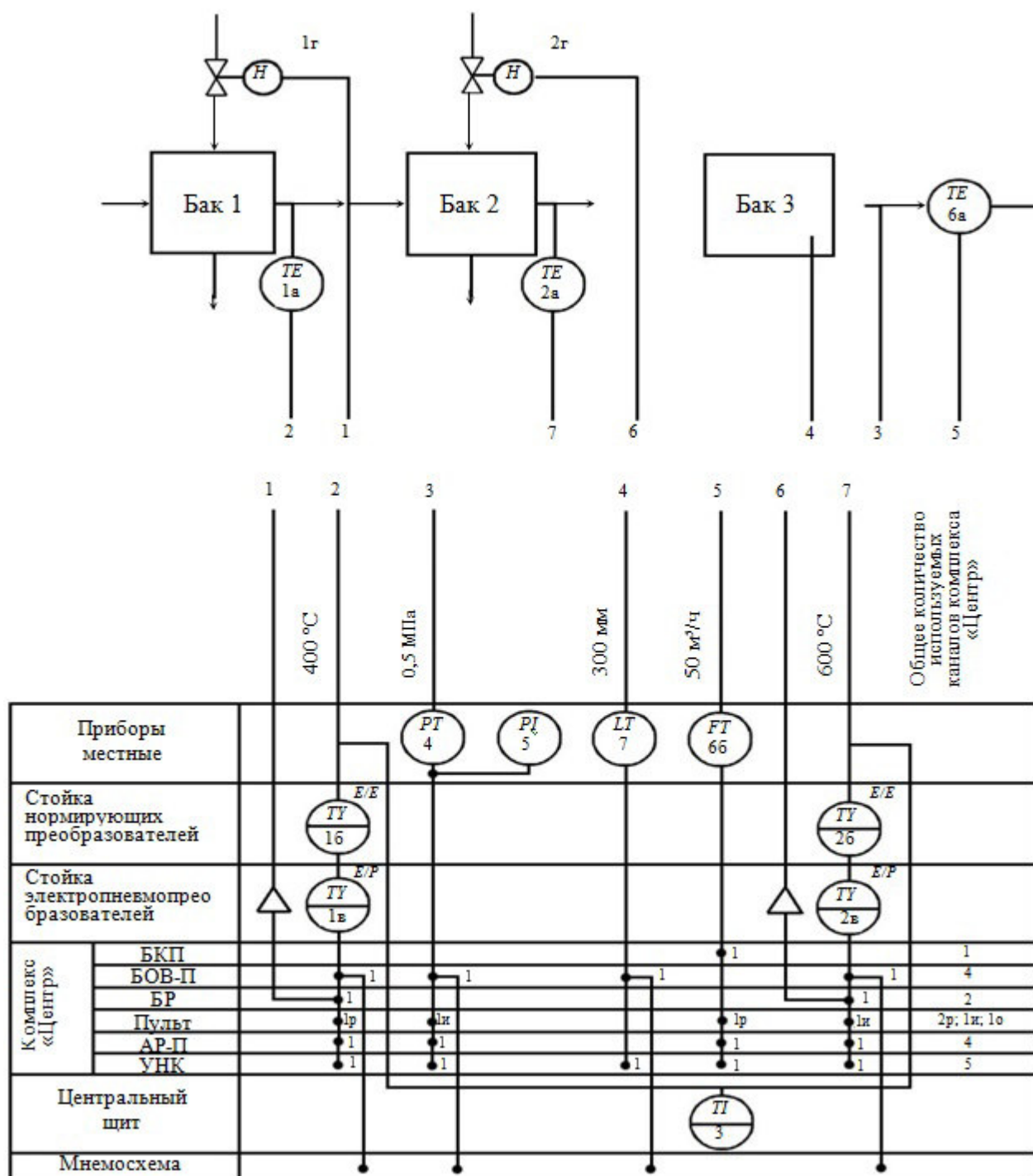


Рис.4. Пример выполнения схемы с применением агрегатированных комплексов или УВМ

Точки входа и выхода сигналов на прямоугольниках соответствующих блоков показывают кружками диаметром 1,5-2 мм. Для удобства пользования схемой и подсчета общего количества используемых каналов разрешается около кружков указывать количество и условное обозначение используемых каналов. Принятые условные обозначения блоков и каналов должны быть обязательно расшифрованы на схеме. Например, для пневматического агрегатного комплекса «Центр» (рис.4) приняты следующие условные обозначения: БКП – блок первичной обработки информации; БОВ-П – блок обнаружения выбегов; БР – блок регулирующих устройств; АР-П – устройство цифровой регистрации (авторегистор); УНК – устройство непрерывного контроля параметров.

Цифрами обозначено количество используемых каналов, буквами дополнительно расшифрованы соответствующие каналы пульта: р – канал для связи с регулятором; и – информационный канал; о – оперативный канал. Общее количество использованных в данной схеме каналов по каждому блоку указывается в правой части прямоугольника в специальной вертикальной графе.

Устройства телемеханики показывают на схемах также в виде прямоугольников. Эти прямоугольники располагают внутри прямоугольников щитов и местных приборов. Например, контролируемый пункт изображают под прямоугольником «Приборы местные», а пункт управления – в верхней части прямоугольника «Щит диспетчера». При использовании в проекте нескольких устройств телемеханики каждому устройству присваивают свой отличительный номер. Например: КП1, КП2 – контролируемые пункты; ПУ1, ПУ2 – пункты управления. Связь приборов и средств автоматизации с устройствами телемеханики показывают линиями связи. Места входа и выхода линий связи в прямоугольниках комплектов телемеханики показывают кружками диаметром 1,5-2 мм. При необходимости рядом с кружками проставляют условные обозначения, характеризующие виды сигналов. Например: ТИ – телеизмерение; ТС – телесигнализация; ТУ – телеуправление и т.д. Все принятые условные обозначения должны быть расшифрованы на схеме.

Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации должны соответствовать указанным в табл.5, а их размеры – указанным в табл.6.

Таблица 5

Графические условные обозначения приборов и средств автоматизации




Наименование	Обозначение	Примечания
Первичный измерительный преобразователь; прибор, устанавливаемый на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции		В обоснованных случаях при необходимости проставления ряда буквенных обозначений допускается вместо окружности применение обозначений:  
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте		
Отборное устройство без постоянно подключенного прибора		Служит для эпизодического подключения приборов во время наладки, снятия характеристик и т.п. Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов представляет собой тонкую сплошную линию, соединяющую технологический трубопровод или аппарат с первичным измерительным преобразователем или прибором
Исполнительный механизм. Общее обозначение		Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала не показывается
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала		
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала		
Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала оставляет регулирующий орган в неизменном положении		
Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом		
Регулирующий орган		

Таблица 6

Размеры графических условных обозначений

Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь, прибор контролирующий, регулирующий Базовое обозначение	
Допускаемое обозначение	
Отборное устройство	
Исполнительный механизм	
Регулирующий орган	

Графические условные обозначения дополнительных устройств, применяемых в функциональных схемах систем автоматизации, приведены в табл.7.

Буквенные условные обозначения измеряемых величин и функций, выполняемых приборами и средствами автоматизации, показываются прописными буквами латинского алфавита и должны соответствовать указанным в табл.8. При отсутствии необходимых буквенных обозначений для этой цели используются приведенные резервные буквы, все случаи их применения должны сопровождаться необходимыми пояснениями на схемах.

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов, приведены в табл.9, а применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств – в табл.10.

Буква *A* применяется для обозначения функции «Сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор. Сигнализируемые предельные значения измеряемых величин следует конкретизировать добавлением букв *H* и *L*. Эти буквы наносятся вне графического обозначения, справа от него.

Буква *S* применяется для обозначения контактного прибора, используемого только для включения, отключения, блокировки и т.д. Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется включение, отключение, блокировка и т.п., могут быть конкретизированы добавлением букв *M* и *L*. Букву *S* не следует применять для обозначения функции регулирования (в том числе позиционного).

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации следует использовать в обозначении прибора буквы *S* и *A*.

Для конкретизации измеряемой величины около изображения прибора (справа от него) необходимо указывать наименование или символ указываемой величины. Например, «Напряжение», «Сила тока» – для электрических величин, pH, O₂ и т.д. – для других величин.

В случае необходимости около изображения прибора допускается указывать вид радиоактивности. Например, α -, β -, или γ – излучение.

Таблица 7

**Дополнительные устройства, обозначения которых
заимствованы из стандартов ЕСКД**

Наименование	Условное графическое изображение
Звонок электрический:	
общее обозначение	
постоянного тока	
переменного тока	
одноударный (гонг)	
Зуммер	
Сирена электрическая (пневматическая)	
Гудок электрический	
Лампа накаливания сигнальная и осветительная	
Общее обозначение	Однолинейное Многолинейное
Лампа газоразрядная сигнальная и осветительная	
Общее обозначение	Однолинейное Многолинейное
Приводы:	
электромагнитный	
пневматический или гидравлический	
электромашинный	
тепловой (двигатель тепловой)	

Таблица 8

**Буквенные условные обозначения измеряемых величин
и функциональных признаков приборов и средств автоматизации**

Обозначение	Измеряемая величина		Функции, выполняемые прибором		
	Основное значение первой буквы	Дополнительное значение, уточняющее значение первой буквы	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
<i>A</i>	+	-	Сигнализация	-	-
<i>B</i>	+	-	-	-	-
<i>C</i>	+	-	-	Регулирование, управление	-
<i>D</i>	Плотность	Разность, перепад	-	-	-
<i>E</i>	Любая электрическая величина	-	+	-	-
<i>F</i>	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
<i>G</i>	Размер, положение, перемещение	-	+	-	-
<i>H</i>	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
<i>I</i>	+	-	Показание	-	-
<i>J</i>	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
<i>K</i>	Время, временная программа	-	-	+	-
<i>L</i>	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины (сигнализируемый)
<i>M</i>	Влажность	-	-	-	-
<i>N</i>	+	-	-	-	-
<i>O</i>	+	-	-	-	-
<i>P</i>	Давление, вакуум	-	-	-	-
<i>I</i>	2	3	4	5	6
<i>Q</i>	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п.	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
<i>R</i>	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
<i>S</i>	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, переключение	-
<i>T</i>	Температура	-	-	+	-
<i>U</i>	Несколько	-	-	-	-

Примечание. Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «-» не используются.

Таблица 9

**Дополнительные буквенные обозначения,
отражающие функциональные признаки приборов**

Наименование	Обозначение	Применение
Первичное преобразование (чувствительный элемент)	<i>E</i>	Для обозначения устройств, выполняющих первичное преобразование. Например: термометры термоэлектрические (термопары), термометры сопротивления и другие первичные измерительные преобразователи температуры обозначаются <i>TE</i> ; сужающие устройства расходомеров, первичные преобразователи индукционных расходомеров и другие первичные измерительные преобразователи расхода обозначаются <i>FE</i> и т.д.
Промежуточное преобразование (дистанционная передача)	<i>T</i>	Для обозначения приборов с дистанционной передачей показаний. Например: бесшкальные манометры (дифманометры с дистанционной передачей показаний) обозначаются <i>PT</i> , манометрические термометры с дистанционной передачей обозначаются <i>TT</i> , бесшкальные расходомеры с дистанционной передачей показаний обозначаются <i>FT</i> и т.д.
Станция управления	<i>K</i>	Для обозначения приборов, имеющих станцию управления, т.е. Переключатель для выбора вида управления (автоматическое – ручное) и устройство для дистанционного управления
Преобразование, вычислительные функции	<i>Y</i>	Для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Дополнительные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Наименование	Обозначение
Род энергии сигнала:	
электрический (независимо от вида электрического сигнала)	E
пневматический	P
гидравлический	G
Виды форм сигнала:	
аналоговый	A
дискретный	D
Операции, выполняемые вычислительным устройством:	
суммирование	Σ
умножение сигнала на постоянный коэффициент K	K
перемножение двух и более сигналов друг на друга	\times
деление сигналов друг на друга	$:$
возведение величины сигнала f в степень n	f^n
извлечение из величины сигнала корня степени n	$\sqrt[n]{}$
логарифмирование	\lg
дифференцирование	dx/dt
интегрирование	\int
изменение знака сигнала	$x(-1)$
ограничение верхнего значения сигнала	\max
ограничение нижнего значения сигнала	\min
Связь с вычислительным комплексом:	
передача сигнала на ЭВМ	B_i
вывод информации с ЭВМ	B_o

Буква U может быть использована для обозначения прибора, измеряющего несколько разнородных величин. Подобная расшифровка измеряемых величин должна быть приведена около прибора или на поле чертежа.

Для обозначения величин, не предусмотренных ГОСТом, могут быть использованы резервные буквы. При этом многократно применяемые величины следует обозначать одной и той же резервной буквой. Для одноразового или редкого применения может быть использована буква X . При необходимости применения резервных буквенных обозначений они должны быть расшифрованы на схеме. Не допускается в одной и той же документации применение одной и той же резервной буквы для обозначения разных величин.

Для обозначения дополнительных значений D, F, Q допускается применение d, f, q .

Приборы и средства автоматизации показывают на функциональных схемах развернутым способом, при котором каждый прибор или блок, входящий в единый (измерительный, регулирующий или управляющий) комплект, показывается отдельным условным графическим обозначением. Сложные приборы, выполняющие несколько функций (например, регулирующий прибор типа P25, содержащий измерительный блок, регулирующий блок, задатчик, блок управления и сигнализации, дистанционный указатель положения исполнительного механизма и применяемый в автоматической системе регулирования содержания влаги в маслоизготовителе непрерывного действия), допускается изображать несколькими окружностями, расположенными слитно друг с другом (рис.5, позиции 1е, 1ж, 1и, 1к, 1м).

Методика построения графических условных обозначений развернутым способом заключается в следующем. В верхней части графического обозначения (окружности, овала) наносятся обозначения измеряемой величины и функций, выполняемых прибором, и порядок их расположения (слева направо) должен быть следующим: обозначение

измеряемой величины; обозначение, уточняющее (если это необходимо) основную измеряемую величину; обозначение (обозначения) функций, выполняемых прибором.

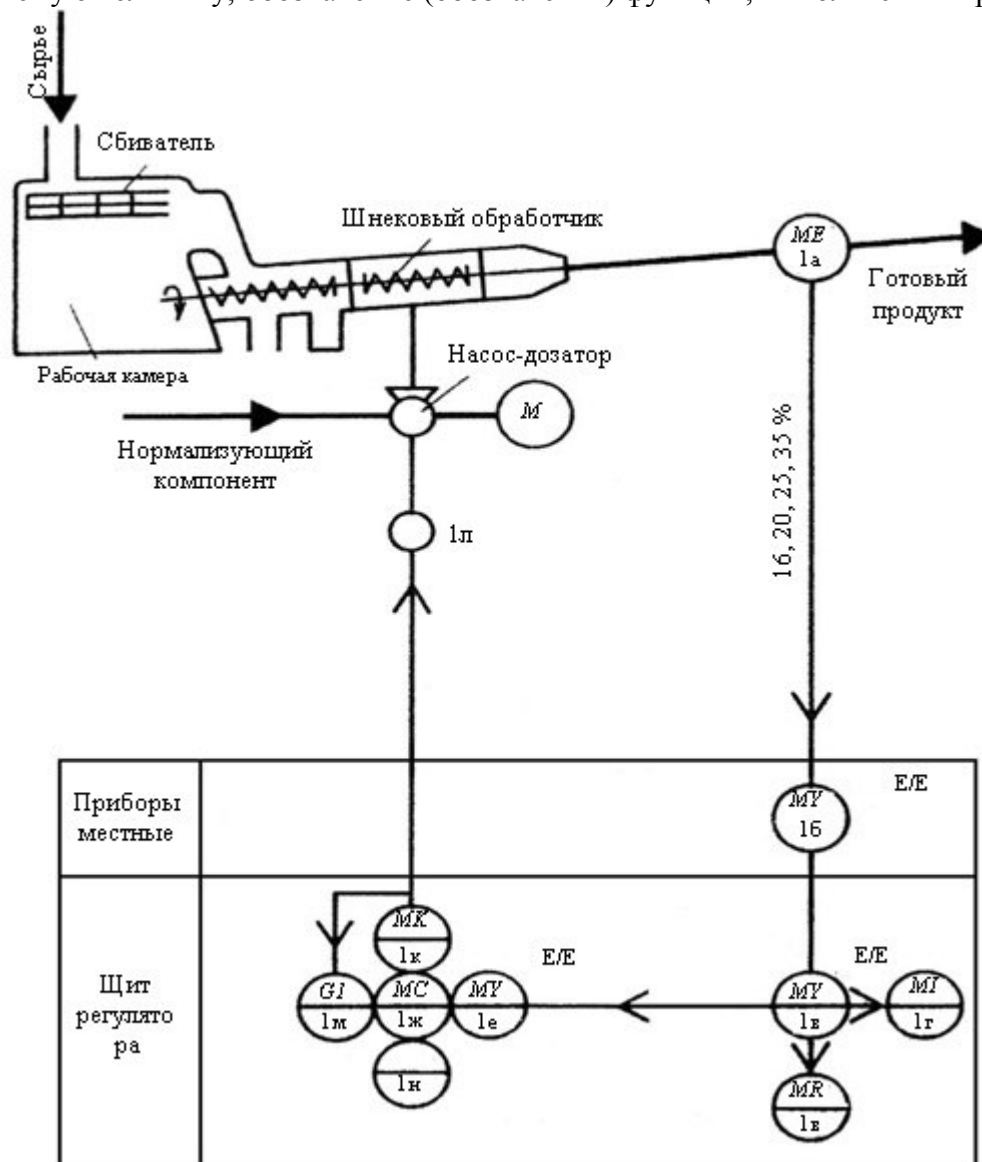


Рис.5. Пример выполнения схемы с построением графических условных обозначений развернутым способом

Порядок расположения буквенных обозначений функций, выполняемых прибором (если их несколько в одном приборе), должен быть следующим: *IRCSA*.

При построении условных обозначений приборов следует указывать не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используются в данной схеме. Например, при обозначении показывающих и самопишущих приборов (если функция «показание» не используется) следует писать: *TR* вместо *TIR*, *PR* вместо *PIR* и т.п.; при построении условного обозначения сигнализатора уровня, блок сигнализации которого является бесшкальным прибором, снабженным контактным устройством и встроенными сигнальными лампами, следует писать: а) *LS* – если прибор используется только для включения, выключения насоса, блокировок и т.д.; б) *LA* – если прибор используется только для сигнализации (местной или дистанционной); в) *LSA* – если используются обе функции по подпунктам а и б; г) *LC* – если прибор используется для регулирования уровня.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства, кроме устройств ручного управления, является наименованием измеряемой комплектом величины. Например, в комплекте для измерения и регулирования содержания влаги с применением

влажмера ВСМ-1 (рис.5) первичный измерительный преобразователь следует обозначать *МЕ*, высокочастотный преобразователь – *МУ*, низкочастотный преобразователь – *МУ*, цифровой прибор – *МИ*, вторичный регистрирующий прибор – *МР*, регулирующий блок – *МС* и т.п.

Исключение составляют все устройства, выполненные в виде отдельных блоков и предназначенные для ручных операций, которые должны иметь на первом месте в обозначении букву *Н* независимо от того, в состав какого измерительного комплекта они входят. Например, переключатели электрических цепей измерения (управления), переключатели газовых (воздушных) линий обозначаются *НС*, байпасные панели дистанционного управления – *НС*, кнопки (ключи) для дистанционного управления, задатчики – *Н* и т.п.

При обозначении комплекта, предназначенного для измерения нескольких разнородных величин, первичные измерительные преобразователи следует обозначать в соответствии с измеряемой величиной, вторичный прибор при использовании функции «Регистрация» – *UR*.

Порядок построения условных обозначений с применением дополнительных буквенных обозначений следующий: на первом месте ставится буква, обозначающая измеряемую величину; на втором – одна из дополнительных букв: *Е*, *Т*, *К* или *У* (см. табл.8).

При построении буквенных обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств надписи, расшифровывающие вид преобразования, или операции, осуществляемые вычислительным устройством (см. табл.10), выполняются в виде дроби и наносятся справа от графического обозначения прибора.

В обоснованных случаях во избежание неправильного понимания схемы допускается вместо условных обозначений приводить полное наименование преобразуемых сигналов. Так же рекомендуется обозначать некоторые редко применяемые или специфические сигналы. Например, кодовый, времяимпульсный, числоимпульсный и т.п.

В нижней части графического обозначения (окружности, овала) наносится позиционное обозначение комплекта измерения (регулирования) или отдельных элементов комплекта.

В отдельных случаях, когда позиционное обозначение прибора не помещается в графическом обозначении, допускается нанесение его вне пределов графического обозначения. При изображении на функциональной схеме электроаппаратуры, участвующей в схемах автоматического регулирования, управления, сигнализации, в нижней части графического обозначения наносится позиционное обозначение электроаппаратуры, присваиваемое ей по принципиальным электрическим схемам.

При использовании в проекте приборов и средств автоматизации, имеющих у заказчика или поставляемых комплектно с технологическим оборудованием, их показывают на схеме без отличия от приборов и средств автоматизации, заказываемых по данному проекту. О том, что данные приборы и средства автоматизации не подлежат заказу по проекту автоматизации, дают соответствующие указания на функциональной схеме. Например: «Приборы 2а, 4а, 6в и 8д имеются у заказчика» или «Приборы 10а, 12а и 14 поставляются комплектно с компрессором».

Приборы и средства автоматизации, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы или механически связанные с ними, изображают на схеме в непосредственной близости к технологическому оборудованию. К таким средствам автоматизации относятся: термометры расширения, термометры термоэлектрические (термопары), термометры сопротивления, первичные преобразователи параметров, сужающие измерительные устройства, ротаметры, газовые и жидкостные счетчики, первичные преобразователи индукционных расходомеров, первичные преобразователи

уровнемеров, радиоактивности, плотности и др., исполнительные механизмы, регулирующие и запорные органы.




2.2.3. Графическое выполнение функциональных схем

Схемы автоматизации выполняются на листах формата, установленного ГОСТом. При выполнении схемы автоматизации на нескольких листах все пояснения таблицы выполняются на первом листе схемы в соответствии с ГОСТом. Основную надпись заполняют по ГОСТу, наименование схемы выполняют по ГОСТу.

Заполнение таблицы рекомендуется производить сверху вниз в следующем порядке: а) условные обозначения трубопроводов; б) условные обозначения приборов и средств автоматизации; в) буквенные обозначения, примененные для обозначения контролируемых величин или функциональных признаков приборов, сокращения, принятые для условных обозначений отдельных блоков, устройств.

Линии связи между приборами и средствами автоматизации на функциональной схеме изображают однолинейно тонкими сплошными линиями (табл.11) независимо от фактического количества проложенных проводов или труб. Подвод линий связи к символу прибора изображается в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку).

Таблица 11

Графическое условное обозначение линий связи	
Наименование	Обозначение
Линия связи	
Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
Пересечение линий связи с соединением между собой	

Линии связи выполняют по возможно кратчайшему расстоянию с минимальным числом изгибов и пересечений. Пересечение линиями связи изображений технологического оборудования и трубопроводов допускается, а обозначения приборов и средств автоматизации не допускаются. При пересечении, ответвлении и слиянии линий связи в случае функционального взаимодействия (с соединением) линий связи в месте пересечения ставится точка. Примером пересечения (ответвления) линий связи с соединением и без соединения служит линия блокировки (рис.6). Точки ставят в местах пересечения линии блокировки с линиями связи параметров, вызывающих останов или запрет пуска компрессора и линий управления электродвигателем компрессора. В местах пересечения линии блокировки с линиями связи параметров, которые подлежат только сигнализации, не вызывают остановки компрессора, точка не ставится.

Линии связи должны четко отображать функциональные связи приборов (элементов) от начала прохождения сигнала (воздействия) до конца. При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи допускается наносить стрелки (см. табл.2). Для сложных объектов с большим количеством применяемых приборов и средств автоматизации, когда изображение непрерывных линий связи затрудняет чтение схемы, допускается их разрывать. В местах разрыва оба конца линий связи нумеруются одной и той же арабской цифрой. Нумерация разрыва линий связи выносится на основные базовые линии (вверх или вниз от технологического оборудования), обеспечивающие минимальное пересечение линиями связи изображений технологического оборудования и коммуникаций. Нумерация разрывов линий связи со стороны щитовых приборов дается в порядке возрастания номеров (см. рис.4).

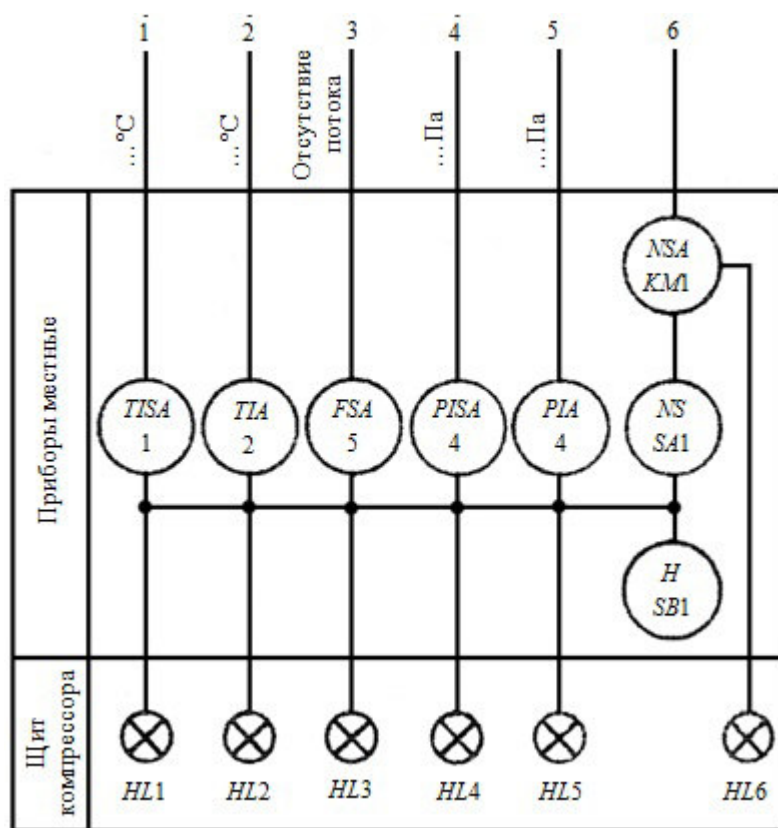


Рис.6. Пример выполнения схемы пересечения линий связи с линиями блокировки

Допускается комбинированное выполнение линий связи: непрерывными линиями и адресным методом для тех участков схемы, где нанесение непрерывных линий затруднительно. На участках линий связи со стороны приборов, изображенных в прямоугольниках щитов или прямоугольником «Приборы местные» слева, непосредственно у подхода их к первому прямоугольнику, указывают предельные рабочие (максимальные или минимальные) значения измеряемых или регулируемых величин. Эти величины указывают в единицах шкалы выбираемого прибора или в международной системе единиц. Разрежение (вакуум) обозначается знаком «-».

Для приборов, встраиваемых непосредственно в технологическое оборудование или трубопровод и не имеющих линий связи с другими приборами, предельные значения величин указывают возле обозначений приборов. Надписи типа «Регулирование», «Управление насосом» и т.п. на соответствующие линии связи наносить не рекомендуется. Выносные линии с полками, служащие для записи на них краткого пояснения функций, выполняемых аппаратурой, изображаются на схемах.

Позиции приборов и средств автоматизации, изображенных на функциональной схеме, состоят из двух частей: цифрового обозначения, присваиваемого комплекту (функциональной группе), и буквенных индексов – строчных букв русского алфавита, присваиваемых отдельным элементам, входящим в комплект (функциональную группу).

Примечание 1. Комплектом (функциональной группой) называется совокупность отдельных функционально связанных элементов, выполняющих определенную задачу.

Примечание 2. Отдельным приборам, не входящим в комплекты, например, показывающим термометрам, манометрам и т.п. присваиваются позиции, состоящие только из порядкового номера.

Во избежание разночтений буквы «з» и «о», имеющие начертание, похожее на начертание цифр, применять не допускается.

Присвоение позиций комплектам, а также отдельным приборам и средствам автоматизации, производится при записи их в заказную спецификацию, которая является

документом, необходимым для чтения функциональной схемы, в следующей последовательности:

- Приборы, регуляторы и комплектные устройства к ним, сгруппированные в следующие параметрические группы: приборы и регуляторы для измерения и регулирования температуры; приборы и регуляторы для измерения давления и разрежения; приборы и регуляторы для измерения расхода, количества, уровня; приборы и регуляторы для измерения состава и качества вещества; прочие приборы, регуляторы и комплектные устройства.

Комплекты приборов и аппаратуры взаимосвязанных систем измерения и регулирования могут выделяться в отдельные группы.

- Машины централизованного контроля, управления и комплектные устройства к ним: машины централизованного контроля; машины централизованного управления; станции централизованного управления.

- Управляющие вычислительные машины и комплектные устройства к ним: управляющие вычислительные машины; вычислительные машины; счетно-перфорационные устройства; клавишные вычислительные машины; отдельные вычислительные приборы и устройства.

- Комплектные устройства телеконтроля и управления. Буквенные обозначения присваивают каждому элементу комплекта в порядке алфавита в зависимости от последовательности прохождения сигналов (от устройств получения информации к устройствам воздействия на управляемый процесс). В схемах каскадного или связанного регулирования, если какой-либо прибор (регулятор) связан с несколькими первичными измерительными преобразователями или получает дополнительные воздействия по другим параметрам, то все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, необходимо отнести к той функциональной группе, на которую оказывают воздействие. Например, при регулировании соотношения двух потоков регулятор соотношения вносится в состав той функциональной группы, на которую оказывается ведущее воздействие по независимому параметру. Одинаковым комплектам или однотипным элементам одного комплекта рекомендуется присваивать одинаковые позиции независимо от места их установки.

Электроаппаратура (электроизмерительные приборы, сигнальные лампы, табло, гудки, звонки, ключи управления, кнопки, магнитные пускатели и т.п.), изображаемая на функциональных схемах, должна иметь буквенно-цифровые позиционные обозначения, принятые в принципиальных электрических схемах и составленные из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения.

Позиционное обозначение электроаппаратуры производится только буквами латинского алфавита. Буквенные позиционные обозначения электроаппаратуры, изображаемой на функциональных схемах, приведены ниже:

Наименование	Обозначение
Прибор звуковой сигнализации	<i>HA</i>
Прибор световой сигнализации	<i>HL</i>
Контактор магнитный, пускатель	<i>KM</i>
Реле времени	<i>KT</i>
Амперметр	<i>PA</i>
Вольтметр	<i>PY</i>
Двигатели	<i>M</i>
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и т.п.	
выключатель или переключатель	<i>SA</i>
выключатель кнопочный	<i>SB</i>
путевой выключатель	<i>SQ</i>

Порядковые номера присваивают, начиная с единицы, в пределах электроаппаратуры одного вида, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное обозначение, например, звонок электрический *HA1, HA2, ...* и т.д.

Позиции приборов и средств автоматизации, присвоенные им по спецификации, а также позиционные обозначения электроаппаратуры сохраняются во всех остальных документах проекта. Позиции приборов и средств автоматизации и позиционные обозначения аппаратуры проставляют в нижней части окружности, а если позиция или позиционное обозначение не помещаются в окружности, допускается нанесение его вне пределов окружности с правой стороны условного обозначения или над ним.

Для выполнения функциональных схем используют контурные линии следующей толщины:

Технологическая схема	0,2-0,5 мм
Трубопроводы	0,5-1,5 мм
Обозначения приборов и средств автоматизации	0,5-0,6 мм
Линии связи и горизонтальной разделительной черты внутри обозначений приборов	0,2-0,3 мм
Прямоугольники, изображающие щиты, пульты и т.п.	0,5-1,0 мм
Выноски	0,2-0,3 мм

При одинаковой толщине линий различного назначения для выделения их вычерчивают в противоположных (большем и меньшем) пределах толщины линии.

Для цифр и букв позиций, позиционных обозначений и надписей применяют следующие размеры шрифта:

Позиции	
цифры	3,5 мм
буквы (строчные)	2,5 мм
Позиционные обозначения (буквы и цифры)	3,5 мм
Буквенные обозначения измеряемых величин и функций, выполняемых приборами	2,5 мм
Пояснительный текст и надписи	3,5-5 мм

Расстояния между параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм. В надписях и текстах применяют только общепринятые сокращения слов.

2.6.3 Результаты и выводы: Освоены навыки разработки функциональных технологических схем автоматизации с использованием средств централизованного контроля и управления

2.7 Практическое занятие №14,15,16(6 часов).

Тема: «Разработка принципиальной электрической схемы ввода аналоговых сигналов в УВМ от измерительных преобразователей»

2.7.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки принципиальной электрической схемы ввода аналоговых сигналов в УВМ от измерительных преобразователей

2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

Функциональное назначение средств приема, преобразования и передачи информации по каналам связи в системах управления ТП состоит в приеме унифицированных сигналов от измерительных преобразователей, кодировании (шифровании) их для передачи по каналам связи и дешифрования в форму, удобную для обработки в устройствах обработки информации и управления. Технически эти функции реализуются устройствами телеизмерения, телемеханики, телесигнализации, телеуправления, системами передачи данных, устройствами связи с объектом и согласования. Состав средств связи, преобразования и передачи информации по каналам связи зависит от топологии технологического объекта управления. В зависимости от того, является ли ТОУ территориально разнесенным или сосредоточенным, используются различные составы средств связи, преобразования и передачи информации по каналам связи.

При передаче информации о состоянии территориально разнесенных ТОУ (более 3 км, время взаимодействия более 10 мкс) возникает проблема обеспечения достоверности передачи информации с одновременно минимальной задержкой по ее преобразованию. Обобщенная структура комплекса средств связи, преобразования и передачи информации изображена на рис. 5.1. Рис. 5.1. Обобщенная структура комплекса средств связи, преобразования и передачи информации. Сигналы от измерительных преобразователей ИП1,...,ИПМ поступают на преобразователи ПР1,...,ПРН унифицированных сигналов в избыточный код. Этот код поступает в буферные устройства БУ1,...,БУМ, занятость которых контролируется и фиксируется программным устройством ПРУ. Коммутатор

каналов управляется ПРУ и подключает по сигналу с ПРУ наиболее загруженный буфер к кодирующему устройству (КУ). КУ преобразует избыточный код в избыточный, который по своим свойствам согласуется с линией связи.

Каждое сообщение содержит свой адрес, (в зависимости от номера датчика и измерительного преобразователя). Через линейное устройство (ЛУ) сформированная последовательность импульсов поступает в линию связи. Для обеспечения помехоустойчивости предусматривается возможность передачи информации по линии обратной связи через линейное устройство ЛУ0) декодирующее устройство (дешифратор) ДКУо обратного канала и устройство обеспечения помехоустойчивости (УОП).

Структура на рис. 5.1 отображает в упрощенном виде функции начального поста канала связи и основные его устройства. При протяженности линий связи до 30–50 км применяются промежуточные посты (ПП) приемопередающей аппаратуры. На конечном пункте канала связи информация принимается и передается на УВМ (рис. 5.2). Наличие информации в линиях связи выявляется блоком выявления запросов БВЗ, которое воздействует на программное устройство ШРУ. Последнее переключает коммутаторы К1 и К2 на соответствующие линии связи.

Приходящая через коммутатор К1 информация декодируется в одном из ДКУ, свободном в данный момент (что также фиксируется 1ПРУ). Результат выявления информации с помощью кодирующего устройства КУо через коммутатор К2 поступает в обратный канал (начальный пост передачи информации) и после подтверждения информации через коммутатор К5 передается в соответствующее буферное запоминающее устройство 1БУ – N1N2БУ. Выдача информации из буферных ЗУ осуществляется по сигналам управления из устройства обмена (УО), которое производит выборку информации из буферных ЗУ через коммутатор Кб и направляет ее в устройства ввода УВМ. Одновременно УО обеспечивает выдачу решения, принятого УВМ через коммутатор К.8 на соответствующее буферное устройство 1БУ – N1N2БУ. Загрузку 1БУ–N1N2БУ фиксирует программное устройство 2ПРУ, воздействующее на коммутаторы К3, К4, К7. Рис. 5.2.

Структурная схема комплекса средств приема информации на конечном пункте канала связи. Через коммутатор К7 информация из буферного устройства передается на свободное кодирующее устройство (КУ) и далее через коммутатор К4 в соответствующую линию связи. Код обратной связи поступает из начального поста через коммутатор К3 на декодирующее устройство ДКУо и после подтверждения в начальном poste (или в ПП) информация, записанная в кодирующем устройстве (КУ), стирается.

Реализация рассмотренных функций и устройств приема, преобразования и передачи информации для территориально распределенных ТОУ осуществляется в телемеханических системах и в виде средств передачи данных. В сравнительно простых системах управления ТП с территориально сосредоточенным объектом каналы приема и передачи информации строятся в основном на базе УСО (средств ввода – вывода), входящих в комплект УВМ. Телемеханические системы применяются как средства сбора и передачи оперативно-технической и производственно-статистической информации, в диспетчерском контроле и управлении территориально рассредоточенными объектами. С этой целью используются каналы связи в виде проводной связи, некоммутируемые каналы временного и частотного уплотнения, коммутируемые телефонные каналы. Каналы связи между пунктами контроля и управления реализуются по радиальной, магистральной или древовидной структурам. Телемеханическими системами выполняются следующие функции: телесигнализация состояния двухпозиционных объектов; телеизмерение текущих значений параметров ТОУ; телеизмерение интегральных значений параметров ТОУ; передача цифробуквенной информации; телеуправление двухпозиционными объектами; телерегулирование путем изменения уставок локальных регуляторов; обработка информации перед выдачей ее на устройства воспроизведения или при вводе в ЭВМ. Устройства связи УВМ с объектом управления системах управления ТП. На рис. 5.3

изображена общая структура системы связи УВМ с объектом управления. Рис. 5.3. Общая структурная схема системы связи УВМ с ОУ. Из структуры системы связи видно, что устройства связи с объектом (УСО) включают в себя устройства передачи сигналов от датчиков АСУ ТП (коммутаторы аналоговых и цифровых сигналов, аналого-цифровой преобразователь, устройство приема цифровой информации) и устройства передачи команд управления на исполнительные устройства АСУ ТП (коммутатор цифровых управляющих сигналов, цифро-аналоговый преобразователь). На схеме рис. 5.3 не показаны устройства борьбы с помехами, а также устройства, подтверждающие достоверность информации и фиксирующие контроль правильности выполнения команд управления. Эта группа устройств реализуется либо специальными каналами передачи информации, либо входит в состав указанных на схеме устройств. Обмен информацией между отдельными устройствами УВМ осуществляется через интерфейсы. Интерфейсы системы связи рассчитаны на выполнение по командам обмена данными между устройствами в цифровой форме и содержат для этого необходимый состав цепей. Под интерфейсом понимается совокупность унифицированных аппаратных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации алгоритма взаимодействия различных функциональных блоков в автоматизированных системах обработки информации и управления при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости указанных блоков.

Структура системы связи УВМ с объектом управления содержит, как это видно из рис. 5.3, два интерфейса: стандартный интерфейс ввода – вывода В и внутренний интерфейс П, обслуживающий процессор УВМ. Управление работой интерфейса В, к которому подсоединены все устройства связи УВМ с объектом, осуществляет канал ввода – вывода. Интерфейс П обеспечивает обмен информацией между процессором, оперативной памятью (ОП) и каналом ввода – вывода. К интерфейсу П подсоединены блок внешних прерываний процессора по сигналам от датчиков АСУ ТП и таймер – устройство текущего времени, формирующее сигналы для организации циклов обработки информации и управления объектом. СТРУКТУРЫ КАНАЛОВ УСО. УСО для ввода аналоговой информации. Система связи УВМ с объектом (рис. 5.3) дает лишь самое общее представление о составе УСО.

Структура УСО может быть параллельной, последовательной и смешанной в зависимости от требуемого времени преобразования, допустимой стоимости оборудования, длины линий связи, точности преобразования. Рис. 5.4. Структурная схема УСО с параллельным вводом сигналов. На рис. 5.4 изображена структурная схема УСО с параллельным вводом сигналов от аналоговых датчиков Д1 – Дn. Каждый i-й сигнал включает в себя измерительный преобразователь ИП_i, коммутатор с запоминанием информационного признака сигнала КЗУ_i, фильтр Ф_i с жесткой или настраиваемой структурой и АЦП. Ввод информации в УВМ осуществляется через мультиплексор МС, общий для всех каналов.

Управление работой перечисленных блоков УСО осуществляет контроллер (К) УСО, связанный с УВМ (микроЭВМ) магистралью данных МД1 и магистралью адресов МА. Контроллер канала УСО синхронизирует работу параллельных каналов, в частности управляет коммутаторами с запоминанием КЗУ_i и мультиплексором МС. Кроме того, контроллер перестраивает измерительные преобразователи под конкретный тип датчика (сигналы k_i) и постоянные времени фильтров Ф_i (сигналы u_i). В более простых случаях вместо контроллера используется генератор тактовых импульсов, жестко определяющий частоту квантования КЗУ_i и МС. Время преобразования сигнала от датчика до входа в магистраль данных МД2, УВМ при параллельном вводе определяется быстродействием блоков УСО, прежде всего АЦП. На рис. 5.5 изображена структура УСО с последовательным вводом сигналов от аналоговых датчиков. В этой структуре УСО использованы общие для всех каналов ИП и АЦП и два коммутатора аналоговых сигналов

K1 и K2 на входе и выходе, являющихся по сути, мультиплексорами. Как и в предыдущей Рис. 5.5. Структурная схема УСО с последовательным вводом сигналов от аналоговых датчиков схеме, режимами коммутации и работой блоков управляет контроллер (К), связанный с центральным процессором УВМ. Очевидное достоинство последовательного канала УСО состоит в сокращении числа используемых дорогостоящих устройств, прежде всего ИП и АЦП. При этом, однако, требуется дополнительный коммутатор каналов K1 и снижается быстродействие канала УСО с ростом числа датчиков. УСО смешанного типа (параллельно-последовательного) целесообразно использовать под конкретный объект, так как позволяет учесть индивидуальные особенности объекта и систем управления ТП.

Сигналы от датчиков релейных (дискретных) сигналов (РД) приводятся к унифицированному уровню в нормирующих преобразователях (НП), фильтруются в фильтре помех (Ф) и далее кодируются в виде, удобном для преобразования в УВМ. Передача кодированных сигналов в магистраль данных (МД) УВМ идет через мультиплексор (МС), управляемый по магистрали адреса УВМ. УСО описанных типов выполняется в виде кристалла БИС. Тенденция к увеличению выпуска однокристальных БИС УСО несомненно существует, но до сих пор широкое применение для комплектования УСО находят функционально законченные модули АЦП и ЦАП, коммутаторов и других узлов УСО в микросхеменном исполнении.

Модульное исполнение целесообразно, когда требование к габаритам не является основным условием и необходимы высокое быстродействие и точность. УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ В состав технических средств распределенных систем управления входят устройства передачи цифровых данных, принцип построения которых рассматривается на примере устройства с оптоволоконным каналом связи. Устройство предназначено для преобразования параллельных форматов данных (кодов) в последовательный код, передачи их по оптоволоконному каналу связи и обратного преобразования последовательного кода в параллельный. Устройство может быть использовано в мультиплексированных системах сбора и распределения информации в составе комплексов технических средств информационно-управляющих систем.

Блок ПДП состоит из мультиплексора МС и передатчика ПД. Мультиплексор предназначен для временного уплотнения цифровых данных $A_1...A_N$, поступающих по параллельным шинам, и выдачи их в последовательном коде в линейный тракт. Код $A_1...A_N$ поступает на регистр (Р), осуществляющий преобразование параллельного формата данных в последовательный код. Последний преобразуется в преобразователе кода (ПК) в помехозащищенный самосинхронизирующийся код (типа «Манчестер II»). Управление совместной работой Р и ПК осуществляет генератор тактовых импульсов (ГТИ) с частотой f_t . Синхронный параллельный ввод информации осуществляется в том случае, когда на вход «выбор режима» Р будет подан уровень логической 1. С приходом тактового импульса заполняется регистр. По окончании импульса записи под воздействием тактового импульса происходит последовательный вывод кодовой информации из Р. Одновременно на другой вход ПК из генератора ГТИ поступают импульсы двойной тактовой частоты $2f_t$. В преобразователе кода формируется последовательный код (типа «Манчестер II»), поступающий затем на один из информационных входов блока согласующего устройства (СУ) передатчика ПД, на второй вход которого должен быть подан логический 0.

На управляющий вход СУ подается логическая 1 в случае разрешения или логический 0 в случае запрета на передачу информации. На выходе СУ импульсный сигнал ограничивается по амплитуде с помощью ограничителя амплитуды ОА. Через эмиттерный повторитель ЭП сигнал поступает на генератор тока накачки ГТН, который управляет электронно-квантовым преобразователем ЭКП – излучателем оптических сигналов, промодулированных импульсной последовательностью. Оптические сигналы информации поступают в волоконно-оптический модуль МВО. Блок приемника-преобразователя ПМП состоит из приемника ПМ и демультиплексора ДМС. Назначение

ПМП обратно назначению ПДП: прием световых импульсов последовательного цифрового формата, данных из МВО, и преобразование их в выходной параллельный код Bl..BN.

Промодулированный световой поток, попадая на светочувствительную площадку – квантово-электронный преобразователь (КЭП), – преобразуется в электрический ток. В качестве КЭП можно использовать фотодиод. Так называемый трансимпедансный усилитель (ТИУ) преобразует токовые сигналы в интегрированное напряжение. В усилителе-корректоре (УК) осуществляется усиление и восстановление формы сигналов напряжения.

Пороговое устройство (ПУ – компаратор напряжения) преобразует аналоговый сигнал с выхода УК в дискретный сигнал (код). Информация в последовательном коде поступает на входное устройство (ВУ) демультиплексора, предназначенного для преобразования кода типа «Манчестер II» в обычный последовательный код и для выделения из данной цифровой последовательности тактовой частоты f_t . Преобразователь последовательного кода в параллельный (ППК) формирует параллельный формат данных и импульс записи. Регистр памяти (РП) служит для записи и хранения информации, поступающей из ППК, и выдачи ее на выход системы.

Рассмотренные технические средства приема, преобразования и передачи информации по каналам связи составляют наиболее характерную и широко используемую, но далеко не полную часть этой группы устройств. Более подробная информация содержится в специальной литературе, справочниках и каталогах.

2.7.3 Результаты и выводы:

Освоены принципы разработки принципиальной электрической схемы ввода аналоговых сигналов в УВМ от измерительных преобразователей

2.8 Практическое занятие №17,18(4 часа).

Тема: «Разработка принципиальной пневмоэлектрической схемы управления компрессором, с автоматическим включением резервного компрессора»

2.8.1 Задание для работы:

1. Освоить принципы разработки принципиальной пневмоэлектрической схемы управления компрессором, с автоматическим включением резервного компрессора

2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

Вентиляторные и компрессорные установки промышленных предприятий в основном предназначаются для обслуживания определённых технологических процессов, поэтому их производительность зависит от потребления воздуха (газа) в ходе работы производственного участка и изменений внешних условий, например температуры, влажности воздуха, запылённости.

Эти установки достаточно просто поддаются автоматизации путём применения специальной аппаратуры, которая даёт сигнал об изменении режима работы и производит соответствующее переключение в схеме управления без участия обслуживающего персонала; задача последнего сводится лишь к периодическому контролю действия аппаратов и профилактике.

Рассмотрим некоторые примеры построения схем управления электроприводами, которые позволяют обеспечивать автоматизацию вентиляторных и компрессорных установок.

Автоматизация работы вентиляторных установок.

Для привода вентиляторов низкого и среднего давления и малой производительности обычно применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для вентиляторов большой производительности и высокого давления

устанавливают асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором высокого напряжения и синхронные двигатели.

На рис. 3 приведена схема управления вентиляционной установки, состоящей из вентиляторов В1-В4 с приводными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором Д1-Д4, предназначенной для проветривания помещений и поддержания при этом заданной температуры. Эти требования осуществляются ступенчатым регулированием угловой скорости двигателей путем изменения напряжения статора с помощью автотрансформатора АТ (рис. 3, а), а также выбором количества находящихся в работе вентиляторов. Схема обеспечивает ручное и автоматическое управление вентиляторами; выбор режима работы осуществляется переключателем УП (рис. 3, б).

Ручное управление имеет место при переводе рукоятки УП в положение $+45^\circ$, при этом подготавливаются к включению цепи катушек контакторов КЛ, К1 – К4. Двигатели вентиляторов по пиханию разделены на две группы: первая группа (Д1 и Д2) подключена к шинам на вторичной стороне АТ постоянно; вторая группа Д3 и Д4 присоединяется к шинам АТ и включается в работу (при ручном управлении) переводом рукоятки переключателя ПК2 в положение 2, при котором срабатывает контактор К4.

Управление угловой скоростью двигателей вентиляторов осуществляется переключателем ПК1, имеющим четыре положения. В положении 1 все двигатели отключены. При установке рукоятки ПК1 в положение 2 включаются контакторы К1 и КЛ, последний своими замыкающими контактами подключает к сети АТ, с нижних отпаек которого через контакты К1 к статорам двигателей подводится пониженное напряжение ($U_1 < U_{ном}$), при этом вентиляторы работают на минимальной скорости ω_1 (рис. 3, в). При повороте рукоятки ПК1 в положение 3 отключается контактор К1 и включается контактор К2, статоры двигателей присоединяются на средние отпайки АТ, вентиляторы будут работать на средней скорости ω_2 и их производительность увеличится. Поворотом рукоятки ПК1 в положение 4 включается контактор К3, двигатели переключаются на полное напряжение сети $U_1 = U_{ном}$, скорость их ω_3 будет номинальной, а производительность вентиляторов – максимальной. Последовательно с катушками каждого из контакторов К1-К3 включены два размыкающих вспомогательных контакта других контакторов, что предотвращает к.з. частей обмоток автотрансформатора АТ при переключении контакторов.

Автоматический режим работы осуществляется при установке рукоятки переключателя УП в положение -45° . Цепи катушек контакторов К1-К5 подключаются к источнику питания через контакты реле Р1-Р4, которые являются выходными устройствами регуляторов температуры РТ1 и РТ2. Если температура воздуха в помещении соответствует заданной, то включается контактор К1, а размыкающие контакты Р1 и Р2 замкнуты; включен контактор К2 и вентиляторы работают на средней скорости.

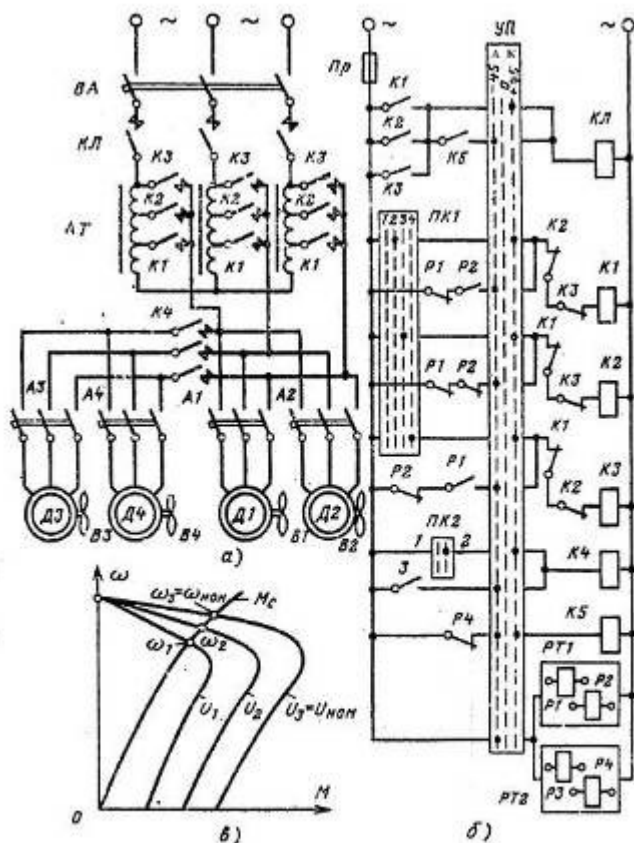


Рис. 17-3. Электропривод вентиляционной установки.
 а — схема силовых цепей; б — схема цепей управления; в — механические характеристики двигателей при переключении выводов автотрансформатора АТ.

При повышении температуры переключаются контакты реле P1, контактор K2 отключается, а K3 — включается, и вентиляторы будут работать с номинальной скоростью, что обеспечивает более интенсивное проветривание помещения. Если температура воздуха станет ниже заданной, то переключаются контакты реле P2, включается контактор K1, и интенсивность проветривания снижается.

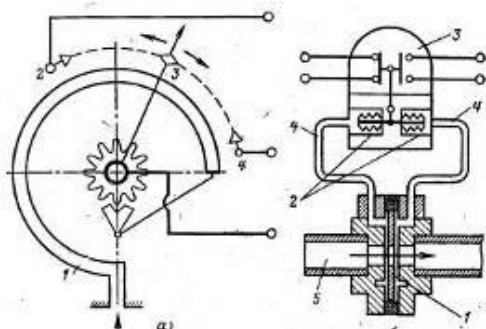
При дальнейшем понижении температуры воздуха вступает в действие регулятор РТ2. Вначале размыкается контакт его реле Р3, отключаются контактор K4 и вторая группа двигателей Д3, Д4. Если температура в помещении продолжает понижаться, то при определенном ее значении откроется размыкающий контакт реле Р4 и отключится контактор K5, который своим контактом отключает контактор КЛ, вследствие чего все вентиляторы останавливаются, и проветривание помещения прекращается.

Автоматизация работы компрессорных установок. График потребляемого сжатого воздуха на промышленных предприятиях, как правило, имеет переменный характер в течение суток. Для обеспечения нормальной работы потребителю необходимо, чтобы давление воздуха поддерживалось постоянным; это является одним из основных требований, предъявляемых при автоматизации компрессорных установок. Давление в воздухопроводной сети зависит от потребления воздуха и производительности компрессора. Когда расход воздуха равен производительности компрессора, давление в сети будет номинальным. Если потребление воздуха становится больше производительности, то давление падает и наоборот.

Наибольшее применение для приводов компрессоров получили асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и синхронные двигатели. Регулирование производительности компрессоров в этих случаях осуществляется путём автоматического открывания всасывающих клапанов с помощью регулятора давления. Регулирование производительности может осуществляться также периодическим включением компрессорных агрегатов с учётом графика нагрузки и давления воздухопровода, которое

контролируется специальным манометром; контакты манометра вводятся в схему управления двигателем.

На рисунке 4, а показано устройство электроконтактного манометра. Как и в обычных манометрах, в нём применяется трубчатая одновитковая пружина 1, закрытая с одного (подвижного) конца, а другим (неподвижным) концом сообщаемая со средой – газом, давление, которого необходимо контролировать.

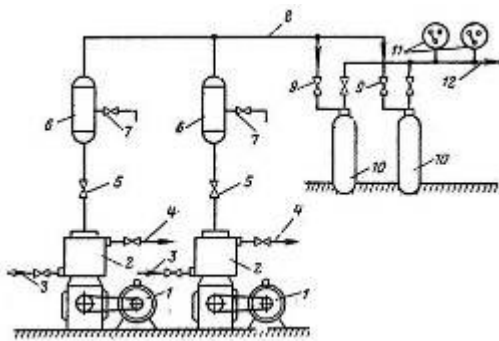


Действие манометра основано на линейной зависимости между упругой деформацией трубчатой пружины и давлением, действующим внутри её. Изменение давления вызывает перемещение закрытого конца трубчатой пружины, который через передаточный механизм приводит в действие подвижный контакт 3, укрепленный на стрелке. При повышении давления пружина 1 стремится разогнуться, при уменьшении давления – согнуться. Если давление превысит значение $P_{\text{нм}}$, на которое настроен манометр, то подвижный контакт 3 замыкается с неподвижным контактом 4; при уменьшении давления ниже установленного контакт 3 замыкается с неподвижным контактом 2.

Контактная система допускает включение на напряжение 380 В переменного и 220 В постоянного тока; мощность контактов 10 ВА. Примеры типов электроконтактных манометров: МГ-278 – показывающий, МГ-618 – самопишущий. Кроме контактных манометров применяются поршневые, сильфонные реле давления и другие приборы.

Для поддержания температуры сжимаемого воздуха в компрессорах (особенно на большие давления) в допустимых пределах применяется принудительное охлаждение установок водой, которая пропускается через охлаждающие рубашки цилиндров и промежуточные холодильники, где нагретый при сжатии воздух омывает трубки с циркулирующей холодной водой. Так как кратковременная остановка системы охлаждения компрессора недопустима, за её работой устанавливается контроль с помощью специальных приборов, отключающих компрессор при недопустимом повышении температуры воздуха или прекращении подачи воды.

Так, на трубопроводах, подводящих охлаждающую воду, устанавливаются струйные реле различных конструкций. На рис. 4, б показано устройство струйного реле МС-51. Реле имеет две цилиндрических мембраны сильфона 2, соединённые трубками 4 с дроссельным устройством диафрагмы 1, устанавливаемой внутри трубопровода 5. При уменьшении количества протекающей воды изменяется перепад давления на диафрагме, происходит переключение контактов 3 реле, что обеспечивает подачу в схему управления сигнала на отключение двигателя компрессора.



На рис. 5 показана технологическая схема компрессорной установки с двумя поршневыми компрессорами 2, приводимыми в движение асинхронными двигателями 1. Сжатый воздух после компрессора проходит через воздухоочистительное устройство 6, в котором очищается от пыли, влаги, масла. По воздухопроводу 8 воздух поступает в ресиверы 10, оттуда по трубопроводу 12 направляется к потребителям. Обратные клапаны 5 предотвращают работу одного компрессора на другой при разнице в создаваемом ими давлении. Трубопроводы 3 и 4 предназначены для циркуляции охлаждающей воды.

Датчиками автоматического управления служат два электроконтактных манометра 11, подвижные контакты которых устанавливаются на определённые верхние и нижние пределы давления воздуха в ресиверах. Верхние пределы для обоих манометров могут быть одинаковыми и при достижении их двигатели компрессоров будут отключаться. Нижние пределы давления манометров устанавливаются разными. При падении давления в начале включается только один компрессор, если же давление будет продолжать падать, то включается и второй компрессор.

При пуске компрессора сначала включают охлаждающую воду, затем приводной двигатель. Для уменьшения начального момента сопротивления пуск можно производить при открытом разгрузочном вентиле 7 воздухоочистительного устройства. После пуска двигателя разгрузочный вентиль закрывается. Чтобы давление воздуха в ресиверах не снижалось при остановке компрессоров, в системе имеются обратные клапаны 9.

Электрическая схема управления компрессорной установкой, состоящей из двух агрегатов К1 и К2, приведена на рисунке 6. Двигатели компрессоров Д1 и Д2 питаются от трёхфазной сети ~380 В через автоматические выключатели ВА1 и ВА2 с комбинированными расцепителями. Включение и отключение двигателей производится магнитными пускателями ПМ1 и ПМ2. Цепи управления и сигнализации питаются фазным напряжением 220 В через однополюсный автоматический выключатель ВА3 с максимальным электромагнитным расцепителем.

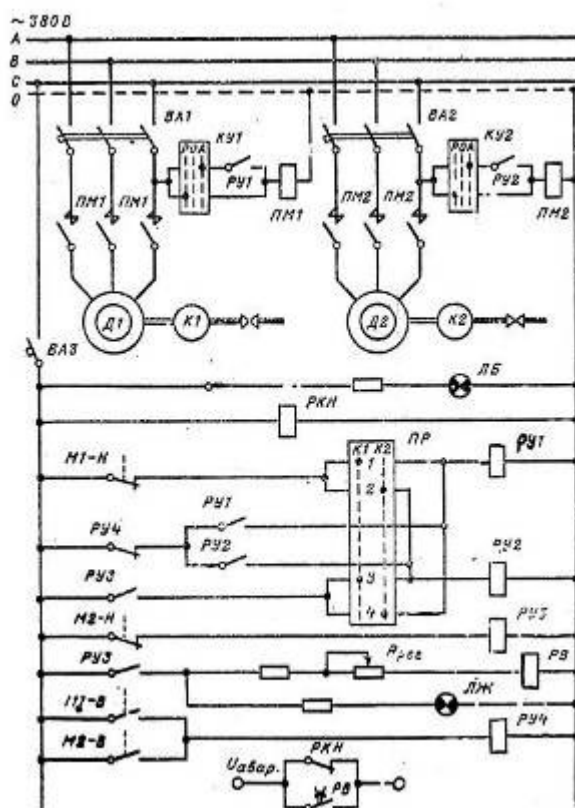
Управление компрессорами может быть автоматическим или ручным. Выбор способа управления производится с помощью ключей управления КУ1 и КУ2. При ручном управлении включение и отключение пускателей ПМ1 и ПМ2 осуществляется поворотом рукояток ключей КУ1 и КУ2 из положения 0 (Отключен) в положение Р (Включен).

Автоматическое управление компрессорами производится при установке ключей КУ1 и КУ2 в положение А, а включение и отключение пускателей осуществляется с помощью реле РУ1 и РУ2. Контроль давления воздуха в ресиверах производится двумя электроконтактными манометрами, контакты которых включены в цепь катушек реле РУ1 – РУ4. Очередность включения компрессоров при падении давления устанавливается с помощью переключателя режимов ПР. Если ПР установлен в положение К1, то первым включается компрессор К1.

Предположим, что ресиверы наполнены сжатым воздухом, давление соответствует верхнему пределу (контакты манометров М1-Н и М2-Н разомкнуты) и компрессоры не работают. Если в результате потребления воздуха давление ресиверах падает, то при достижении ими минимального значения, установленного для пуска первого компрессора, замкнётся контакт М1-Н первого манометра (Н – нижний предел), сработает реле РУ1 и

своим контактом включит пускатель ПМ1 двигателя первого компрессора. В результате работы компрессора К1 давление в ресиверах будет повышаться и контакт М1Н разомкнётся. Но это не приведёт к отключению компрессора, так как катушка реле РУ1 продолжает получать питание через свой контакт и замкнутый контакт РУ4. При повышении давления в ресиверах до максимального предела замкнётся контакт манометра М1В (В-верхний предел), сработает реле РУ4 и своим контактом отключит реле РУ1, потеряет питание пускатель ПМ1 и компрессор К1 остановится.

В случае недостаточности производительности первого компрессора или его неисправности давление в ресиверах будет продолжать падать. Если оно достигнет предела, установленного для замыкания контакта М2Н второго манометра (манометры М1 и М2 регулируются так, чтобы контакт М2Н замыкался по сравнению М1Н при несколько меньшем давлении), то сработает реле РУ3 и РУ2. Последнее своим контактом включит пускатель ПМ2, то есть вступит в работу компрессор К2. В реле РУ2 после размыкания контакта М2Н остаётся включённым через свой контакт и замкнутый контакт реле РУ4. Когда давление в ресиверах в результате совместной работы обоих компрессоров (или только К2 при неисправном К1) поднимется до верхнего предела, замкнётся контактор манометра М2Ви включится реле РУ4. В результате отключается реле РУ1 и РУ2 и пускатели ПМ1 и ПМ2. Оба компрессора остановятся.



компрессор вентилятор установка автоматизация

В схеме предусмотрен контроль исправности компрессорной установки. Если несмотря на работу обоих компрессоров давление в ресиверах продолжает падать или не изменяется, то контакт М2Н нижнего предела остаётся замкнутым, и реле РУ3 будет включено. Оно своим контактом приведёт в действие реле времени РВ, которое с некоторой выдержкой времени, необходимой для обеспечения нормального подъёма давления компрессором К2, замкнёт свой контакт РВ цепи аварийно-предупредительной сигнализации, и персоналу будет подан сигнал о необходимости устранения неисправности.

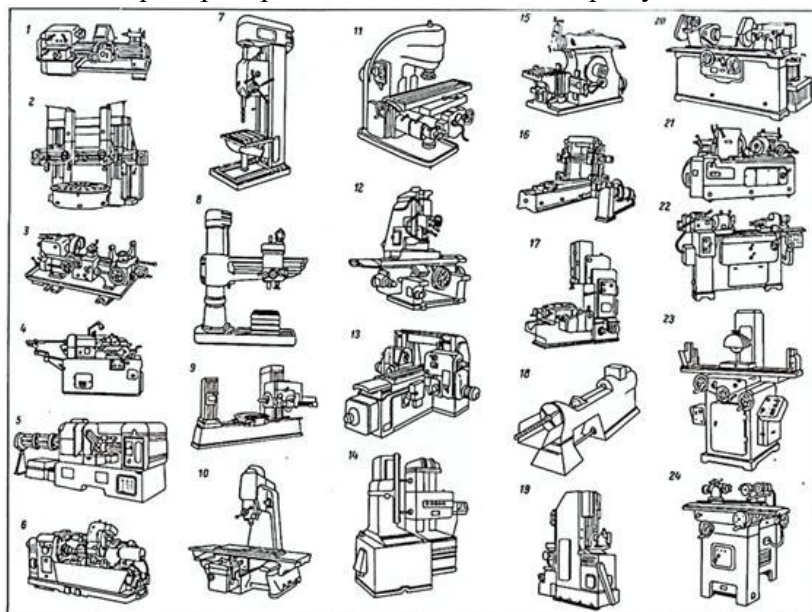
Сигнальная лампа ЛЖ служит для световой сигнализации о режиме работы компрессорной установки при ручном управлении. Она загорается при падении давления в ресиверах, получая питание через контакт реле РУ3. Сигнальная лампа ЛБ и реле

напряжения РКН служат для контроля наличия напряжения в цепи управления. Контроль температуры воздуха в компрессорах, охлаждающей воды и масла осуществляется специальными реле (на схеме не показаны), которые вместе с реле РКН воздействуют на цепи аварийно-предупредительной сигнализации, извещая персонал о ненормальной работе установки.

Классификация металлорежущих станков

Металлорежущий станок - это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации. Обработка производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом. Станки применяют также для выглаживания поверхности детали, для обкатывания поверхности роликами. Металлообрабатывающие станки осуществляют резание неметаллических материалов, например, дерева, текстолита, капрона и других пластических масс. Специальные станки обрабатывают также керамику, стекло и другие материалы. Металлообрабатывающие станки классифицируют по различным признакам, в зависимости от вида обработки, применяемого режущего инструмента и компоновки.

Наиболее распространенные типы металлорежущих станков



Классификация

Металлорежущие станки в зависимости от характера выполняемых работ и типа применяемых режущих инструментов подразделяются на 11 групп (см. рисунок).

Группа токарных станков (поз. 1 - 6) состоит из станков, предназначенных для обработки поверхностей вращения. Объединяющим признаком станков этой группы является использование в качестве движения резания вращательного движения заготовки.

Группа сверлильных станков (поз. 7 - 10) включает также и расточные станки. Объединяющим признаком этой группы станков является их назначение — обработка круглых отверстий. Движением резания служит вращательное движение инструмента, которому обычно сообщается также движение подачи. В горизонтально-расточных станках подача может осуществляться также перемещением стола с обрабатываемой деталью.

Группа шлифовальных станков (поз. 20 - 24) объединяется по признаку использования в качестве режущего инструмента абразивных шлифовальных кругов.

Группа полировальных и доводочных станков объединяется по признаку использования в качестве режущего инструмента абразивных брусков, абразивных лент, порошков и паст.

Группа зубообрабатывающих станков включает все станки, которые служат для обработки зубьев колес, в том числе шлифовальные.

Группа фрезерных станков (поз. 11 - 14) состоит из станков, использующих в качестве режущего инструмента многолезвийные инструменты — фрезы.

Группа строгальных станков (поз. 15 - 17) состоит из станков, у которых общим признаком является использование в качестве движения резания прямолинейного возвратно-поступательного движения резца или обрабатываемой детали.

Группа разрезных станков включает все типы станков, предназначенных для разрезки и распиловки катаных материалов (прутки, уголки, швеллеры и т. п.).

Группа протяжных станков (поз. 18 и 19) имеет один общий признак: использование в качестве режущего инструмента специальных многолезвийных инструментов — протяжек.

Группа резьбообрабатывающих станков включает все станки (кроме станков токарной группы), предназначенные специально для изготовления резьбы.

Группа разных и вспомогательных станков объединяет все станки, которые не относятся ни к одной из перечисленных выше групп.

2.8.3 Результаты и выводы: Освоены принципы разработки принципиальной пневмоэлектрической схемы управления компрессором, с автоматическим включением резервного компрессора.