

Министерство сельского хозяйства
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Краткий курс лекций

для студентов 4 курса

Направление подготовки

35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки

Электрооборудование и электротехнологии

Саратов 2016 г.

УДК
ББК

Рецензенты:

Автоматизация технологических процессов: краткий курс лекций для студентов 4 курса направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»/Т.В.Улыбина//ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ».– Саратов, 2016.–78с.

ISBN

Краткий курс лекций по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» составлен в соответствии с программой дисциплины и предназначен для студентов 4 года обучения направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Курс лекций раскрывает основные принципы построения систем автоматического управления; аналитические методы описания свойств элементов и автоматических систем; основные технические средства автоматики и автоматизации; методы анализа и синтеза автоматических систем технологических процессов сельскохозяйственного производства, включая вопросы по автоматизации животноводства, птицеводства, растениеводства и т.п.

УДК
ББК

© Улыбина Т.В., 2016

© ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016

ISBN

Введение

Автоматизация технологических процессов - является одной из базовых дисциплин направления Агроинженерия федерального компонента. Изучает методы и средства автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства, принципы и методы построения систем автоматизации производственных процессов на основе современных технических средств.

Краткий курс лекций по дисциплине «Автоматизация технологических процессов» предназначен для бакалавров 4 года обучения направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Курс лекций раскрывает основные принципы построения систем автоматического управления; аналитические методы описания свойств элементов и автоматических систем; основные технические средства автоматики и автоматизации; методы анализа и синтеза автоматических систем технологических процессов сельскохозяйственного производства, включая вопросы по автоматизации животноводства, птицеводства, растениеводства и т.п.

Лекция 1

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Основные определения

Теория автоматического регулирования и управления относится к числу научных дисциплин, образующих в совокупности науку об управлении. Основное назначение ее – изучение закономерностей в процессах автоматического управления технологическими процессами (ТП) – производственными, энергетическими, транспортными и т.п. Ее выводы и результаты являются основой для изучения динамических свойств систем управления не только технического характера.

Для осуществления автоматического управления создается система, состоящая из **объекта управления (ОУ)** и тесно связанного с ним **управляющего устройства (УУ)**. Как и любое техническое устройство, систему стремятся создать как бы конструктивно надежной, жесткой, динамически «прочной». Такая система должна выполнять предписанную ей программу действий, несмотря на неизбежные помехи со стороны внешней среды.

Основными направлениями повышения эффективности выполнения технологического процесса являются механизация, электрификация и автоматизация отдельных технических операций. Для управления любыми производственными процессами необходимо располагать объективной и **достоверной информацией**. К **информации** относятся сведения о **структуре** управляемой системы или **отдельных объектов управления**: о внешних и внутренних **возмущениях**, действующих на технологический процесс; о **характере** переменных параметров, характеризующих состояние вещества или энергии и т.д.

В первую очередь теория информации изучает вопросы передачи информационных сигналов от одного элемента системы к другому по имеющимся каналам связи. При этом основной задачей является – обеспечение максимальной достоверности информации, которая может быть искажена из-за помех или нарушения пропускной способности канала.



Рисунок 1.1. - Блок-схема передачи информации

Информация, представленная в формализованном виде, позволяющем осуществить ее обработку с помощью технических средств, называется **данными**.

Для целенаправленного управления любой сложной динамической системой необходимо наличие ОУ.

Восприятие информации - это целенаправленное извлечение информации (при помощи измерительных устройств, например) и ее анализ.

Подготовка информации – это перевод информации в данные посредством аналого-цифрового преобразования.

Передача и хранение информации – передача происходит по различным каналам связи: электрическим, электромагнитным, оптическим и т.п. Для хранения используют полупроводниковые и магнитные накопители.

Обработка информации - осуществляется с помощью ЭВМ для выбора управляющего воздействия, то есть создается алгоритм функционирования.

Отображение информации – отображение выполняется в удобном для восприятия человеком виде.

Воздействие УУ – это осуществление необходимых изменений в системе при помощи управляющих устройств.

Таким образом, если исключается работа оператора при выполнении технологического процесса, то это **автоматическое управление**, в противном случае, **неавтоматическое управление**.

Основным методом обработки информации является **алгоритмизация**.

Алгоритм – представляет собой совокупность математических и логических операций, связанных между собой в определенной последовательности, которые необходимо выполнить для получения управляющей команды.

Простейшим видом алгоритма является передаточная функция – т.е. функциональная зависимость управления одним параметром, выраженная в математической форме. Это зависимость между входными и выходными сигналами (Рисунок 1.2.а).

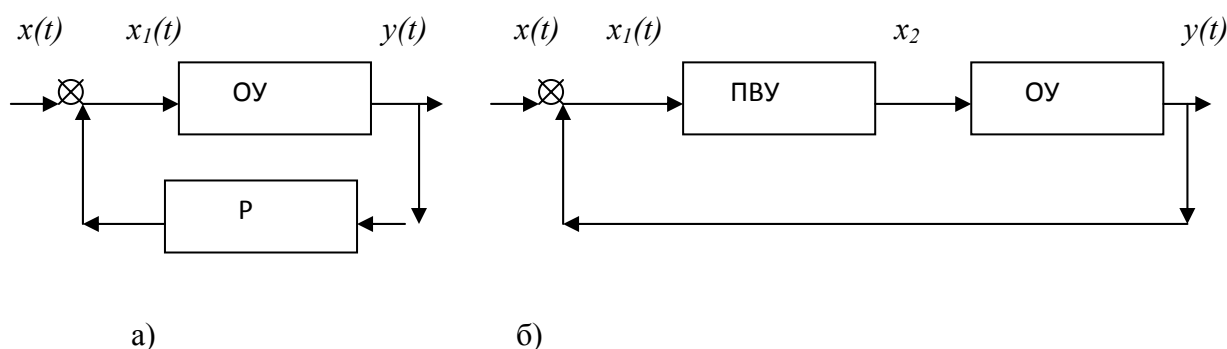


Рисунок 1.2.- Алгоритмы управления.

Сложность алгоритма управления определяется степенью сложности ОУ. При автоматическом управлении ТП используют технические средства автоматики. Простые УУ управляют одним или двумя параметрами ОУ – это м.б. регуляторы температуры, влажности т.п., сложные регуляторы выполняют операции управления в ОУ во времени –

это программно-временные устройства (Рис.2.б). В зависимости от вида алгоритма функционирования используют различные типы САУ.

Сложные управляющие устройства – это управляющие вычислительные машины с адаптивной программой выполнения операций регулирования.

1.2. Особенности комплексной автоматизации

В реальном ТП установившийся режим является частным случаем, так как на ОУ постоянно действуют различные возмущения: **внешние** – обусловленные изменением подачи энергии или количества продукта; **внутренние** – обусловленные ухудшением технологической эффективности использования ОУ. В любом случае возмущение вызывает отклонение технологического параметра от заданного значения.

Для обеспечения заданных качественных и количественных показателей выполняемого технологического процесса автоматическое управление должно быть сведено к автоматическому управлению отдельными операциями. В этом случае автоматическое управление называют **автоматическим регулированием**.

Комплексная автоматизация – это форма организации сложного ТП, основанная на совершенной технологии и комплексной механизации основных и вспомогательных операций, когда исключается участие человека.

Для различных объектов сельскохозяйственного производства комплексная автоматизация может выполнять следующие операции:

- 1) Исследование ТП, определение его технических и экономических показателей;
- 2) Автоматический контроль технологических параметров;
- 3) Расчет комплексных параметров и оперативный контроль их значений;
- 4) Расчет оптимальных режимов ведения ТП;
- 5) Расчет и формирование управляющих воздействий на УУ или ИМ;
- 6) Автоматическое управление при кратковременных отказах оборудования (блокировка).

Однако операции управления пуском и остановкой технологического оборудования, его ТР и КР, то есть разборка и сборка оборудования, не автоматизированы. Комплексная автоматизация возможна при непрерывной поточности ТП и обеспечивается надежными техническими средствами автоматики.

Основные требования, предъявляемые к технологическому оборудованию:

- 1) возможность переработки сырья в непрерывном потоке с обеспечением заданных показателей;
- 2) высокая устойчивость регулируемого параметра к внешним и внутренним возмущениям;
- 3) достаточная надежность технологического оборудования.

Устойчивость ТП зависит от устойчивости технологических объектов к возмущениям, т.е. от статических и динамических характеристик ОУ.

Автоматическое управление ТП м.б. осуществлено как по каналу продукта, так и по каналу энергоносителя.

Например, большинство машин: сепараторы, дробилки, смесители имеют постоянный объем и постоянную скорость (вращения) движения рабочих органов. Здесь возможно управление только по каналу продукта, что крайне нежелательно, так как это приводит к изменению производительности оборудования, нарушению синхронности его работы,

внесением добавочных возмущений. Следовательно, при разработке автоматического ТП необходимо управление осуществлять по каналу энергоносителя. Поэтому сконструировали машины с переменной скоростью движения рабочих органов, тем самым повысили устойчивость ТП.

Под надежностью работы технологического оборудования понимают его способность сохранять свои параметры, обуславливающие работоспособность в заданных пределах и заданных условиях эксплуатации.

Общая надежность системы автоматического управления зависит от числа и надежности отдельных элементов, входящих в систему:

$$P_{\text{общ}} = (1-P)^n ,$$

или

$$P_{\text{общ}} = (1-P_1)(1-P_2)\dots(1-P_n),$$

где $P_1\dots P_n$ - надежность элементов системы; n – количество элементов.

Повысить устойчивость и надежность работы САУ к отказам и аварийным возмущениям можно введением в структуру ТП промежуточных межобъектных емкостей.

При отказе любого технологического оборудования выполнение ТП прекращается на период времени, необходимый для устранения неисправности. Если же ввести промежуточные емкости, то после отказа какого-либо оборудования процесс некоторое время будет продолжаться.

Необходимая величина промежуточной емкости определяется из условия накопления продукта за период аварийного возмущения:

$$Q_{\text{ср}} = V_{\text{ем}} / \tau_{\text{ав}} ,$$

Вопросы для самоконтроля

- 1) Передача достоверной информации?
- 2) Основные алгоритмы управления?
- 3) Понятие комплексной автоматизации?
- 4) Основные требования, предъявляемые к комплексной автоматизации?

Список литературы

Основная

1. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. –10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1) **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2) **Водовозов А. М.** Элементы систем автоматики [Текст]: учеб пособие для вузов/А.М. Водовозов.- М.:Академия. –2006. –224с.: ил. –10000 экз. – ISBN 5-7695-2934-2.

Лекция 2

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

2.1. Системы САУ и САР

Совокупность объекта управления и управляющего устройства, взаимодействующих между собой, представляют собой **систему автоматического регулирования САР или управления САУ**.

Таким образом, на основании рассмотренных понятий и принятых обозначений можно сделать вывод, что управлять объектом – это значит вырабатывать управляющее воздействие с таким расчетом, чтобы управляемая (регулируемая) величина $y(t)$ изменялась по заданному закону и с требуемой точностью независимо от влияния на объект возмущающего воздействия $f(t)$.

Если в системе только одна управляемая величина, то систему называют **одноконтурной**; если же управляемых величин, характеризующих технологический процесс, несколько, причем изменение одной влияет на другую, то систему считают **многоконтурной**.

Поддержание управляемой величины в определенных пределах или изменение ее по заданному закону в процессе работы системы может быть выполнено как по **разомкнутому**, так и по **замкнутому циклам управления**.

Рассмотрим систему, состоящую из последовательно соединенных: объекта управления ОУ, регулирующего органа РО, управляющего устройства УУ и задатчика ЗЭ — устройства, направляющего в систему задающее воздействие $x(t)$.

При управлении по разомкнутому циклу воздействие $x(t)$, поступающее на УУ от ЗЭ, не является функцией результата этого воздействия на объект—оно задается оператором. Определенному значению задающего воздействия $x(t)$ будет соответствовать определенное текущее значение управляемой величины $y(t)$, если возмущающее воздействие $f(t)$ не изменяется во времени.

В противном случае, когда возмущающее воздействие $f(t)$ не остается постоянным, каждому новому значению возмущающего воздействия будут соответствовать различные значения управляемой величины $y(t)$ при неизменном задающем воздействии $x(t)$.

По существу разомкнутая система представляет собой передаточную цепь, в которой задающее воздействие $x(t)$ после определенной обработки управляющим устройством преобразуется объектом управления, но обратного воздействия объекта управления ОУ на управляющее устройство УУ нет.

При управлении по замкнутому циклу система работает, если соединить ее выход с управляющим устройством УУ так, чтобы на него все время поступало два воздействия – с задатчика ЗЭ и с выхода объекта управления ОУ.

Таким образом, в данной системе существует воздействие не только управляющего устройства на объект, но и объекта на управляющее устройство. Однако, разомкнутая система, на которую влияют изменяющиеся возмущающие воздействия, не может самостоятельно. Без вмешательства человека, стабилизировать режим своей работы. Замкнутая система автоматически реагирует на любые изменения.

2.2. Принципы автоматического управления

При построении САУ решают, как наиболее простым и технико-экономическим обоснованным образом получить и передать необходимый объем информации, которым требуется для достижения цели управления. Несмотря на многообразие и различие технологических процесса и методов и средств автоматизации в управлении можно

выделить ряд общих основополагающих принципов. К ним относят принципы управления **по отклонению, по возмущению, комбинированный и адаптации.**

Принцип автоматического управления определяют, как и на основе какой информации формировать управляющее воздействие в системе. Выбор того или иного принципа построения автоматической системы зависит от ее назначения, характера изменения задающего и возмущающего воздействий, возможности получения информации о параметрах системы, стабильности параметров управляемого объекта и элементов управляющего устройства и т. п. Ниже рассмотрены основные принципы автоматического управления.

Принцип управления по отклонению предполагает, что управляющее воздействие в автоматической системе вырабатывается с учетом информации об отклонении управляемой величины от заданного значения, чтобы реализовать этот принцип в управляющем устройстве, должно происходить сравнение действительного значения управляемой величины с заданным (предписанным), и, в зависимости от результатов сравнения, формировать управляющее воздействие.

Здесь отклонение управляемой величины от заданного значения вызывает изменение управляющего воздействия $x(t)$, стремящееся всегда уменьшить появившееся отклонение для получения разности $x_1(t) = x(t) - y(t)$ в систему вводится элемент сравнения ЭС. Управляющий орган действует независимо от того, по какой причине произошло изменение управляемой величины. Это является несомненным достоинством принципа управления по отклонению, в силу чего такие системы находят широкое применение.

Принцип управления по отклонению проиллюстрирует система управления скоростью вращения двигателя постоянного тока. Двигатель, как объект управления, испытывает на себе влияние различных возмущающих воздействий (изменения нагрузки на валу, напряжения питающей сети, скорости вращения двигателя, приводящего во вращение якорь генератора, температуры окружающей среды и др.). Возмущающие воздействия вызовут отклонение управляемой величины — скорости вращения двигателя, но отклонение будет сведено к нулю или к заданным пределам. Это произойдет потому, что управляющее воздействие по его значению и знаку формируется с учетом не только задающего воздействия, но и управляемой величины, то есть система работает на основе принципа управления по отклонению.

Принцип управления по возмущению (принцип компенсации возмущения) основан на том, что управляющее воздействие в системе управления вырабатывается в зависимости от результатов измерения возмущающего воздействия, оказывающего влияние на объект.

Системы, использующие принцип отклонения, работают по замкнутому циклу управления, а системы, использующие принцип возмущения, — по разомкнутому.

Возмущающие воздействия вызываются разными причинами, и их может быть не одно, а несколько. Обычно во внимание принимают только основное возмущающее воздействие, которое оказывает наибольшее влияние на работу системы. Компенсация всех возмущающих воздействий затруднительна, не основными возмущающими воздействиями, как правило, пренебрегают. Это является существенным недостатком принципа управления по возмущению; суммарное влияние второстепенных возмущающих воздействий на управляемую величину может оказаться значительным.

Принцип комбинированного управления, сочетающий в себе достоинства принципов управления по отклонению и по возмущению, используется при построении

систем высокой точности. Это достигается за счет одновременного управления по отклонению и по возмущению. Действие неучтенных возмущений в комбинированных системах компенсируется или ослабляется управлением по отклонению.

Принцип адаптации (приспособления) находит применение в кибернетических системах управления. Чтобы понять отличительные особенности этого принципа, рассмотрим самоприспосабливающуюся автоматическую систему управления (рис. 9б), в которой, кроме основной части, построенной согласно принципу управления по отклонению и содержащей объект управления ОУ и автоматическое управляющее устройство АУУ, введен ряд дополнительных устройств, настраивающих систему на наивыгоднейший режим работы.

Необходимость использования дополнительных устройств вызывается тем, что характеристики управляемого объекта изменяются в процессе работы в широких пределах, и поэтому без автоматической настройки невозможно достигнуть требуемых показателей качества процесса управления.

К дополнительным устройствам в рассматриваемой системе относятся следующие: устройство анализа состояния объекта УАО, позволяющее оценить характеристики управляемого объекта по измеряемым в процессе работы значениям управляемой величины $y(t)$ и управляющего воздействия $x_1(t)$, устройство анализа задающего воздействия УАЗ, оценивающее значение и характер изменения задающего воздействия в процессе работы системы; автоматическое вычислительное устройство АВУ, которое на основании получаемой информации от устройств УАО и УАЗ вырабатывает воздействие для изменения характеристики АУУ; исполнительный механизм ИМ, настраивающее по сигналу АВУ автоматическое управляющее устройство АУУ основного контура на режим работы, соответствующий изменившимся условиям.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Принципы регулирования по отклонению?
- 2) Принципы регулирования по возмущению?
- 3) Принципы регулирования по отклонению и по возмущению?
- 4) Принцип адаптации?

Список литературы

Основная

1) **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1) **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2) **Водовозов А. М.** Элементы систем автоматики [Текст]: учеб пособие для вузов/А.М. Водовозов.- М.:Академия. –2006. –224с.: ил. –10000 экз. – ISBN 5-7695-2934-2.

Лекция 3

КЛАССИФИКАЦИЯ САУ

3.1. Определяющие признаки классификации САУ

В самом общем случае принята классификация систем автоматических управления САУ по наиболее характерным, определяющим признакам.

По виду передаваемых сигналов выделяют системы **непрерывные, с гармонической модуляцией, импульсные, релейные и цифровые.**

По характеру изменения управляемой величины или по характеру алгоритма функционирования различают **стабилизирующие, программные, следящие и самоприспосабливающиеся системы автоматические управления.**

Стабилизирующие системы (статические и астатические) - это системы алгоритм функционирования которых содержит предписание поддерживать управляемую величину постоянной, поэтому расхождение между управляемым и текущим значениями в установившемся режиме не должно превышать допустимого значения, диктуемого условиями самого технологического процесса. Если заданное значение управляемой величины $y_0(t)=const$, текущее значение $y(t)$, расхождение между ними в установившемся режиме Δy , а допустимое значение этого расхождения Δy_{don} , то с учетом того, что в системах стабилизации задающее воздействие $x(t)$ постоянно, можно записать:

$$x(t)=const, \Delta y=y_0(t)-y(t)\leq\Delta y_{don}(t),$$

Отклонение управляемой величины от заданного значения обуславливается влиянием внешних воздействий, поэтому основной задачей стабилизирующих систем является максимальное снижение их влияния или, если это возможно, полное его устранение. В качестве примера можно назвать системы стабилизации напряжения и частоты синхронных генераторов, скорости вращения двигателей и др.

САУ подразделяют на две группы: **статические и астатические** (не имеющие статической ошибки).

САУ будет **статической по отношению к возмущающему воздействию**, если при стремлении возмущающего воздействия к постоянной величине отклонение регулируемой величины также стремится к постоянной величине, отличной от нуля и зависящей от величины приложенного воздействия. **САУ статическая по отношению к управляющему воздействию**, если при стремлении последнего к постоянной величине ошибка регулирования также стремится к постоянной, отличной от нуля величине и зависит от величины приложенного воздействия.

САУ будет астатической по возмущающему воздействию, если при стремлении возмущающего воздействия к постоянной величине отклонение регулируемой величины стремится к нулю и не зависит от величины приложенного воздействия. **САУ будет астатической по отношению к управляющему воздействию**, если при стремлении управляющего воздействия к постоянной величине ошибка регулирования стремится к нулю и не зависит от величины приложенного воздействия.

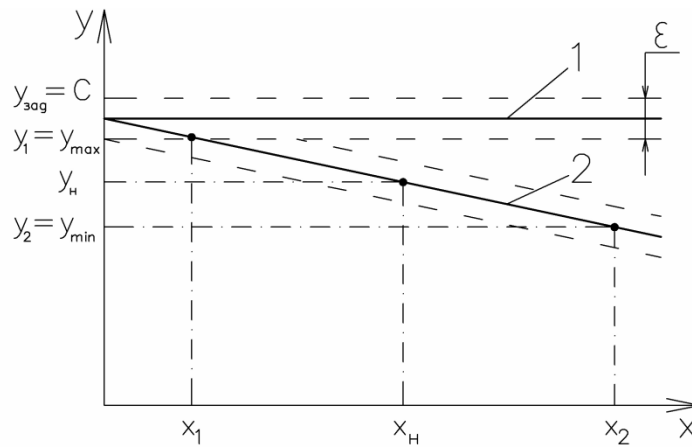


Рисунок 3.1.- Схема (1) и регулировочная характеристика (2) статического регулирования.

Когда установившееся после окончания переходного процесса значение регулируемой величины при различных постоянных значениях нагрузки будет принимать также различные постоянные значения, называется **статическим регулированием**.

С учетом нечувствительности датчиков к малым отклонениям ε характеристика управления выражается уравнением:

$$y = C \pm \Delta(y) \pm \varepsilon \cdot C,$$

где C – постоянная, равная предписанному значению; y – регулируемая величина; $\Delta(y)$ – отклонение регулируемой величины, зависящее от некоторого переменного входного параметра или от нескольких параметров; ε – нечувствительность.

Перемещению рабочих органов регулятора противодействуют силы трения, для преодоления которых требуется некоторое минимальное значение воздействия. Если это воздействие меньше указанного минимального значения, подвижная система регулятора не может прийти в движение, так как противодействие сил трения больше движущей силы, вызванной возмущением. Таким образом, появляется некоторая зона отклонения регулируемой величины от заданного значения, называемая **зоной нечувствительности**, в пределах которой регулятор не воздействует на процесс. Поэтому регулировочная характеристика любой системы будет представляться некоторой полосой (зоной) вдоль этой характеристики.

Статические регуляторы поддерживают не строго постоянное значение регулируемой величины, а с некоторыми отклонениями от заданного, то есть с ошибкой, которая называется **статической ошибкой**. Под статической ошибкой Δy , понимают наибольшее отклонение регулируемой величины при изменении нагрузки от нуля до номинальной:

$$\Delta y = \Delta y_{\max} - \Delta y_{\min},$$

Наряду со статической ошибкой широко используется понятие относительной статической ошибки.

Относительная статическая ошибка или **коэффициент статизма** $k_{ст}$ определяется как отношение статической ошибки к некоторому значению регулируемой величины, например

Для оценки величины отклонения управляемого параметра служат:

коэффициент неравномерности δ и коэффициент статизма k_{cm} :

$$\delta = \frac{(y_{\max} - y_{\min})}{y_n};$$

$$k_{cm} = \frac{(y_1 - y_2)/y_n}{(x_1 - x_2)/x_n},$$

где x_n и y_n – номинальные значения входных и выходных величин; y_1 и y_2 – значения выходных величин, x_1 и x_2 – задающие воздействия.

Статические регуляторы, хотя им присуща статическая ошибка, находят широкое применение, так как просты по устройству и обеспечивают устойчивую работу в нулю и не наступит установившийся режим (равновесное состояние). Этому режиму соответствует определенный заданный уровень y_0 воды в баке, который для всех равновесных состояний остается строго постоянной величиной с точностью до нечувствительности регулятора.

Графическое изображение регулировочной характеристики в функции расхода q воды будет соответствовать зависимости, показанной на рисунке 3.1(б). Регулировочная характеристика для астатического регулирования при наличии нечувствительности, а она практически существует во всех регуляторах примет вид:

$$y = y \pm \varepsilon,$$

Астатические регуляторы более точно поддерживают заданное значение регулируемой величины, но, как правило, сложнее по устройству, чем статические, склонны к колебаниям в переходных режимах и в большинстве случаев не обладают требуемой устойчивостью без вспомогательных устройств.

Если сравнить системы статического и астатического регулирования, то нетрудно заметить, что в первом случае поплавков действует непосредственно на регулирующий орган — задвижку, а во втором случае через промежуточный элемент — электродвигатель, который в значительной мере усиливает сигнал, снимаемый с поплавка. Поэтому первая система будет **прямого**, а вторая — **непрямого** или **косвенного** регулирования.

Программные системы предназначаются для изменения управляемой величины по определенному предписанию – программе, которая составляется заранее на основании требований технологического процесса. Эти требования выражаются изменениями задающего воздействия по определенному закону в виде заранее известной функции времени. С учетом ранее принятых обозначений для программной системы запишем:

$$x(t) = N_n(t), \quad \Delta y = y_0(t) - y(t) \leq \Delta y_{\text{дон}}(t),$$

где $N_n(t)$ – заранее известная функция времени – программа, по которой должна изменяться управляемая величина.

Для получения определенной программы в таких системах предусмотрено специальное устройство – **задающий элемент**, изменяющий управляющее воздействие $x(t)$ в заданном направлении. В качестве примера таких систем можно назвать системы программного управления работой металлорежущих станков, системы программного управления освещенностью в различных производственных сельскохозяйственных помещениях и др.

У **следающих систем** заданное значение управляемой величины может изменяться в широких пределах по произвольному закону, обусловливаемому каким-либо внешним явлением, на ход которого влиять не представляется возможным, но учитывать его необходимо. Поэтому следящие автоматические системы предназначаются для изменения управляемой величины по закону заранее неизвестной функции времени, определяемой задающим воздействием:

$$x(t)=N(t), \Delta y=y_0(t)-y(t) \leq \Delta y_{\text{доп}}(t),$$

где $N(t)$ – заранее неизвестная функция времени.

В следящих системах применяется специальная терминология: вместо управления говорят – слежение, окончание процесса – отработка, входная величина – ведущая величина, выходная величина – ведомая величина.

Примером следящей системы может служить система автоматического управления движением трактора при работе с почвообрабатывающим агрегатом в зависимости от изменения направления ранее проложенной борозды, за которой следит копир.

Самоприспосабливающиеся или **адаптивные системы** действуют не только в соответствии с заданным алгоритмом функционирования, но и могут в зависимости от конкретных условий самостоятельно изменять свою работу с целью достижения наивыгоднейшего режима. Режим работы таких систем характеризуется некоторыми показателями качества, содержание которых зависит от конкретных условий и является функцией одной или нескольких величин. В этом случае предписанный закон управления изменяется в соответствии с оценкой результата управления так, чтобы один или несколько показателей технологического процесса оставались в области заданных значений независимо от непрерывного изменения непланируемых воздействий.

Разновидностями адаптивных систем считаются **оптимальные, экстремальные, обучаемые** и другие системы управления.

В требуется в общем случае выполнить поставленную перед системой задачу при заданных реальных условиях и ограничениях в наилучшем виде. Тогда понятие оптимальности должно быть конкретизировано для каждого случая в отдельности. Показатель эффективности будет выражаться некоторыми функциями зависящими от времени или координат. В частном случае предписанное значение $y_{\text{пр}}(t)=\text{const}$, тогда задача САУ состоит в обеспечении равенства:

$$\Delta y(t) = y_{\text{пр}}(t) - y(t),$$

или

$$\Delta y(t) = \Delta y_{\text{дин}}(t) + \Delta x_{\text{ст}}(t)$$

где $\Delta y(t)$ – ошибка регулирования; $y_{\text{пр}}(t)$ – предписанное значение регулируемой величины; $y(t)$ – текущее значение регулируемой величины; $\Delta y_{\text{дин}}(t)$ – динамическая ошибка; $\Delta x_{\text{ст}}(t)$ – статическая ошибка регулирования.

Переходный процесс считается законченным, когда динамическая ошибка стремится к нулю $\Delta y_{\text{дин}}(t)=0$, при этом предписанное значение регулируемой величины становится равной текущему значению регулируемой величины $y_{\text{пр}}(t)=y(t)$ от точки А на рисунке 3.2.

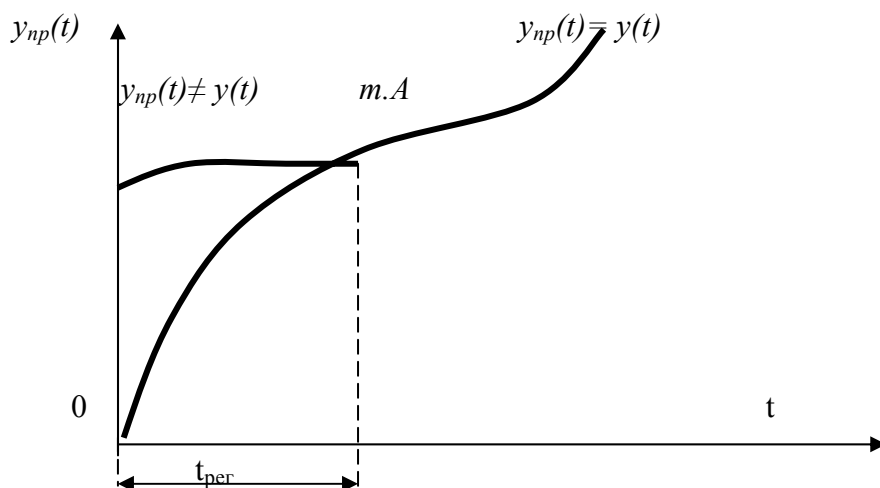


Рисунок 3.2. -Переходный процесс при оптимальном регулировании.

Когда при $t=t_{\text{пер}}$ кривые функций совпадают, то будут равны все производные:

$$dy^n / dt_n = dy_{np}^n / dt_n,$$

где $n = 1, 2, \dots$ порядок производной.

Для оптимального переходного процесса при заданных условиях, необходимо:

- 1) чтобы $t_{\text{пер}}$ было наименьшим;
- 2) в т. А имело бы место равенство всех производных;
- 3) производные, на которые наложены ограничения по модулю, удовлетворяли бы этим ограничениям при всем времени регулирования.

Задача построения оптимальной системы управления может быть решена с помощью релейного элемента и вычислительного устройства.

$$|a_0 y^n + a_1 y^{n-1} + \dots + a_n y| \leq \pm N,$$

где N – некоторая заданная постоянная величина.

При условии, что время регулирования минимально, уравнение имеет только отрицательные или нулевые вещественные корни:

$$a_0 y^n + a_1 y^{n-1} + \dots + a_n y = 0,$$

Тогда оптимальное управление будет состоять из n -ого числа интегралов, когда знаки $\pm N$ чередуются в смежных интервалах.

Экстремальное управление является частным случаем оптимального принципа регулирования. Задачей экстремального управления является автоматическое поддержание одного или нескольких показателей ТП на экстремальном уровне, то есть \max или \min . При непрерывном влиянии возмущающих воздействий на данную систему.

Регулирование на экстремум не может быть выполнено обычной САУ, так как в этом случае оператор должен через равные промежутки времени определить величину

экстремума регулируемой величины и устанавливать ее на ЗЭ, то есть непрерывно изменять настройку регулятора.

Представим регулируемую величину y в виде функции двух переменных φ и α :

$y = f(\varphi, \alpha)$. Она может быть представлена семейством графиков $y = f(\varphi)$ при $\alpha = const$. При выполнении ТП, если изменяется параметр α характеристика $y = f(\varphi)$ будет смещаться и изменяться по форме, что вызывает изменение и величины экстремума ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$).

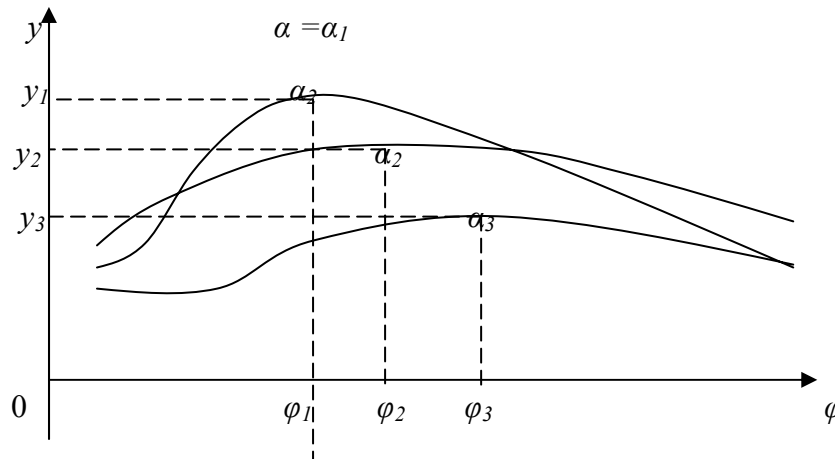


Рисунок 3.3.-Экстремальное управление.

Таким образом, задача экстремального управления заключается в том, чтобы непрерывно изменять уставку регулятора, но с таким расчетом, чтобы поддерживать регулируемую величину на наивысшем уровне в условиях непрерывного изменения возмущающих воздействий.

Основной частью является устройство автоматического поиска экстремума, которое осуществляет:

- 1) автоматический поиск по производным регулируемой величины и регулирующего воздействия;
- 2) автоматический поиск с использованием дискретного ряда режимов;
- 3) удерживание искомого значения заданной величины;
- 4) автоматический поиск экстремума с помощью вынужденных колебаний или модулирующих воздействий.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Классификация САУ и САР?
- 2) Стабилизирующие САУ?
- 3) Следящие САУ?
- 4) Программные САУ?
- 5) Особенности экстремального регулирования?
- 6) Особенности оптимального регулирования?

Список литературы

Основная

1. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2. **Карташов, Б. И.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.

3. **Водовозов А. М.** Элементы систем автоматики [Текст]: учеб пособие для вузов/А.М. Водовозов.- М.:Академия. –2006. –224с.: ил. –10000 экз. – ISBN 5-7695-2934-2.

Лекция 4

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ САУ

4.1. Объект исследования

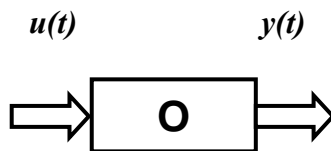
Существует два способа получения д.у. объекта:

- **Способ применения известных законов** (закон Ома, законы механики и т.д.). Эти законы не требуют экспериментальной проверки, достоверность применения моделей на их основе очевидна.

Способ применим в случаях, когда объект управления простой и система невысокого порядка. Или когда объект очень сложный, и, вследствие его сложности, можно воспользоваться законами статистики.

- **Эвристический способ** (гр. *heuriskō* - *нахожу, открываю*). Заключается в том, что вместо использования готовых законов, предлагаются уравнения, не вытекающие ни из каких законов, а основанные на опыте работы с предыдущими объектами, то есть различные экспертные оценки, мнение опытных специалистов.

Такое описание называют феноменологическим, т.е. описанием объекта по основным чертам его внешнего поведения, без глубокого формального (математического, физического и т.п.) проникновения в сущность его функционирования.



Входная величина, управление:

$$u(t) = (u_1(t) \dots u_k(t))^T$$

Выходная величина (выход), состояние:

$$y(t) = (y_1(t) \dots y_p(t))^T$$

Может показаться, что моделью такого объекта может быть сложная нелинейная функция (не оператор):

$$F(y, u) = 0$$

На самом деле, такая функция часто не может описать объект, точнее, его динамику. В соответствии с теоремой Юнга о неявно заданной функции, можно выразить:

$$y_i = \varphi(y_1, \dots \text{кроме } y_i, y_p, u)$$

Нетрудно видеть, что ступенчатое изменение входного сигнала u приводит к ступенчатому же изменению выходного сигнала, т.е. отсутствуют переходные процессы. Поэтому для рассмотрения объектов имеющих переходные процессы необходимо использовать более сложные модели.

$$F(y', y'', \dots y^{(n)}, u', u'', \dots u^{(m)}) = 0$$

Это наиболее общий вид нелинейного дифференциального уравнения (д.у.), связывающего входной и выходной сигнал. Так как y и u , в свою очередь, являются векторами, то на самом деле - есть система нелинейных дифференциальных уравнений.

Для полученной таким образом модели должны быть исследованы:

- **адекватность**, т.е. насколько модель соответствует поведению реального объекта;
- **границы адекватности**, т.е. те пределы изменения параметров и переменных модели, при которых сохраняется адекватность.

Для проверки адекватности и границ адекватности существует множество методов, выходящих за рамки ТУ. С другой стороны, вопросы, связанные с уточнением модели и подстройкой модели в ходе работы изучаются в специальных разделах ТУ, которые называются методами идентификации и методами адаптивного управления соответственно.

Единственным классом дифференциальных уравнений, поддающимся эффективному исследованию, является линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами и системы таких уравнений. В этом случае уравнение примет следующий вид:

$$A_0 y^{(n)} + A_1 y^{(n-1)} + \dots + A_n y = B_0 u^{(m)} + B_1 u^{(m-1)} + \dots + B_m u$$

Обозначим:

$$M = B_m + B_{m-1} \frac{d}{dt} + \dots + B_0 \frac{d^{(m)}}{dt^m}$$

и соответственно:

$$N = A_n + A_{n-1} \frac{d}{dt} + \dots + A_0 \frac{d^{(n)}}{dt^n}$$

Уравнение примет операторный вид:

$$N \cdot y = M \cdot u$$

4.2. Положения, лежащие в основе линеаризации

Линеаризация заключается в переходе к линейному дифференциальному уравнению, переменные которого являются отклонениями от некоторого номинального режима, удовлетворяющего уравнению.

Вычислим дифференциал F , введя предварительно следующие обозначения:

$$Z = (y', y'', \dots y^{(n)});$$

$$U = (u', u'', \dots u^{(m)});$$

$$F(Z, U) = 0;$$

Пусть Z_n и U_n - номинальная траектория.

$$dF = F(Z_n, U_n) + \frac{\partial F}{\partial Z}_{Z=Z_n, U=U_n} (Z - Z_n) + \frac{\partial F}{\partial U}_{Z=Z_n, U=U_n} (U - U_n) + O(|Z - Z_n|, |U - U_n|)$$

где $F(Z_H, U_H) = 0$ т.к. траектория номинальная.

Отбрасываем малые члены и получаем линеаризованное уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial Z}_{Z=Z_H, U=U_H} (Z - Z_H) + \frac{\partial F}{\partial U}_{Z=Z_H, U=U_H} (U - U_H) = 0$$

При этом $\frac{\partial F}{\partial Z}_{Z=Z_H, U=U_H}$ и $\frac{\partial F}{\partial U}_{Z=Z_H, U=U_H}$ - коэффициенты ряда Тейлора.

Введем новые переменные - отклонения от номинальных:

$$y = z - z_H \quad \text{и} \quad u = u - u_H$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial F}{\partial y}_{Z=Z_H, U=U_H} y + \frac{\partial F}{\partial y'}_{Z=Z_H, U=U_H} y' + \dots + \frac{\partial F}{\partial y^{(n)}}_{Z=Z_H, U=U_H} y^{(n)} + \\ & \frac{\partial F}{\partial u}_{Z=Z_H, U=U_H} u + \frac{\partial F}{\partial u'}_{Z=Z_H, U=U_H} u' + \dots + \frac{\partial F}{\partial u^{(m)}}_{Z=Z_H, U=U_H} u^{(m)} = 0 \end{aligned}$$

Так как все частные производные представляют из себя либо постоянные матрицы, либо, в крайнем случае, матрицы зависящие только от времени, то полученное уравнение есть либо система линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами относительно отклонений y и u , либо система с переменными коэффициентами.

Постоянство или переменность зависит от **номинальной траектории**. В частности, в системах стабилизации, где номинальные траектории - константы, получаются постоянные матрицы.

Таким образом, перейдя к уравнениям в отклонениях, мы получаем систему линейных дифференциальных уравнений, которую рассматриваем относительно выходной величины. Порядок этой системы линейных дифференциальных уравнений равен n по порядку производной при y .

Дифференцирование же входного сигнала u рассматривается не как дифференциальное уравнение относительно u , а как операция с известным входным сигналом.

Соберем все коэффициенты дифференциальных уравнений в матрицы и получим окончательно следующую матричную систему:

$$A_0(t)y^{(n)} + A_1(t)y^{(n-1)} + \dots + A_n(t)y = B_0(t)u^{(m)} + \dots + B_m(t)u$$

Если удастся удачно выбрать номинальную траекторию (это зависит не только от мастерства исследователя, но и от самой задачи), матрицы A_i и B_i становятся постоянными. И для такой системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами можно получить до конца точное решение и полностью его исследовать. В случае постоянных коэффициентов система называется **стационарной**.

Чаще всего оказывается, что входные и выходные величины объекта - скалярные функции. То есть имеется лишь по одному входу и выходу, матрицы превращаются в числа:

$$a_0 y^{(n)} + \dots + a_n y = b_0 u^{(m)} + \dots + b_m u$$

Получили стационарный объект с одним входом и выходом (скалярный). Именно такие скалярные стационарные объекты являются главным объектом исследования в классической теории автоматического управления..

Переход от дифференциального уравнения порядка n к системе из n дифференциальных уравнений 1-го порядка. Такой переход позволяет единообразно исследовать системы любого порядка, что имеет важное значение, например, при моделировании на ЭВМ, в этом случае проще использовать стандартные матричные операции, чем иметь дело с дифференциальными уравнениями разных порядков.

Вводим дополнительные переменные $(x_1 \dots x_n)$, равные производным $y(t)$:

$$x_1 = y; \quad \dot{x}_2 = y; \dots; \quad x_n = y^{(n-1)};$$

Перепишем уравнение:

$$y^{(n)} = -1/a_0 (a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_n y - b_0 u^{(m)} - \dots - b_m u).$$

Очевидно, что имеет место следующая система из n уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_n = -\frac{1}{a_0} (a_n x_1 + \dots + a_1 x_n - b_0 u^{(m)} - \dots - b_m u) \end{cases}$$

Начальные условия для $y(t)$ переходят в начальные условия для $(x_1 \dots x_n)$.

Для выражения выходной величины преобразуем последнее выражение в векторно-матричную систему с выходом. Отметим для этого, что настоящий выход объекта $y(t)$ равен x_1 . Можно ввести вектор-строку из n компонент:

$$c = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0), \text{ при этом}$$

$$x_1 = c^m (x_1 \dots x_n) = 1x_1 + 0x_2 + \dots + 0x_n.$$

Теперь система дифференциальных уравнений может быть записана в матричном виде следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) \\ y(t) = cx(t). \end{cases}$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\frac{a_1}{a_0} & -\frac{a_{n-1}}{a_0} & \dots & \dots & -\frac{a_1}{a_0} \end{pmatrix};$$

$$\dot{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

$$bu(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ \frac{b_0}{a_0} u^{(m)} & \dots & \dots & \dots & \frac{b_m}{a_0} u \end{pmatrix};$$

Решение системы этих уравнений всегда может быть записано в следующем виде (Формула Коши, интеграл Дюамеля):

$$y(t) = ce^{A(t-t_0)}x(t_0) + c \int_{t_0}^t e^{A(t-\phi)}bu(\phi)d\phi$$

Здесь первое слагаемое – общее решение однородного уравнения, второе – частное неоднородного. Формула справедлива вне зависимости от порядка исходного дифференциального уравнения.

В правую часть уравнения и формулы входят производные от управляющего воздействия. Можно показать, что от этих производных можно избавиться. Они будут вычисляться “автоматически” в процессе решения системы уравнений, и выглядит это следующим образом. Нужно вместо вектора b взять вектор g , компоненты g_1, \dots, g_{n-1} которого уже не обязательно равны 0, но вычисляются по следующей рекуррентной формуле:

$$gu(t) = \begin{pmatrix} g_1 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ g_n \end{pmatrix} u(t);$$

$$g_0 = 0; \quad g_i = \frac{1}{a_0} (b_i - \sum_{k=0}^{i-1} a_{i-k} g_k);$$

Это рекуррентная формула в том смысле, что g_i вычисляется последовательно, друг за другом. В случае, когда нет производных от входа, автоматически получаем вектор:

$$g = (0 \ 0 \ \dots \ 0 \ b_0/a_0);$$

4.3. Геометрическая интерпретация и пример линеаризации

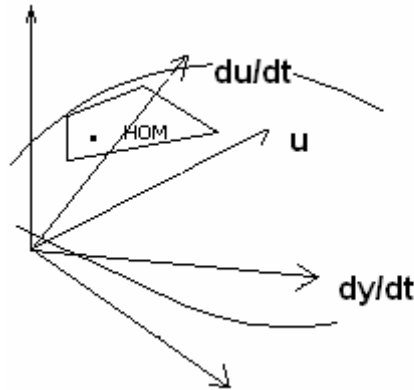


Рисунок 4.1.- Геометрическая интерпретация

$$F = (y, \dot{y}, u, \dot{u}, \dots) = 0$$

Это уравнение можно понимать, как уравнение поверхности в многомерном пространстве с многочисленными координатами, являющимися переменными y , u и их производными всех входящих в n - порядков.

Номинальная траектория есть просто точка на поверхности, **линеаризованное уравнение** – уравнение касательной плоскости в номинальной точке.

4.4. Метод преобразования Лапласа

Мы не будем здесь подробно излагать свойства преобразования Лапласа, отметим лишь наиболее важные для ТУ.

При нулевых начальных условиях, после преобразования Лапласа уравнения вида, получаем $L\{1\}$:

$$L\{a_0 x^{(n)} + \dots + a_n x\} = L\{b_0 u^{(m)} + \dots + b_m u\};$$

$$(a_0 p^n + \dots + a_n)X(p) = (b_0 p^m + \dots + b_m)U(p)$$

$$L\{x(t)\} = X(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} x(t) dt$$

$$L\{u(t)\} = U(p) = \int_0^{\infty} e^{-pt} u(t) dt;$$

Для линейного уравнения преобразование Лапласа выходного сигнала $X(p)$, отнесенное к преобразованию Лапласа входного сигнала $U(p)$ не зависит от самих сигналов. Это внутреннее свойство самого объекта.

$$X(p) = \frac{b_0 p^m + \dots + b_m}{a_0 p^n + \dots + a_n} U(p)$$

Дробь в этой формуле назовём *передаточной функцией (ПФ)*:

$$X(p) = W(p)U(p)$$

$$W(p) = \frac{b_0 p^m + \dots + b_m}{a_0 p^n + \dots + a_n}$$

Определение 1: Передаточной функцией системы (объекта) называется отношение преобразования Лапласа выходного сигнала к входному при нулевых начальных условиях.

Порядок системы n – порядок полинома знаменателя передаточной функции. Передаточная функция $W(p)$ зависит только от самих дифференциальных уравнений. Передаточная функция $W(p)$ определена только для линейных уравнений и выражает свойство *линейности*: если $U(p) = U_1(p) + U_2(p)$, то, очевидно:

$$X(p) = W(p) (U_1(p) + U_2(p)) = W(p)U_1(p) + W(p)U_2(p) = X_1(p) + X_2(p);$$

$$X(p) = W(p) (\gamma U_1) = \gamma W(p) U_1;$$

Например, устройство, вычисляющее модуль входного сигнала или квадрат входного сигнала не описывается передаточной функцией (почему?).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Объект исследования САУ?
- 2) Что такое линеаризация?
- 3) Основные положения для линеаризации?
- 4) Передаточная функция системы?

Список литературы

Основная

1. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1. **Карташов, Б. И.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.

Лекция 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

5.1. Классификация технологических процессов как объектов управления

По физико-химическим приемам переработки материалов выделяются следующие виды процессов:

- 1) Механические процессы: измельчения, дозирования и т.д.
- 2) Гидромеханические: перемешивание, отстаивание.
- 3) Тепловые: нагрев, выпаривание.
- 4) Массообменные: ректификация, аб(ад)сорбция и т.д.
- 5) Химические: окисление, восстановление, синтез, крекинг и т.д.

По характеру проведения во времени выделяются следующие виды процессов:

- а) Непрерывные;
- б) Полунепрерывные;
- в) Смешанные;
- г) Дискретные.

Задачи управления условно можно разделить на простые или частные и сложные. Простые или частные задачи управления имеют место, когда известны цели управления, модели системы управления, модели внешней среды, например, это задача поддержания технологических параметров на заданном значении.

Задача решается по принципу обратной связи: параметр можно измерить, оценить отклонение от задания, сформировать управляющее воздействие на объект по известному закону и подать это воздействие на исполнительное устройство (ИУ).

Сложные задачи управления имеют место, если из-за влияния внешней среды или свойств объекта могут измениться цели управления, (т.е. цель – не единственна), структура системы, структура и параметры управляющих устройств.

При этом, задача управления решается системой, состоящей из подсистем, как правило, иерархического типа. Например, АСУТП решает задачи управления в штатном режиме, в аварийном режиме, осуществляет защиту и блокировки, управление пуском и остановом, задачи прогнозирования и мониторинга и т.д.

Для сложной системы управления при проектировании и реализации целей управления необходимо использовать системный подход, основанный на следующих положениях:

- 1) разработка сложных систем управления проводится путем декомпозиции задачи управления на подзадачи, решаемые соответствующими подсистемами (подсистемы управления в штатном режиме, подсистемы ПАЗ, подсистемы пуска и останова и т.д.);
- 2) каждая из этих подзадач (и соответствующих подсистем) в свою очередь может оказаться сложной. Тогда декомпозиция проводится на еще более низком уровне до тех пор, пока задача управления и соответствующая подсистема не станет простой.
- 3) для обеспечения целостности системы после разработки простых подсистем проводится композиция (интеграция) подсистем в единую систему снизу вверх, с последовательной проверкой свойств интегрированных подсистем и системы в целом на соответствие заданным свойствам. При необходимости на каждом шаге интеграции

осуществляется моделирование, коррекция, настройка подсистем, и т.д.

Для анализа задач, возникающих при автоматизации процессов, рассмотрим диаграмму жизненного цикла АТК (рис. 5.1).

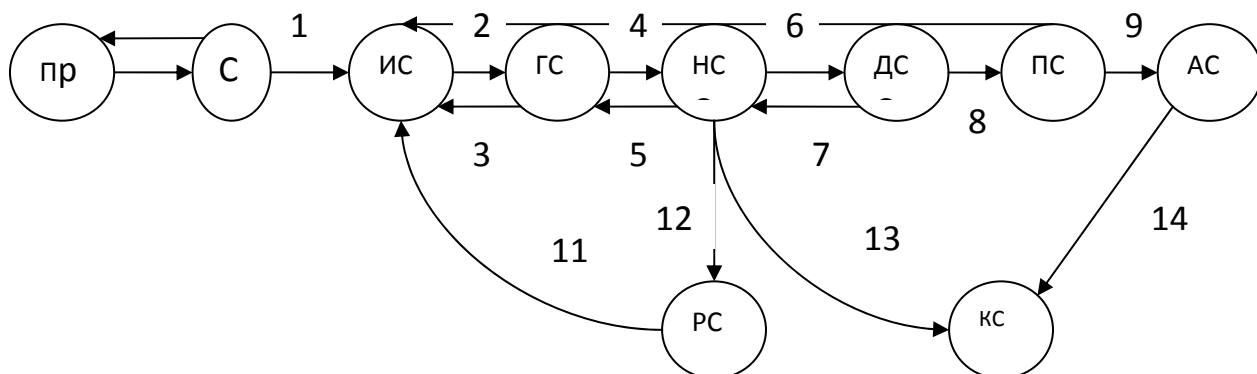


Рисунок 5.1.- Диаграмма жизненного цикла АТК: ПР – проектирование; С – строительство; ИС – исходное состояние; ГС – горячее состояние; НС – нормальное состояние (штатный режим); ДС – доаварийное состояние; ПС – предаварийное; АС – аварийное; РС – ремонтное; КС – конечное.

1 – завершение строительства; 2 – пуск; 3 – останов; 4 – завершение пуска; 5 – управление развитием ситуации; 6 – сигнализация; 7 – корректировка технологического режима; 8 – диагностика ситуаций; 9 – авария; 10 – останов; 11 – завершение ремонта, проверка; 12 – плановый останов; 13 – плановое уничтожение/реконструкция установки; 14 – аварийное уничтожение/реконструкция.

При разработке АСУТП можно выделить следующие типичные задачи:

1) задачи разработки и оптимизации работы локальных подсистем регулирования (АСР) – подсистем нижнего уровня: - выбор структуры АСР (одноконтурные, каскадные, комбинированные, многосвязные, логико-динамические, с эталонной моделью, адаптивные, нечеткие, нейронные и т.д.), оптимизация структуры системы, структуры и параметров управляющих устройств.

2) Продвинутые задачи в штатном режиме:

- управление процессом по качеству продуктов переработки;
- минимизация материальных и (или) энергозатрат;
- оперативное управление по ТЭП;

3) Продвинутые задачи по обеспечению безопасности

- диагностика отказов датчиков, ИУ;
- защита от последствий отказов (резервирование, замораживание выходов регуляторов, расчет параметров на основе моделей);
- принятие мер по снижению отрицательного эффекта от отказов;

- прогнозирование развития аварийных ситуаций и мягкое парирование неполадок элементов АТК.

4) Задачи по пуску установки.

5.2. Модели объектов и систем управления

ОУ являются сложными и характеризуются большим числом регулируемых параметров: температура, давление, расход сырья и т.д.

АСР называется многосвязной, если изменение одной регулируемой величины влияет на другие регулируемые величины.

Существует два основных вида моделей:

1. Описание в пространстве состояний.

В общем случае линейные динамические системы описываются системой матричных уравнений:

$$\dot{X}(t) = A(t) \cdot X(t) + B(t) \cdot U(t);$$

$$Y(t) = C(t) \cdot X(t) + D(t) \cdot U(t),$$

где X – фазовые координаты или переменные состояния; Y – наблюдаемая или измеряемая переменная; $A(n \times m)$ – матрица коэффициентов; B – матрица входов или управлений ($n \times q$); C – матрица связи ($p \times n$); D – матрица обхода ($p \times q$).

В случае, если имеются управляющие устройства, порядок числителя которых \geq порядку знаменателя, на основе этой модели анализируются ряд фундаментальных свойств, таких как управляемость, наблюдаемость и др., а также решаются задачи синтеза регуляторов нижнего уровня.

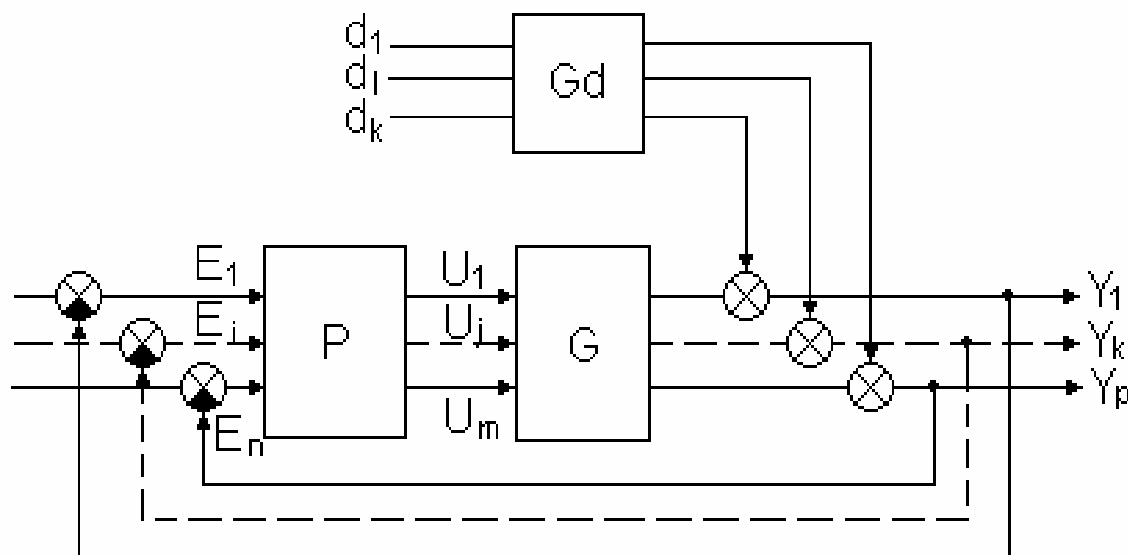


Рисунок 5.2. – Модель сложной системы

Для практики гораздо удобнее модели в терминах «вход-выход». Если модели регулятора – непрерывные операторы, уравнения в терминах вход/выход могут быть записаны в матричном виде:

$$Y = G \cdot P \cdot E + G_d \cdot D; \quad E = Y_d - Y.$$

Легко показать, что

$$Y = T \cdot Y_d + T_d \cdot D,$$

где

$$T = (I + G \cdot P)^{-1} G \cdot P; \quad T_d = (I + G \cdot P)^{-1} G_d.$$

P – матрица регулятора; G – матрица ПФ. ОУ по заданию; G_d – по возмущению; I – единичная; E – вектор ошибок.

Ситуации:

1) Для каждой управляемой выходной величины может быть однозначно выбран управляющий параметр $U \Rightarrow m=p \Rightarrow G$ – диагональная либо квазидиагональная матрица. В этом случае имеется набор автономных одноконтурных систем. Тогда выбор управляющих воздействий как правило производится на основе анализа функции чувствительности: $\partial y_i / \partial U_i = \max$. Необходимо учитывать динамические характеристики каналов передачи воздействия: инерционность каналов должна быть минимальной.

2) Матрица не сводится к квазидиагональной – многосвязная система, многосвязный объект. Анализ системы – метод Бристоля, синтез – метод Вавилова-Имаева.

3) Для каждого выхода нельзя однозначно выбрать управляющий вход, либо кол-во переменных управления не совпадает с кол-вом выходов (ситуация системы управления, в основе построения которых лежат логические алгоритмы, в том числе ИИ).

5.3. Каскадные САУ

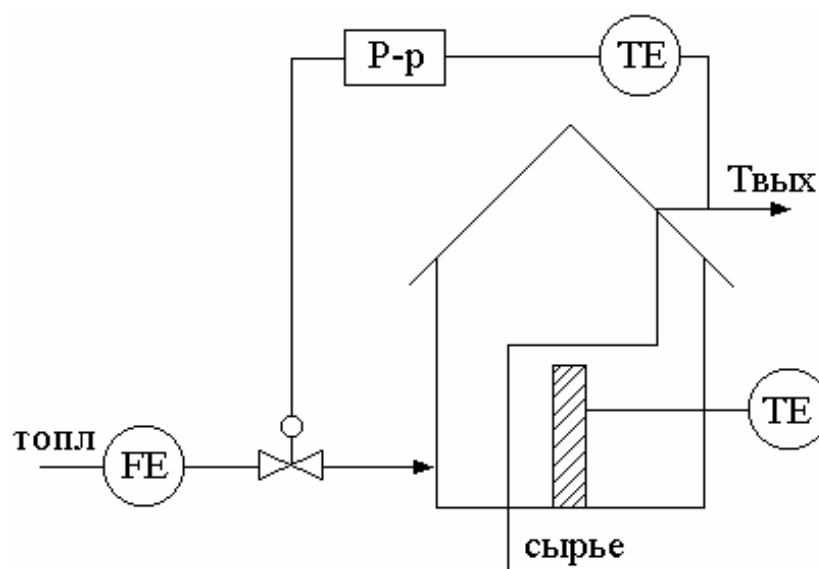


Рисунок 5.3. - Схема отопительной системы

Каскадные системы являются одним из наиболее распространенных классов АСР. Необходимость их применения обусловлена тем, что многие промышленные объекты характеризуются большим запаздыванием и значительными возмущениями. Вследствие ограниченных величин коэффициентов регуляторов и невысокого быстродействия одноконтурных АСР их применение для управления такими объектами не всегда обеспечивает требуемое качество управления.

По сравнению с одноконтурными каскадные АСР обеспечивают следующие преимущества:

1) существенное (в 1,5 – 20 раз) улучшение качества управления при отработке возмущений и не значительное (в 1,5 – 2 раза) – при учете отработки управляющих воздействий.

2) поддержание управляемого (основного параметра) на заданном значении с высокой степени точности при большом запаздывании объекта управления.

3) быструю компенсацию возмущений, воздействующих на стабилизирующий (внутренний) контур регулирования, вследствие чего эти возмущения не приводят к отклонению управляемого параметра от заданного значения.

4) существенное улучшение качества управления при возмущениях, приложенных к элементам объекта управления, не охваченным стабилизирующим контуром регулирования, достигаемая за счет более высокой собственной частоты каскадных АСР,

5) обеспечивает требуемую подачу вещества или энергии в объект управления .

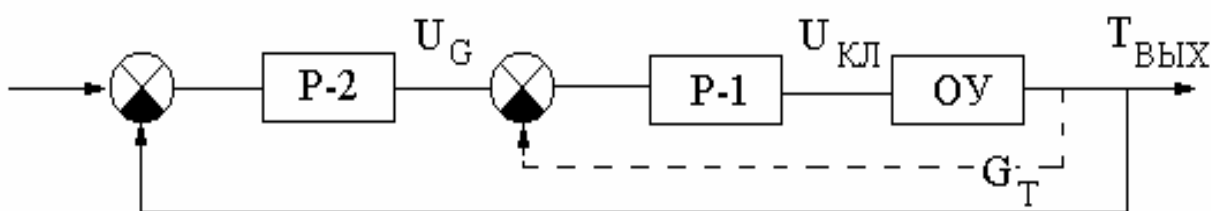


Рисунок 5.4.. - Структурная схема

Маленький контур – стабилизирующий контур: P-1 стабилизирующий регулятор. Большой – корректирующий контур: P-2 – корректирующий регулятор.

Т.о. возмущение по расходу топлива снимается. Можно сделать не по расходу топлива, а по температуре перевала (она изменяется много быстрее, чем $T_{\text{вых}}$), эффект достигается за счет большего быстродействия. Настройки считаются стандартно. Снимать кривую разгона, получить ПФ (Симою). Для внешнего контура: внутренний контур считается $W_{\text{экв}} = W_{\text{об2}}/W_{\text{об1}}$. $W_{\text{об2}}$ – медленный контур, $W_{\text{об1}}$ – быстрый контур.

Т.о. каскадные схемы позволяют улучшить динамические характеристики системы.

Ситуационная система управления используется в случаях, когда число управлений меньше, чем число управляемых координат. В основе разработки ситуац. системы управления лежит 2-этапная процедура: 1 этап – идентификация ситуации; 2 этап – формирование управления: шаг 1 – принятие решения на инициализацию того или иного управления; шаг 2 – формирование интенсивности управления. Идентификация ситуации может производиться на основе анализа логических выражений относительно всех управляемых величин. Составляются правила вида if-then.

Общее число правил:

$$C = 3^{N_1/2} \cdot 2^{N_2},$$

где N_1 - число логических попарно связанных переменных, N_2 – число независимых логических переменных.

Для записи правил инициализации необходимо обобщить правила относящиеся к одному типу управления, т.е. antecedенты объединить и упростить. Для формирования интенсивности управления существуют 2 подхода:

$$U_i = \frac{1}{T_u} \int_0^{\Delta t_k} (P_1 - P_2) dt + U_{i-1}$$

где i – такт работы контроллера, период опроса датчиков и формирования управления, Δt_k - период квантования, T_u – время интегрирования, $P_1=1$ при $\Delta U > 0$, $P_2=1$ $\Delta U < 0$.

Недостаток – не учитывается интенсивность изменения \Rightarrow при больших T_u переходные процессы будут очень длительные. При малых T_u возможна потеря устойчивости системы. При наличии альтернативных управлений может оказаться, что одновременно для сложных условий в зависимости от того, куда отнесли ситуации м/б, что $P_1=1$ и $P_2=1$.

2) на основе нечеткой логики: имея логические выражения для P_1 и P_2 можно рассчитать интенсивность следующим образом:

а) четкие логические переменные заменяются на функции принадлежности,

б) четкие логические операции заменяются на их нечеткие эквиваленты

в) подставив в P_1 и P_2 функции принадлежности логических переменных и применив нечеткие расширения, получим значения P в интервале $[0:1]$ которое можно трактовать как функцию правила инициализации 2-х терминов: «оставить без изменения» и «увеличить или уменьшить».

Вопросы для самоконтроля

- 1) Классификация технологических процессов?
- 2) Задачи управления?
- 3) Анализ сложных систем управления?
- 4) Модели ОР?
- 5) Каскадные САУ?

Список литературы

Основная

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.
2. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1. **Карташов, Б. И.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.

Лекция 6

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

6.1. Задачи автоматического регулятора

При проектировании как цифровой, так и аналоговой системы управления, ее основная задача заключается в обеспечении такого режима работы, при котором выходные параметры системы соответствуют входному сигналу задания. Традиционным методом обеспечения такого режима работы является использование обратной связи для образования сигнала ошибки между входным и выходным сигналами. Вычисленный сигнал ошибки обрабатывается регулятором, который на основе этого вырабатывает управляющий сигнал, поступающий на объект регулирования.

Регулятор должен вырабатывать управляющий сигнал таким образом, чтобы свести сигнал ошибки между входным и выходным сигналами ошибки к нулю. При этом переходный процесс изменения сигнала ошибки должен удовлетворять определенным критериям качества. Таким образом обобщенная структурная схема системы управления имеет вид, представленный на рис.6.1.

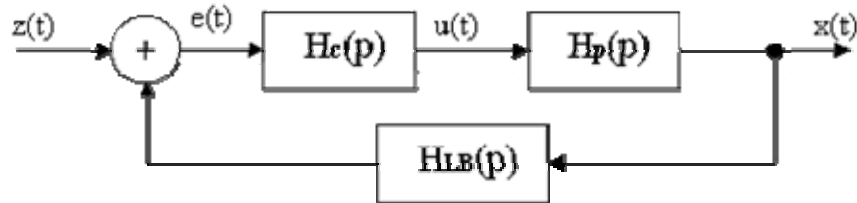


Рисунок 6.1. - Обобщенная структурная схема САУ

Здесь $H_p(p)$ – передаточная функция объекта регулирования, $H_c(p)$ – передаточная функция регулятора.

В цифровой системе управления вычисляемый сигнал ошибки является цифровым, а регулятор реализуется программно с помощью микропроцессора или аппаратно с помощью специального вычислительного устройства. Структурная схема цифровой системы управления представлена на рис.6.2.

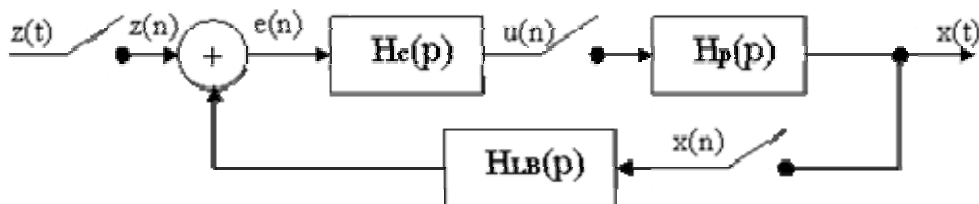


Рисунок 6.2. - Структурная схема цифровой САУ

Импульсные элементы с экстраполяторами нулевого порядка на входе и выходе системы соответствуют аналогоцифровому и цифро-аналоговому преобразователям. На основании рис.6.2 можно определить импульсную передаточную функцию цифрового регулятора как

$$H_c(z) = Z(H_m(p)H_c(p)) = (1-z^{-1})Z\left(\frac{H_c(p)}{p}\right)$$

Отсюда

$$Z\left(\frac{H_c(p)}{p}\right) = \frac{1}{1-z^{-1}} H_c(z)$$

В аналоговых системах регулирования регуляторы, как правило, имеют передаточные функции фильтров нижних или верхних частот. В цифровых системах управления регуляторы реализуются с помощью цифровых фильтров.

6.2. Регуляторы непрерывного действия

Одним из основных элементов, входящим в систему регулирования является автоматический регулятор – устройство, изменяющее или стабилизирующее выходную величину объекта регулирования по заданному алгоритму путем воздействия на его входную величину.

Классификация регуляторов может осуществляться по различным признакам. По способу действия они делятся на регуляторы *прямого* и *непрямого* действия.

На практике более широкое применение получили регуляторы непрямого действия. Данные регуляторы классифицируются по виду источника подводимой энергии для перемещения исполнительного механизма: *электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные*.

Кроме того, регуляторы классифицируются на *релейные, непрерывные и импульсные*. Релейные регуляторы называют еще позиционными.

Регуляторы подразделяются также на *экстремальные и стабилизирующие*. Экстремальные регуляторы могут использоваться на объектах, характеризующихся экстремальной статической характеристикой.

Наибольшее распространение получили стабилизирующие регуляторы (рис. 6.3).



Рисунок 6.3. - Структурная схема стабилизирующей САУ

На схеме обозначено: μ – воздействие регулятора на регулирующий орган (РО) с помощью исполнительного механизма (ИМ); Δ – сигнал рассогласования, выделенный на элементе сравнения (ЭС) и равный векторной разнице между текущим (y_m) и заданным (y_s) значениями регулируемой величины.

Уравнение аналогового ПИД-регулятора имеет вид:

$$u(t) = K(u(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t u(\tau) d\tau + T_D \frac{du(t)}{dt})$$

где K – коэффициент усиления, T_I – постоянная времени интегрирования, T_D – постоянная времени дифференцирования. Структурная схема аналогового ПИД-регулятора представлена на рис.6.3.

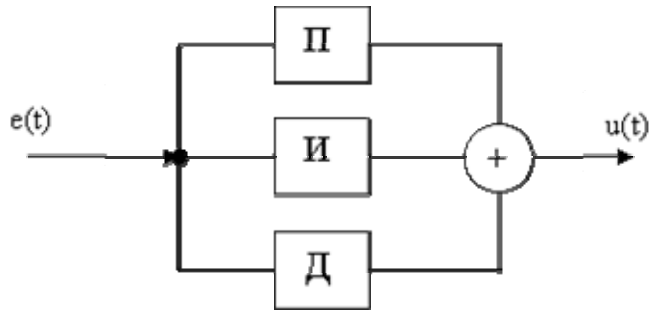


Рисунок 6.3. - Обобщенная структурная схема ПИД-регулятора

Для малых интервалов дискретизации T_0 это уравнение можно преобразовать в разностное с помощью замены производной первой разностью, а интеграла – суммой. Непрерывное интегрирование может быть заменено численным интегрированием по методу прямоугольников или трапеций.

При использовании метода прямоугольников получим:

$$u(n) = K(e(n) + \frac{T_0}{T_I} \sum_{i=0}^n e(i-1) + \frac{T_D}{T_0} (e(n) - e(n-1)))$$

Уравнение представляет нерекуррентный алгоритм цифрового ПИД-регулятора. В нем для формирования суммы необходимо помнить все предыдущие значения сигнала ошибки $e(t)$.

Поскольку каждый раз значение управляющего сигнала $u(n)$ вычисляется заново, такой алгоритм называется **позиционным**.

Запишем уравнение для предыдущего момента дискретизации:

$$u(n-1) = K(e(n-1) + \frac{T_0}{T_I} \sum_{i=0}^{n-1} e(i-1) + \frac{T_D}{T_0} (e(n-1) - e(n-2)))$$

Если теперь вычесть уравнения, то получим:

$$u(n) - u(n-1) = K(1 + \frac{T_D}{T_0})e(n) - K(1 + 2\frac{T_D}{T_0} - \frac{T_0}{T_I})e(n-1) + K\frac{T_D}{T_0}e(n-2)$$

Из уравнения текущее значение управляющего сигнала можно вычислить как:

$$u(n) = u(n-1) + q_0 e(n) + q_1 e(n-1) + q_2 e(n-2)$$

где

$$q_0 = K(1 + \frac{T_D}{T_0}),$$

$$q_1 = -K(1 + 2\frac{T_D}{T_0} - \frac{T_0}{T_I}),$$

$$q_2 = K\frac{T_D}{T_0}$$

В соответствии с уравнением для вычисления нового значения управляющего сигнала, необходимо помнить лишь прошлое значение управляющего сигнала и значения сигнала ошибки на текущем и двух предыдущих шагах дискретизации.

Каждый раз вычисляется только приращение управляющего сигнала по сравнению с предыдущим его значением. Такой алгоритм называется **скоростным**.

Уравнение скоростного алгоритма цифрового ПИД-регулятора представляет собой разностное уравнение цифрового фильтра со входным сигналом $e(n)$ и выходным сигналом $u(n)$.

Структурная схема цифрового ПИД-регулятора, реализованного по такому алгоритму представлена на рис.6.4.

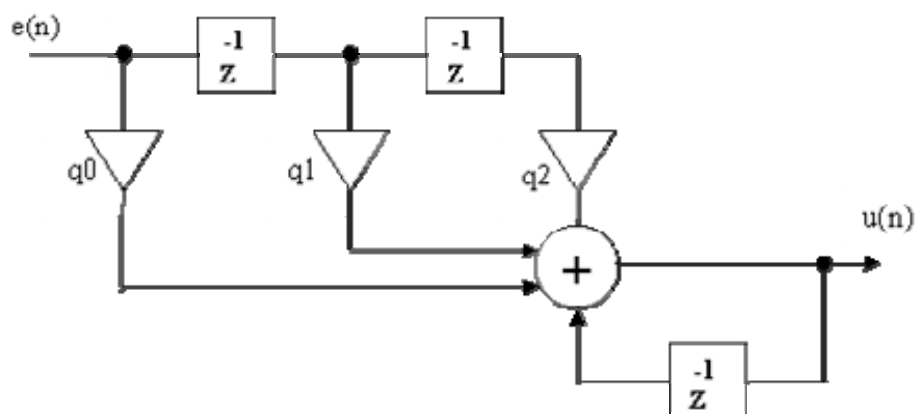


Рисунок 6.4. - Обобщенная структурная схема ПИД-регулятора

Если для аппроксимации интеграла использовать метод трапеций, то уравнение скоростного алгоритма цифрового ПИД-регулятора будет иметь вид, аналогичный, однако коэффициенты этого уравнения будут вычисляться по формулам:

$$q_0 = K \left(1 + \frac{T_0}{2T_I} + \frac{T_D}{T_0} \right),$$

$$q_1 = -K \left(1 + 2 \frac{T_D}{T_0} - \frac{T_0}{2T_I} \right),$$

$$q_2 = K \frac{T_D}{T_0}$$

Вопросы для самоконтроля

- 1) Задачи автоматического регулятора?
- 2) Структурная схема цифровой САУ?
- 3) Регуляторы непрерывного действия?
- 4) ПИД-Регуляторы?
- 5) Структурны схемы ПИД-регулятора?

Список литературы

Основная

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

Дополнительная

1. Карташов, Б. И. Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.

Лекция 7

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ САУ

7.1. Основные показатели качественного регулирования

Вид переходного процесса при регулировании определяет *качество регулирования*. Основными показателями качества регулирования являются следующие.

Максимальное динамическое отклонение, представляет собой максимальную амплитуду отклонения выходного параметра.

Остаточное отклонение, характеризует величину отклонения регулируемой величины от заданного значения по окончании переходного процесса. Оценивается степень неравномерности (δ).

Время регулирования. Это период времени t_p (рис. 7.1) от момента поступления на вход ступенчатого воздействия до момента, когда отклонение регулируемой величины от заданного значения становится меньше зоны нечувствительности регулятора.

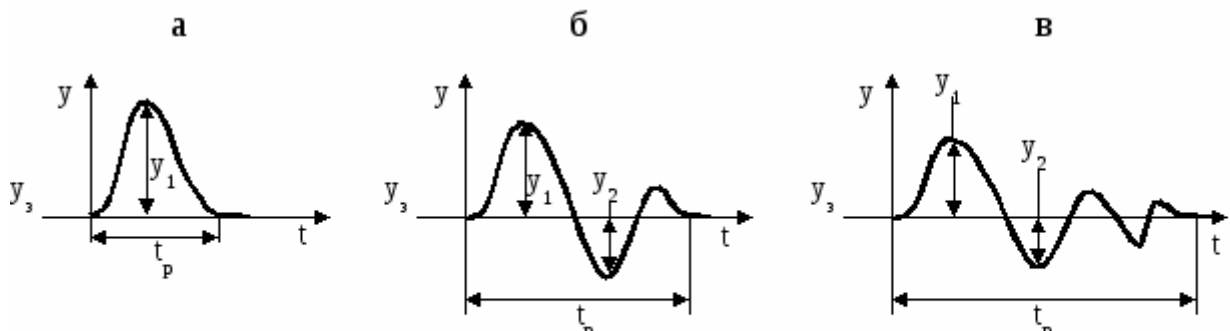


Рисунок 7.1.- Типовые переходные процессы

Квадратичный интегральный критерий качества. Характеризует суммарную площадь, ограниченную кривой переходного процесса.

Типовые переходные процессы. Для выбора конкретного вида переходного процесса (в зависимости от технологических требований) предложено три их типа: апериодический с минимальным временем регулирования (рис. 7.1 а), процесс с 20 % перерегулированием (рис. 7.1 б) и процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения (рис. 7.1 в).

7.2. Выбор регулятора

Под выбором регулятора следует понимать выбор закона регулирования.

- 1) Для выбора закона регулирования необходимо знать: Приведенные параметры объекта регулирования $K_{об}$, $T_{об}$ и $\tau_{об}$, определяемые по кривой разгона.
- 2) Максимально-допустимое значение динамического отклонения регулируемой величины ($y_{вых1}$).
- 3) Принятый типовый переходный процесс.
- 4) Максимально-возможное значение возмущения на объект, выраженное в % хода регулирующего органа ($\Delta x_{вх}$).

- 5) Допустимое остаточное отклонение.
- 6) Допустимое время регулирования t_p .

7.3. Устойчивость систем регулирования

Устойчивость замкнутой АСР – важнейшее требование к системам. Под устойчивостью АСР следует понимать, что при любом реальном возмущении на систему, регулируемая величина при переходном процессе не будет бесконечно отклоняться от заданного значения.

Существует несколько критериев устойчивости САР. Наиболее распространен критерий Найквиста, который позволяет осуществить оценку устойчивости замкнутых систем управления по амплитудно-фазовой частотной характеристике (АФЧХ) разомкнутой системы.

Критерий Найквиста имеет две формулировки. Наиболее проста в применении следующая: *если система автоматического управления устойчива в разомкнутом состоянии, то для ее устойчивости в замкнутом состоянии необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системы $W(j\omega)$ при изменении ω от нуля до бесконечности не охватывала точку с координатами $(-1; j0)$ комплексной плоскости.*

Таблица 7.1.

Формулы для расчета настроек непрерывных регуляторов при работе со статическими объектами

Регулятор	Типовой процесс апериодический	20% перерегулирование	минимальная квадратичная площадь
И	$K_p = \frac{1}{4,5K_{об}T_{об}}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}T_{об}}$	$K_p = \frac{1}{1,7K_{об}\tau_{об}}$
П	$K_p = \frac{0,3}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$	$K_p = \frac{0,9}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$
ПИ	$K_p = \frac{0,6}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = 0,6T_{об}$	$K_p = \frac{0,7}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = 0,7T_{об}$	$K_p = \frac{1,0}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = T_{об}$
ПИД	$K_p = \frac{0,95}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = 2,4\tau_{об}$ $T_n = 0,4\tau_{об}$	$K_p = \frac{1,2}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = 2,0\tau_{об}$ $T_n = 0,4\tau_{об}$	$K_p = \frac{1,4}{K_{об} \cdot \tau_{об} / T_{об}}$ $T_u = 1,3\tau_{об}$ $T_n = 0,5\tau_{об}$

Формулы для расчета настроек непрерывных регуляторов
при работе с астатическими объектами

Регулятор	Типовой процесс		
	апериодический	20% перерегулирование	минимальная квадратичная площадь
П	$K_p = \frac{0,4}{\tau_{об}/T_{об}}$	$K_p = \frac{0,7}{\tau_{об}/T_{об}}$	Не применяют
ПИ	$K_p = \frac{0,4}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 6\tau_{об}$	$K_p = \frac{0,7}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 3\tau_{об}$	$K_p = \frac{1,0}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 4\tau_{об}$
ПИД	$K_p = \frac{0,6}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 5\tau_{об}$ $T_n = 0,2\tau_{об}$	$K_p = \frac{1,1}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 2,0\tau_{об}$ $T_n = 0,4\tau_{об}$	$K_p = \frac{1,4}{\tau_{об}/T_{об}}$ $T_u = 1,6\tau_{об}$ $T_n = 0,5\tau_{об}$

При использовании данного критерия необходимо построить годограф Найквиста (амплитудно-фазовая частотная характеристика) разомкнутой системы и убедиться, что годограф не охватывает точку с координатами $(-1; j0)$.

7.4. Исследование объектов управления

Самовыравнивание - способность ОУ за счет внутренних свойств восстанавливать равновесие без вмешательства УУ. Статическое состояние ОУ нарушается за счет изменения потоков материала, сырья, энергии.

За счет отрицательной обратной связи (ООС) ОУ приходит к новому установившемуся состоянию выходной величины, за счет обратной реакции выхода на вход.

Самовыравнивание - положительное свойство, так как помогает УУ восстанавливать заданный закон движения. ОУ с самовыравниванием - статические; без самовыравнивания - астатические.

В них выходная величина после нарушения равновесия изменяется непрерывно, скорость изменения выходной величины прямо пропорциональна величине отклонения в характеристиках потоков, участвующих в ТП.

Эти ОУ - одноёмкостные по структуре. Инерционность ОУ определяется их ёмкостью может быть уменьшена конструктивными методами. На практике есть ОУ с несколькими ёмкостями, соединенных последовательно.

При изменении входа выход отдельных ёмкостей будет отставать друг от друга. Здесь два вида запаздывания: T_T -транспортное и T_P -переходное.

Транспортное определяет участок от момента подачи входного воздействия до момента отрыва характеристики от установившегося значения(отклонение 1% от перепада).

Переходное - участок, отсекаемой касательной от линии равновесия от момента отрыва до точки пересечения касательной с линией.

Транспортное зависит от ёмкости ОУ, места установки РО, нагрузки на ОУ.

В виду недостаточной проработанности алгоритмов функционирования ОУ и из-за необходимости принимать упрощающие допущения, сложности и экономической целесообразности аналитические методы могут быть недостаточно достоверными, поэтому широко распространились *экспериментальны* методы(ЭМ).

Особенно важно при получении при получении экспериментальной модели исследование возмущений, так как они могут быть определены только этим методом. Модели, полученные экспериментально, не столь универсальны, как при использовании АМ, но просты по математической структуре и позволяют применять однотипный аппарат.

Два метода получения ММ по ЭМ:

1. *Активного* эксперимента.
2. *Пассивного* эксперимента.

Второй основан на регистрировании параметров ТП в режиме нормальной работы ОУ, без внесения искусственных возмущений. В первом же методе искусственные возмущения вводятся по заранее разработанной программе. Введение искусственных возмущений позволяет целенаправленно и достаточно быстро определять необходимые характеристики ТП. Для исключения влияния естественного информационного шума искусственные возмущения должны иметь значительную величину.

При этом возможно получение режимов аварийных. Объем экспериментальных исследований зависит от целей, то есть от сложности модели.

Основные этапы экспериментального исследования ОУ:

- 1.Определение количества параметров, числа измерений , кратности повторения.
- 2.Выбор типа математической модели (уравнение регрессии).
- 3.Выполнение эксперимента и обработка экспериментальных данных.
- 4.Определение количественных характеристик, коэффициентов данного типа ММ.
5. Проверка значимости полученных коэффициентов по влиянию на них разброса данных.
6. Проверка адекватности моделей.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Задачи автоматического регулятора?
- 2) Структурная схема цифровой САУ?
- 3) Регуляторы непрерывного действия?
- 4) ПИД-Регуляторы?
- 5) Структурны схемы ПИД-регулятора?

Список литературы

Основная

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2. Яковлев, Б. Б. Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1. Карташов, Б. И. Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.

Лекция 8

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

8.1. Общие положения разработки схем АТП

Автоматизацию технологического процесса следует внедрять поэтапно, начиная с разработки *схем автоматизации процессов*.

Автоматический контроль и управление технологическими процессами должны улучшать их технико-экономические показатели. Эффективность автоматизации в каждом отдельном случае определяется конкретно расчетами с учетом индивидуальных особенностей автоматизируемого процесса, но существует ряд общих требований, которым должна удовлетворять любая система автоматизации и которые следует учитывать при разработке схем автоматизации.

К этим *требованиям* следует отнести:

- максимальная простота, т.е. минимальное в пределах технической и экономической целесообразности количество функций, выполняемых системой, и минимальное количество машин, приборов, устройств и соединительных проводов, входящих в систему;
- гибкость, т.е. простой и быстрый переход от автоматического управления к ручному и наоборот, возможность управления из нескольких мест;
- четкость действия, как при нормальных, так и аварийных режимах, любое повреждение в системе не должно сопровождаться дальнейшим развитием аварии;
- использование типовых средств сбора, передачи и переработки информации, типовых регуляторов, выпускаемых в достаточно широком ассортименте приборостроительной промышленностью.

Кроме того, исходя из требований работоспособности и качества регулирования, автоматические системы регулирования, входящие в схемы автоматизации, должны:

- обладать устойчивостью, т.е. способностью возвращаться в положение равновесия после прекращения действия причин, выведших систему из этого состояния;
- иметь ошибки воспроизведения управляющих воздействий или отклонение регулируемых величин из-за действия возмущений не больше допустимых значений;
- не иметь большую ошибку по регулируемой величине, когда это связано требованиями технологического процесса;
- иметь оптимальный переходный процесс в течение времени регулирования;
- обладать наибольшим отклонением регулируемой величины от заданной в ходе процесса не более некоторой допустимой, зависящей от технологических особенностей процесса.

Если переходный процесс в системе имеет колебательный характер, то могут предъявляться требования по ограничению амплитуды или частоты колебаний.

Схемы автоматизации технологических процессов являются основными техническими документами, определяющими структуру и объем автоматизации промышленных объектов и являющимися исходными данными для проектирования систем управления.

Часто возникает необходимость на схемах автоматизации вводить условные графические обозначения электроаппаратуры (сигнальные лампы, звонки, сирены, гудки, электродвигатели и т.д.), которые должны соответствовать стандартам ЕСКД.

Для полного обозначения прибора или средства автоматизации на схемах в его условное графическое обозначение в виде круга или овала вписывают условное буквенное обозначение, определяющее назначение, выполняемые функции и особенности работы средств автоматизации.

При развернутом методе построения условных изображений каждый прибор, блок, входящий, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, изображают отдельным условным обозначением. Фрагмента схемы автоматизации при различных методах построения показан на рис. 8.1.

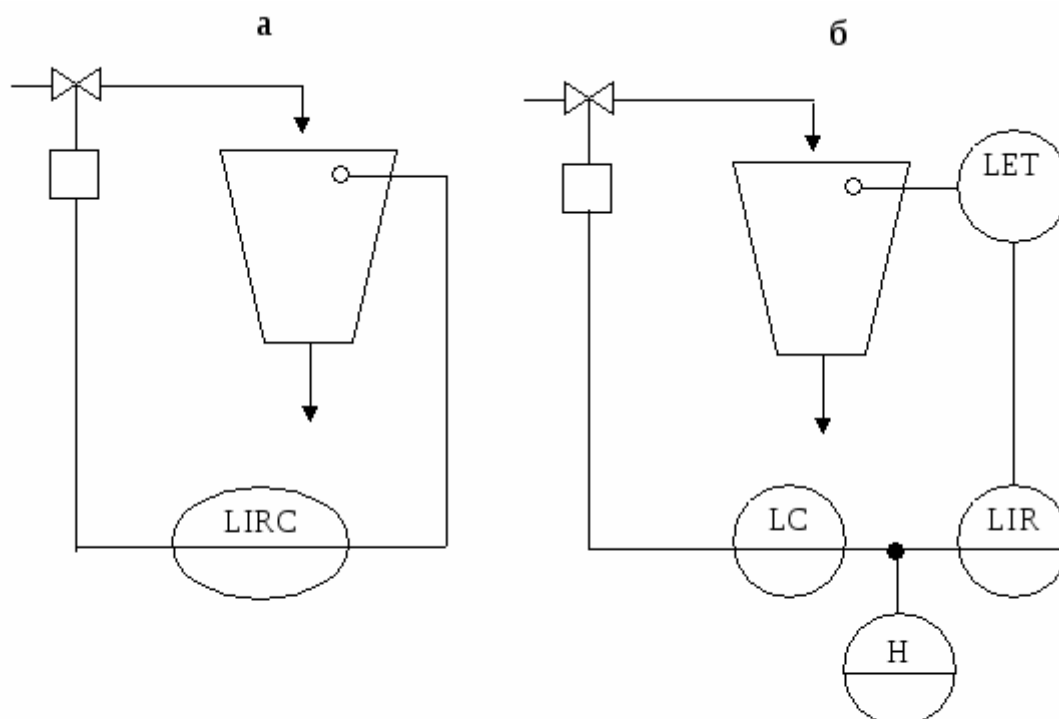


Рисунок 8.1.- Пример построения упрощенной (а) и развернутой б) схем автоматизации уровня среды в объекте

На схеме "а" все элементы системы контроля и регулирования уровня условно собраны в единый элемент (LIRC), на схеме "б" показаны чувствительный элемент первичного датчика уровня с преобразователем и дистанционной передачей показаний (LET), регистрирующий вторичный прибор (LIR), регулятор уровня (LC) и задатчик (H). Здесь первичный датчик уровня (LET) располагается по месту (на объекте), а нижние приборы – на пульте (на приборах показан горизонтальный диаметр).

Подвод линии связи к прибору осуществляют в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). Если необходимо указать направление передачи сигнала, то на линии связи наносят стрелки.

Таким образом, условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах автоматизации, включают графические, буквенные и цифровые обозначения. При этом в верхнюю часть графического изображения (круг, овал) вписывают буквенное обозначение измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его значение, а в нижнюю часть вписывают позиционное обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

В условном буквенном обозначении принят следующий порядок расположения букв: основное обозначение измеряемой величины; обозначение функциональных признаков прибора.

В системах автоматического контроля, регулирования и управления широко используют устройства ручного управления: ключи управления для выбора рода работы системы (автоматическое, ручное, выключено), кнопки ("Больше", "Меньше"), переключатели, задатчики и т.п. Буквенные обозначения таких устройств, выполненных в виде блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого компонента они входят, должны начинаться с буквы Н.

8.2. Особенности выполнения и чтения схем автоматизации

В верхней части поля чертежа изображают технологическое оборудование и коммуникации в упрощенном виде, без указания технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения. На технологических трубопроводах показывают ту регулирующую и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в контроле и управлении процессом.

Технологические аппараты и трубопроводы на схеме автоматизации изображают в соответствии с требованиями стандартов. Если автоматизируемый узел содержит несколько однотипных машин, то на схеме показывается одна машина. Приборы, средства автоматизации на схемах автоматизации технологических процессов показывают по ГОСТ 21.404-85.

Щиты и пульты систем контроля и регулирования технологических процессов изображают на схемах в нижней части поля чертежа в виде прямоугольников, размеры которых определяются местом, необходимым для изображения в них условных графических обозначений приборов и средств автоматизации, устанавливаемых на них.

Управляющие машины и машины централизованного контроля (при их наличии) изображают также в виде прямоугольников и располагают на поле чертежа ниже изображения щитов.

Рекомендуется следующая последовательность разработки схемы автоматизации:

- 1) Тщательно изучается технологическая схема автоматизируемого узла.
- 2) Определяются основные объекты контроля и регулирования.

3) В каждом объекте выделяются технологические факторы, которые необходимо только контролировать.

4) Выбрать способы контроля технологических факторов (непрерывный, дискретный, с сигнализацией верхнего или нижнего значения, способ сигнализации пр.).

5) Определяются факторы, которые необходимо регулировать (стабилизировать).

6) Для каждого регулируемого фактора выбрать входной канал управления, т.е. определить, варьирование какого параметра наиболее эффективно приведет к изменению регулируемого фактора.

Особенности составления схем функциональных технологического контроля и регулирования. При составлении принципиальных схем технологического контроля и регулирования прежде всего необходимо составить технологическую схему, обозначив на ней технологическое оборудование и коммуникации. Контуры технологического оборудования на схемах автоматизации выполняются обычно линиями толщиной 0,6-1,5 мм, трубопроводные коммуникации – 0,6 – 1,5 мм.

Затем ниже технологической схемы обозначаются щиты и пульты в виде прямоугольников, на которых будет расположена контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура. Приборы и средства автоматизации выполняются линиями толщиной 0,5 – 0,6 мм, линия связи – 0,2 – 0,3 мм, прямоугольники, изображающие щиты и пульты – 0,6 – 1,5 мм. Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и трубопроводами, условно показывают в прямоугольнике «Приборы местные». Наименование щитов может быть различным. Например, щит оператора, щит диспетчера, щит сигнализации и так далее. Наименование щита указывается в левой части прямоугольника, обозначающего щит.

На технологическом оборудовании и коммуникациях располагают первичные приборы, датчики, регулирующие органы, исполнительные механизмы. На щитах (кроме обозначенного «приборы местные») размещают вторичные приборы, различные преобразователи, регуляторы, переключатели, кнопки управления и так далее.

При построении сложных функциональных схем автоматизации во избежание большого числа изломов и пересечений линии связи между приборами обрывают и нумеруют. Номера линий располагают в горизонтальных рядах. Номера линий связи нижнего ряда располагают в возрастающем порядке, а верхнего ряда – в любом.

Обозначения приборов необходимо выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 21.404 . В верхней части графического обозначения прибора символами в виде латинских букв обозначают измеряемую величину и функции прибора. Перечень символов приведен в приложении Г.

Позиционные обозначения присваиваются всем элементам функциональных групп, за исключением:

- отборных устройств;

- приборов и средств автоматизации, поставляемых в комплекте с технологическим оборудованием;

- регулирующих органов и исполнительных механизмов, входящих в данную автоматическую систему управления, но заказываемых и устанавливаемых в технологических частях проекта.

Внутри графического обозначения средства автоматизации для регуляторов, вторичных приборов проводится горизонтальная черта, для датчиков и первичных приборов такая черта не проводится.

Позиция прибора указывается в нижней части графического обозначения прибора в цифровом виде по форме 1-4 (рисунок 1, б). Цифра 1 обозначает номер функциональной группы приборов, выполняющих одну целевую функцию. Цифра 4 обозначает порядковый номер прибора в обозначенной группе. Позиция исполнительного механизма указывают рядом с графическим обозначением прибора, если исполнительный механизм не поставляется вместе с технологическим оборудованием.

При определении границ каждой функциональной группы необходимо учитывать следующее обстоятельство: если какой-либо прибор или регулятор связан с несколькими датчиками или получает дополнительные воздействия по другим параметрам (например, корректирующий сигнал), то все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, относятся к той функциональной группе, на которую оказывается воздействие.

Пример обозначений прибора показан на рисунке 8.2.



Рисунок 8.2. – Обозначения приборов на схемах: а) – датчики и первичные приборы; б) – вторичные приборы и регуляторы.

Обозначение технологического оборудования и коммуникаций производится при помощи цифр, символов или надписей.

Особенности составления схем принципиальных электрических автоматического управления. В качестве электроприводов механизмов автоматизируемого технологического оборудования (насосов, вентиляторов, задвижек, клапанов и т. д.) в основном используют реверсивные и нереверсивные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Построение схем управления осуществляется в основном на базе релейно-контактных аппаратов. Схема организации управления электроприводами может предусматривать местное, дистанционное и автоматическое управление. Эти виды управления применяются в различных сочетаниях. В некоторых случаях применяется телемеханизованное управление.

Местное управление осуществляется оператором с помощью органов управления (кнопочные посты, выключатели), расположенных в непосредственной близости от механизма.

При *дистанционном управлении* пуск и останов электропривода механизма выполняется с поста управления. Объект управления находится вне поля зрения оператора.

Состояние объекта контролируется по сигналам «Включено»-«Отключено», «Открыто»-«Закрыто».

Автоматическое управление обеспечивается с помощью средств автоматизации технологических параметров (регуляторов или сигнализаторов температуры, давления, расхода, уровня и т. п.), а также различных программных устройств.

Вид управления электроприводом (местное, автоматическое, дистанционное) выбирается с помощью переключателей цепей, установленных на щитах и пультах управления.

Схемам управления реверсивным и нереверсивным приводом, несмотря на различия, присущ ряд общих условий работы:

1) обмотка магнитного пускателя после снятия управляющего сигнала продолжает получать питание через собственный замыкающий контакт (самоблокировка);

2) схемы управления имеют нулевую защиту;

3) контакты конечных выключателей служат для запрещения ошибочной подачи команды на закрытие (открытие) полностью закрытого (открытого) запорного устройства;

4) для исключения одновременного включения двух магнитных пускателей реверсивного привода используется электрическая взаимная блокировка размыкающими контактами этих пускателей;

5) реверс во время хода запорного устройства возможен только после операции «Стоп»;

6) в схемах управления из двух мест предусматривается блокировка, исключающая возможность одновременного управления электроприводом из этих мест;

7) схемы автоматического управления работают от сигналов, осуществляемых контактами датчиков.

При составлении схем управления необходимо четко различать силовые цепи питания электроприводов и цепи управления.

Все элементы электротехнических устройств выполняются в соответствии с требованиями государственных стандартов Единой системы конструкторской документации.

Особенности составления спецификации средств автоматизации. Спецификация составляется для средств автоматизации. Выбор элементов производится при помощи справочников серийно выпускаемых средств автоматизации с учетом особенностей автоматизируемого технологического процесса.

Если в рассматриваемой схеме несколько элементов одной модификации и типа, то описывается прибор один раз с указанием всех позиций остальных аналогичных приборов. В примечании спецификации указываются специфические особенности эксплуатации и исполнения рассматриваемого устройства.

Таблица 8.1.

Буквенные обозначения элементов

<i>Первая буква кода (обяз-ая)</i>	<i>Группа видов элементов</i>	<i>Примеры видов элементов</i>	<i>Двухбуквенный код</i>
1	2	3	4
A	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры	-
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания)	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин-приемник Телефон Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Датчик скорости	BA BB BD BE BF BC BK BL BM BP BQ BR BV
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройство задержки	DA DD DS DT
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FA FP
G	Генераторы, источники питания	Батареи	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL

К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	КА КН КК КМ КТ КV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
E	Элементы разные (осветительные устройства, элементы) нагревательные	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
P	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Таймер, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	PA PC PF PI PK PR PS PT PV PW
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF SL SP SQ SR SK
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: уровня; давления; положения (путевой);	SA SB SF SL SP SQ

		частоты вращения; температуры	SR SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	TA TS TV

Продолжение таблицы 8.1.

1	2	3	4
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (питание электрооборудования)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо	XA XP XS
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом	YA YB YC
Z	Устройства оконечные, фильтры	Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

Вопросы для самоконтроля

- 1) Требования, учитываемые при разработке схем автоматизации?
- 2) Последовательность разработки схем автоматизации?
- 3) Особенности составления функциональных схем?
- 4) Особенности составления принципиальных электрических схем?
- 5) Условные обозначения схем автоматизации?

Список литературы

Основная

1. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.

Дополнительная

1. **Слайковская, В. А.** Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения.[Текст]: В. А. Слайковская.- учебное пособие для вузов.- - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2007.-18с.:ил.-100экз.

Лекция 9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

9.1. Зерносушилка А1-ДПС-50

Зерносушилка А1-ДСП-50 предназначена для сушки различных зерновых, зернобобовых культур и маслосемян, обеспечивая высокий съём влаги, очистку отработавшего теплоносителя (агента сушки) и воздуха от легких примесей и пыли. Сушильная и охладительные шахты работают на нагнетание.

Зерносушилка А1-ДСП-50 открытого типа (ОТ) выпускается взамен зерносушилок ДСП-32 (ОТ). Зерносушилка работает на газообразном топливе, но может работать на смеси топочных газов с воздухом

Зерносушилка А1-ДСП-50 состоит из *двух вертикальных шахт* и составляет единую конструкцию из металлических секций, *тепловлагообменника* с регулируемым охлаждением, *охладителя, выпускных механизмов, надсушильных бункеров, вентиляторов, норий, топки и шкафа управления.*

Технологическая схема зерносушилки А1-ДСП-50 представлена на рисунке 9.1. Сырое зерно подают из оперативного бункера и смешивают его с сухим нагретым зерном, которое поступает из второй сушильной шахты. Смесь направляют в надсушильный бункер (он же служит тепловлагообменником) и далее в первую сушильную шахту и тепловлагообменник с регулируемым охлаждением

Затем зерно поступает на вторую рециркуляционную норию, которая подает его в надсушильный бункер второй сушильной шахты. Из надсушильного бункера зерно направляют во вторую сушильную шахту и в охладитель шахтного типа. Выпуск просушенного и охлажденного зерна производят выпускными механизмами периодического действия

Агент сушки и воздух отработанного теплоносителя из топки засасывается вентиляторами Ц-70-10, смешивается и подается через диффузор в напорно-распределительную камеру в подводящие короба сушильных шахт, проходит через слой зерна и выходит из отводящих коробов в осадочную камеру и затем в атмосферу. Просушенное и охлажденное зерно из второй сушильной шахты подается на норию сухого зерна и далее в накопительный бункер или зернохранилище

Контроль состояния зерна по влажности осуществляется поточным влагомером, датчики которого устанавливаются в шахте окончательной сушки. Влагомер может быть автоматическим (для управления работой выпускным механизмом) или для визуального наблюдения. Поставка влагомеров производится отдельно

Контроль температуры теплоносителя (агента сушки), нагрева зерна и температуры охлажденного зерна осуществляется первичными датчиками, установленными в диффузорах и шахтах, где зерно нагревается максимально и затем охлаждается

атмосферным воздухом. Вторичный датчик манометрический или электронный, устанавливается в шкафу. Для контроля температуры в необходимой точке используется переключатель

Система управления и контроля автоматизации зерносушилки обеспечивают стабильный и экономичный режим сушки зерна при минимальных затратах ручного труда

Конструкция зерносушилки соответствует требованиям безопасности, установленным в действующих стандартах. Вращающиеся и движущиеся части закрыты ограждениями. Горячие поверхности имеют теплоизоляцию. Электробезопасность обеспечивается прокладкой электропроводов в металлических трубах и гибких проводах. Зерносушилка имеет автоматическое устройство контроля наличия факела, а также звуковую и световую сигнализацию.

Для эксплуатации зерносушилки допускается специально обученный персонал под наблюдением опытного специалиста. Весь процесс сушки зерна фиксируется в вахтенном журнале.

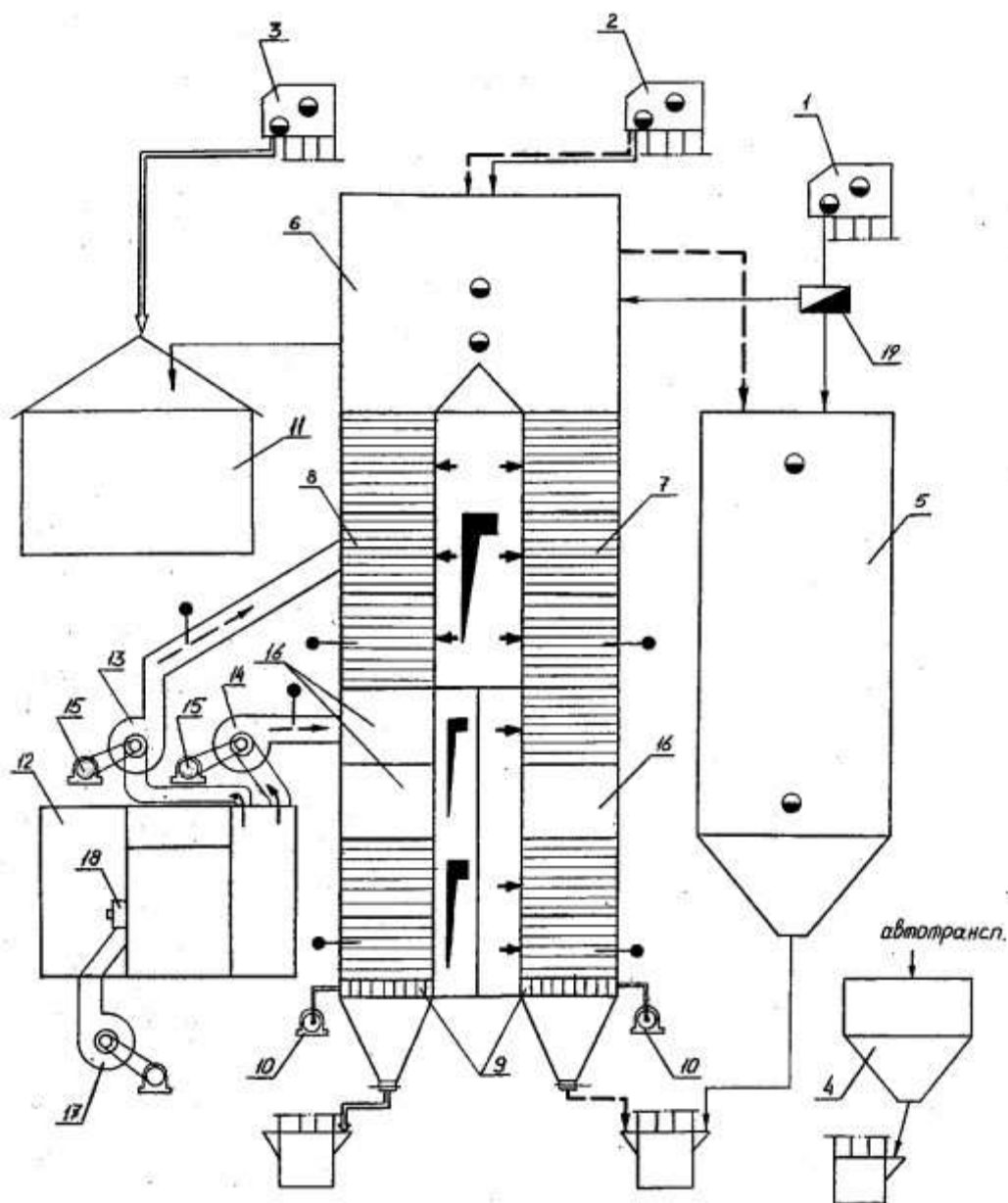


Рисунок 9.1. - Технологическая схема зерносушилки: 1 - нория сырого зерна II – 100; 2 - нория рециркуляционная II – 100; 3 - нория сухого зерна II – 100; 4 - приёмный бункер сырого зерна; 5 - накопительный бункер сырого зерна; 6 - надсушильный бункер; 6 - шахта рециркуляционная; 7 - шахта окончательной сушки; 8 - выпускные механизмы; 9 - электропривода выпускных механизмов; 10 - бункер или склад сухого зерна; 11 - топка на газообразном топливе;

12 - вентилятор 1-й зоны Ц4-70 №10; 13 - вентилятор 2-й зоны Ц4-70 №10; 14 - электропривода вентиляторов; 15 - зона отлежки зерна; 16 - вентилятор подачи воздуха на форсунку; 17 - форсунка Ф-1; 18 - клапан перекидной с ручным управлением ПК-15.

9.2. Учет работы зерносушилки А1-ДСП-50

Для учета количества просушенного зерна его взвешивают до и после сушки, однако, учет ведут по массе зерна, направляемого на сушку. Работу зерносушилки регистрируют в специальном журнале

Журнал ведет зерносушильщик, в него переносятся данные (показания) приборов и данные анализов лаборатории. При двукратном пропуске зерна (и более) через зерносушилку одной партии, каждый пропуск учитывается отдельно. Производительность зерносушилки, в физическом исчислении, выражается в тонно-часах, масса просушенного зерна в тоннах, а в условном исчислении – соответственно в плановых тоннах. Отчетность ведут как в физическом, так и в плановом исчислении

Расход натурального топлива (используется природный газ 8100 Ккал/м^3 , плотностью $0,73 \text{ кг/см}^3$) при сушке зерна учитывают по показанию счетчика или по замеру израсходованного топлива. Расход натурального топлива, для сопоставления, приводят к условному значению, калорийность которого принимается 29330 кДж/кг топлива.

Расход электроэнергии учитывают по показанию электросчетчика или замером электроклещами и учета фактического времени работы зерносушилки.

Высшие пределы температуры агента сушки и нагрева зерна продовольственного и кормового в шахтных рециркуляционных зерносушилках.

Таблица 9.1.

Рабочие параметры зерносушилки

Культура	Начальная влажность, %	Температура, град цельсия	
		нагрев зерна	агента сушки
1	2	3	4
Пшеница с нормальной клейковиной	до 17,0	60	180
	св. 17,0	55	170
Пшеница твердых, сильных и ценных сортов	до 20,0	60	160
	св. 20,0	55	150
Гречиха	не зависит от начальной влажности	45	120
Высокомасличные сорта подсолнечника	до 15,0	60	160
	св. 15,0	55	150
	св. 20,0	55	130

9.3. Автоматизация и контроль работы зерносушилки

В данной зерносушилке предусматривается система автоматизации управления и контроля (САУ). Она предусматривает несколько направлений:

а) Безопасность сжигания топлива, куда включено:

- предупредительная звуковая сигнализация

- электрический розжиг через электроды. На электроды подается ток высокой частоты от высокочастотного трансформатора. Ток подается в течение 15 ... 30 с. После розжига, трансформатор автоматически выключается.

б) Контроль наличия факела с помощью прибора ФРСУ. В случае погасания факела или отрыва пламени, прибор фиксирует и подает команду на электромагнитный клапан на перекрытие топливопровода.

в) Понижение давления воздуха или его отсутствие на форсунке Ф-1 автоматически прекращается подача воздуха.

г) Превышение температуры теплоносителя свыше 15 град С от заданной контролируется прибором. В этом случае автоматически прекращается подача топлива.

д) Превышение температуры зерна свыше 10 град С от заданной контролируется прибором. В этом случае автоматически прекращается подача топлива.

В любом из вышеназванных случаев при прекращении подачи топлива подается звуковой сигнал звонком громкого боя.

В предпочном помещении топки установлен пульт дистанционного управления ПДУ и контроля. На пульте имеется мнемосхема зерносушилки и транспортного оборудования, оснащенные светодиодами зеленого и красного цвета. Светодиоды указывают все параметры работы сушилки: работу вентиляционного оборудования, транспортного оборудования, положение зерна по уровням в зерносушилке и бункерах сырого и сухого зерна.

При нормальной работе оборудования горят зеленые светодиоды, а в случае остановки загорается красный светодиод.

На лицевой стороне ПДУ установлены приборы контроля температуры.

- температура теплоносителя в 1-ой зоне;
- температура теплоносителя во 2-ой зоне температура нагрева зерна;
- температура охлажденного зерна.

Вентиляторы зерносушилки А1-ДСП-50. Центробежные вентиляторы делят на три группы, различающиеся величиной полного давления, развиваемого ими при максимальном КПД:

- низкого давления при $H < 1000$ Па;
- среднего давления при $H = 1000-3000$ Па;
- высокого давления при $H = 3000-12000$ Па.

В зерносушилках для подачи агента сушки и воздуха используются центробежные вентиляторы низкого и среднего давления.

В производственных условиях мощность эл. двигателя принимают с запасом, для чего к полученной по формуле мощности прибавляют 10%.

Например: на зерносушилке (ООО «Соринск» х. Черномуровский) установлены вентиляторы для подачи теплоносителя Ц 4-70 № 10 с числом оборотов рабочего колеса 1180 об/мин. В зоне охлаждения установлен вентилятор Ц 4-70 №12.

Вентиляторы выпускаются и применяются двух видов:

- левого вращения; правого вращения

Вентилятор левого вращения считается по ходу движения воздуха. Если смотреть со стороны входного патрубка, то рабочее колесо вращается против часовой стрелки, воздух движется влево. Вентилятор правого вращения, когда рабочее колесо вращается по часовой стрелке, а воздух вправо.

9.4. Охрана труда, техника безопасности и противопожарные мероприятия

При эксплуатации зерносушилki обслуживающий персонал должен знать и выполнять правила техники безопасности. К работе допускаются лица, успешно сдавшие экзамен по правилам техники безопасности и противопожарной безопасности. Кроме того, на каждом рабочем месте должен быть проведен инструктаж по правилам безопасности обслуживания машин и механизмов и противопожарной безопасности

Охрана труда и техника безопасности. В обязанности зерносушильщика входит надзор за исправным состоянием и работой оборудования, относящегося к зерносушилке. Зерносушильщик контролирует работу оператора топki, дает ему указания о времени пуска ее в работу, о температуре агента сушки и остановке топki и сушилki. Обслуживать зерносушилку разрешается только в спецодежде и головном уборе. При этом одежда должна быть застегнута. Запрещается носить поверх одежды поясной ремень.

На рабочих местах и этажах сушилki устанавливаются звонки громкого боя, которые включаются с пульта управления. Система управления механизмами должна быть смонтирована так, чтобы без подачи предупредительного сигнала (30 с) механизмы и топка не включится. Обслуживание электросетей, эл. оборудования осуществляется электриком имеющим доступ.

Площадки обслуживания ограждаются прочными перилами высотой не менее 1м со сплошной обшивкой внизу высотой 0,2 м. Лестницы должны быть прочными. Расстояние по высоте между ступенями при угле наклона к горизонту 45 град – 200 мм, а при угле 60 град – 250мм. Вдоль лестницы делаются поручни. Ограждения приводных ремней делают легкими, прочными и устанавливают так, чтобы удобно и безопасно производить уборку около оборудования.

Причинами несчастных случаев при обслуживании конвейеров, вентиляторов являются допуск к обслуживанию механизмов рабочих без инструктажа и практического обучения безопасным методам труда непосредственно на рабочем месте. Принимая смену, зерносушильщик должен убедиться в исправности оборудования, механизмов, приборов, наличии и исправности ограждений вращающихся частей.

При обслуживании вентиляционного оборудования должны выполняться следующие требования:

- рабочее колесо и шкив должны быть хорошо отбалансированы, что обеспечивает работу вентилятора без вибрации;

- вентилятор должен работать плавно, без стуков, ограждение должно быть исправным и прочно закреплено;
- станина вентилятора должна быть прочно закреплена на фундаменте, перекрытии;
- подключение электродвигателя к кабелю должно быть осуществлено в гибком шланге.
- электродвигатель и вентилятор должны быть заземлены гибким металлическим тросиком. Тросик прикрепляется к заземляющей полосе.

При обслуживании конвейеров и норий необходимо:

- наличие и исправность ограждений муфт, валов, трансмиссионных передач, зубчатых колес;
- проверить натяжку лент, наличие люков в башмаке нории, отсутствие перекосов лент, отсутствие ударов ковшей о короба.

При работе зерносушилки категорически запрещается влезать через люки в газонапорную камеру, в топку, где сжигается топливо. Во внутрь бункеров можно опускаться только после полной остановки зерносушилки, прекращения подачи зерна в зерносушилку и выпуска из зерносушилки. Бункера должны быть оборудованы поручнями. Спускаться в бункера высотой более 2,5 м разрешается при наличии второго человека для страховки спускающегося с помощью веревки.

Спускающийся должен надеть монтажный ремень с цепью и коробом для страховки. При повышенной запыленности одевать респиратор.

Противопожарные мероприятия. Пожарная опасность сушилки обусловлена наличием в ней легко воспламеняющихся материалов – пыли, половы, органической примеси, высушиваемого зерна, попавшего в диффузоры.

В процессе сушки идет выделение пыли. Пыль оседает на неровности стенок сушильных шахт, а так же в напорно-распределительных камерах на горизонтальных участках (уголках, швеллерах) и других конструктивных элементах. Подвергаясь длительному нагреву, она может самовозгораться.

Основным опасным местом в пожарном отношении является топка. Поэтому особое внимание при эксплуатации сушилки необходимо уделять топке.

При работе на жидком или газообразном топливе создаются лучшие санитарно – гигиенические условия по сравнению с работой на твердом топливе. Агент сушки не должен содержать дыма, копоти и запаса сернистых газов.

Топочные и предтопочные помещения выполняются из несгораемых материалов. В период розжига и в процессе работы топки должно быть обеспечено полное сгорание топлива. Устойчивое горение топлива наблюдается при температуре факела 800-1000 град С. О процессе горения можно судить по характеру и цвету пламени. Если пламя желтое или желто-голубое, некопящее, факел ровный, устойчивый, то процесс горения протекает нормально. Красно-бурое или копящее пламя свидетельствует о неполном сгорании топлива. Эксплуатация топки на жидком топливе возможна с использованием различных форсунок и горелок. Давление топлива перед форсункой (1,5–1,75) 10 Па. При использовании газообразного топлива с применением различных горелок давление газа перед горелкой должно быть 60-60 мм. вд. ст.

Для обеспечения необходимого давления воздуха и его количества перед форсункой применяются вентиляторы высокого давления типа ВВД, АВД. Частота вращения рабочего колеса вентилятора должна быть не менее 5000 об/мин. При недостаточном давлении воздуха трудно отрегулировать форсунку для обеспечения нужной температуры агента сушки и полное сжигание топлива.

При остановке топki необходимо дополнительно перекрывать топливопровод ручным вентилем. В противном случае, особенно при плохой работе эл. магнитного клапана, может возникнуть взрывоопасная ситуация последствия которой непредсказуемы.

Возможность взрыва можно ликвидировать работой вентиляторов сушильных шахт, которыми вытягивается эта смесь. Однако при розжиге топлива, особенно при пониженных температурах атмосферного воздуха, наблюдаются хлопки. Чтобы избежать разрушения топki устраивают взрыворазрядительные клапаны. Отверстия для подвода атмосферного воздуха должны быть постоянно открытыми.

При эксплуатации топki необходимо следить за исправностью топливной аппаратуры, контрольно – измерительных приборов, системы автоматики горелки, прибора контроля за наличием пламени ФРУ.

Для выполнения требований техники безопасности предусматривается автоматическая система безопасности, включающая в себя:

- *предупредительную сигнализацию:*
- дистанционный запуск электродвигателей автоматизацию процесса горения топлива;
- сигнализацию о положении зерна в сушилке и бункерах; сигнализацию о повышении температуры агента сушки;
- прекращение выпуска зерна при снижении его уровня ниже допустимого;
- остановку топki при аварийной температуре агента сушки.

Требования автоматики процесса горения предусматривают:

- срабатывание электромагнитного вентиля при погасании факела, понижении давления воздуха на форсунку остановку одного из вентиляторов агента сушки;
- подачу звукового и светового сигнала.

При остановке сушилки на плановый ремонт или с окончанием сушки перекрываются все краны и вентили, в том числе и после емкостей

В случае загорания зерна в сушилке немедленно:

- сообщают в пожарное отделение объекта;
- сообщают работнику, ответственному за организацию сушки; прекращается подача топлива на форсунку;
- выключаются все вентиляторы;
- выпускается зерно из шахты, в которой произошло загорание;
- при появлении тлеющего зерна выпуск его производится на открытую площадку;
- зачищается шахта от возможного остатка скомковавшегося зерна;
- вентилируется шахта вентиляторами агента сушки в течение не менее 2 часов.

После этого производится загрузка шахты зерном и продолжается процесс сушки.

При загорании зерна в сушилке категорически запрещается подавать воду в сушилку для ликвидации загорания, так как при этом получается паро – воздушно – пылевая смесь, которая является взрывоопасной. При взрыве может произойти разрушение сушилки, топки, пострадать люди.

Сушилка должна быть оборудована противопожарным инвентарем: огнетушителями; бочкой с водой; ведром; ящиком с песком; лопатами.

В предтопочном помещении вывешивается инструкция по противопожарным мероприятиям при работе сушилки. Курение и разведение открытого огня разрешается только в специально отведенных местах.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Конструкция зерносушилки?
- 2) Технологическая схема зерносушилки?
- 3) Средства автоматизации процесса сушки зерна?
- 4) Охрана труда и техника безопасности?
- 5) Противопожарные мероприятия?

Список литературы

Основная

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.
2. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация электрооборудования [Текст]: учебник для вузов/ Г. П. Ерошенко, А.П. Коломиец А.П. – М.: КолосС, 2008. –344с.: ил. 10000экз. – ISBN 978-5-9532-05.

Дополнительная

- 1) **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Усанов К.М., Улыбина Т.В., Каргин В.А. –Саратов: СГАУ, 2009. – 60с.: ил. – 100экз.

Лекция 10

САР С ДВУХПОЗИЦИОННЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

10.1. Принцип действия и характеристики двухпозиционных регуляторов

Двухпозиционными называют регуляторы, входное воздействие которых в установившемся режиме может принимать только два значения. Если выходным элементом регулятора служит реле или контактор, то одно состояние соответствует включенному положению его контактов, другое – отключенному (рис.1).

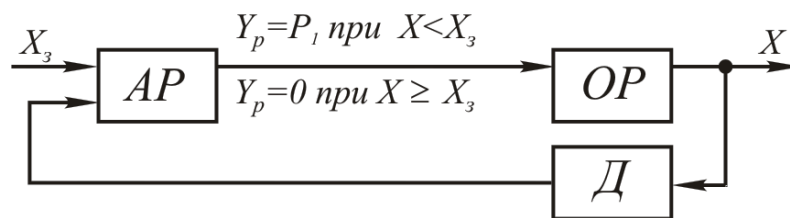


Рисунок 10.1. - Структура САР с двухпозиционным регулятором

На рис.10.1 обозначены: ОР – объект регулирования; АР – авторегулятор; Д – датчик (измерительный преобразователь); X_3 , X – заданное и действительное воздействия регулятора на объект регулирования соответственно («приток» энергии или вещества); P_1 – главное возмущение («отток» энергии или вещества); Y_p – выходное воздействие авторегулятора.

Примером могут служить системы автоматического управления (САУ) насосными агрегатами водоподачи (по уровню воды в водонапорной башне), САР температуры в помещениях, автоматические водонагреватели. В последних САР объектом регулирования является заполненная водой емкость с встроенным нагревателем. Теплоноситель подается в нагреватель при температуре воды ниже заданной, при температуре выше заданной подача теплоносителя прекращается.

Наиболее часто автоматизация выполняется с применением электрических нагревателей и регуляторов.

Датчики регуляторов температуры устанавливаются у места отбора нагретой воды. Простейшими двухпозиционными датчиками температуры являются ртутные контактные термометры, биметаллические и дилатометрические (основанные на расширении чувствительного элемента при нагревании) контактные датчики, манометрические термосигнализаторы. Эти устройства имеют элементы настройки температуры срабатывания, т.е. выполняют функции регуляторов. Их контакты не предназначены для коммутации больших токов, поэтому мощные нагреватели включаются датчиками через магнитные пускатели.

Примером такой САР служит электроводонагреватель, схема которого показана на рис.10.2,а.

Установка подключается к сети автоматическим выключателем QF, отключающим ее при коротких замыканиях и перегрузках. Нагреватель ЕК включается контактами КМ магнитного пускателя. Его катушка КМ подключена к сети через размыкающий контакт ВК датчика температуры (например, биметаллического). Если температура воды и датчика меньше заданной, его

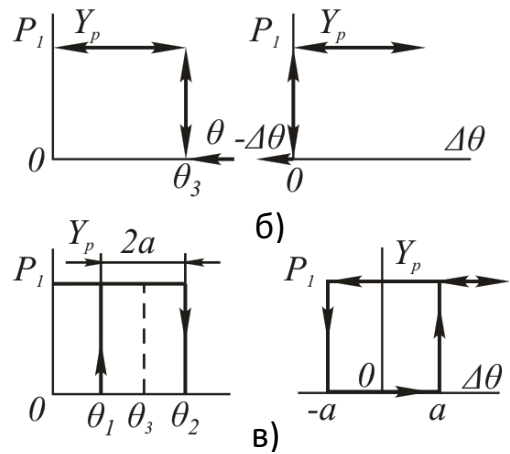
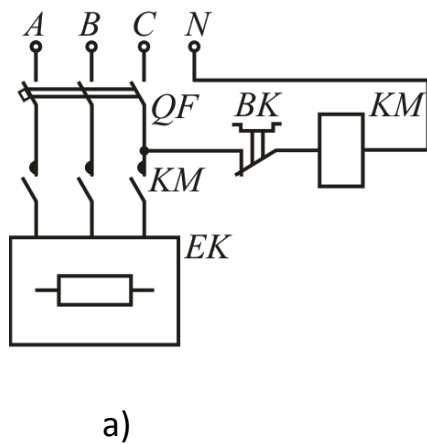


Рисунок 10.2.- Принципиальная схема двухпозиционного управления электроводонагревателем (а) и статические характеристики регуляторов без зоны (б) и с зоной неоднозначности (в).

контакт замкнут, магнитный пускатель включен, идет нагрев. При увеличении температуры выше заданной контакт датчика размыкается, выключая магнитный пускатель и нагреватель.

Статическая характеристика такого регулятора показана на рис.2,б. По оси абсцисс отложено входное воздействие регулятора (температура), заданное значение которой обозначено Θ_3 . По оси ординат отложено выходное воздействие регулятора Y_p . Мощность, передаваемая им в нагреватель во включенном состоянии, обозначена P_1 . При $\Theta < \Theta_3$ регулятор включен, $Y_p = P_1$, при $\Theta \geq \Theta_3$ нагрев отключен, $Y_p = 0$. Таким образом, состояние регулятора однозначно определяется отклонением $\Delta\Theta = \Theta_3 - \Theta$:

$$Y_p = P_1 \text{ при } \Delta\Theta > 0;$$

$$Y_p = 0 \text{ при } \Delta\Theta \leq 0.$$

Такие регуляторы не всегда удобны, так как имеют большую частоту включений.

Большее распространение имеют регуляторы с зоной неоднозначности, которые отключают подачу энергии в объект при одной температуре – Θ_2 , а включают при другой – Θ_1 . В зоне входных воздействий от Θ_1 до Θ_2 поведение регулятора неоднозначно. Обозначив ширину зоны неоднозначности $2a$ будем считать, что заданное значение – Θ_3 расположено посередине зоны. Чем шире зона неоднозначности, тем реже включается регулятор, но тем больше отклонения регулируемого параметра от заданного значения.

В регуляторах имеются органы настройки ширины зоны, обозначаемые иногда термином «дифференциал». У биметаллических и дилатометрических датчиков неоднозначность включения и отключения достигается механическими элементами, придерживающими подвижный контакт в замкнутом и разомкнутом состоянии и обеспечивающими резкое замыкание и размыкание (рис.10.2,в).

10.2. Описание процесса регулирования

При неизменном оттоке энергии или вещества из объекта регулирования в САУ устанавливается колебательный режим – регулятор включает приток с постоянной частотой, а регулируемый параметр колеблется около заданного значения. Частота и размах этих колебаний определяется притоком и оттоком энергии. Свойствами объектов регулирования являются самовыравнивание (саморегулирование) и запаздывание.

Самовыравнивание – способность объекта регулирования самостоятельно приходить в новое установившееся состояние при изменении притока или оттока вещества или энергии.

У большинства тепловых объектов с увеличением температуры (регулируемого параметра) отток теплоты увеличивается, а приток – уменьшается, т.е. они имеют

самовыравнивание.

Если допустить, что нагреваемый объект изготовлен из однородного материала с постоянной теплоемкостью и бесконечно большой теплопроводностью, то изменение его температуры во времени описывается дифференциальным уравнением 1-го порядка, решение которого для нагрева при неизменном притоке теплоты имеет вид:

$$\Theta = k_{op} P (1 - e^{-t/T}),$$

где Θ – превышение температуры объекта над температурой среды; $P=P_1-P_2$ – превышение мощности притока теплоты P_1 над оттоком P_2 в начале процесса; при $\Theta=0$, $P_2=0$ и $P=P_1$; k_{op} – коэффициент передачи объекта регулирования; T – постоянная времени объекта регулирования.

График нагрева такого «идеального» объекта - экспонента А (рис.10.3).

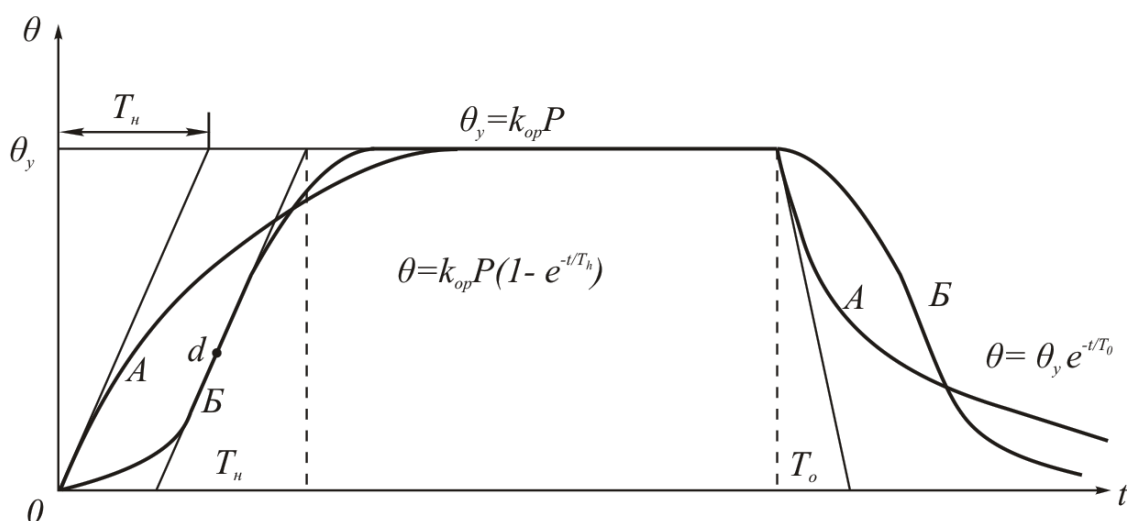


Рисунок 10.3. - Графики нагрева и охлаждения идеального (А) и реального (Б) объектов регулирования.

Реальные тепловые объекты выполнены из материалов с различной теплоемкостью и теплопроводностью. Графики нагрева таких объектов имеют характерную S-образную форму (рис.10.3) и описываются уравнениями второго и более высоких порядков.

Через достаточно большой промежуток времени ($t > 5T$) в объектах устанавливается режим динамического равновесия: увеличивающийся отток становится равным притоку, устанавливается температура Θ_y .

Большое влияние на работу САУ оказывает запаздывание в передаче воздействий ее элементами. Запаздывание выражается промежутком времени между моментом изменения входного воздействия и началом изменения выходного. Общее запаздывание в САУ складывается из вносимых запаздываний регулятором, объектом регулирования и датчиком. Запаздывание в регуляторе обычно невелико (порядка $10^{-3} \dots 10^{-1}$ с), в объектах регулирования оно значительно больше. Нагревательное устройство (например, водяной или электрический калорифер) удалено от нагреваемой зоны. Движение теплоносителя от нагревателя к зоне нагрева и датчику происходит за время, определяемое расстоянием между ними и скоростью движения («транспортное запаздывание»). Передача воздействия датчиком температуры также происходит с запаздыванием, так как чувствительные элементы датчиков помещены в защитную арматуру, прогрев которой также требует времени (такое запаздывание называют «передаточным»). В дальнейшем будем считать, что САУ имеет суммарное время запаздывания τ . График изменения температуры реального объекта (рис.3) обычно представляют двумя участками «чистого» запаздывания ($0 - \tau$) и нагрева, описываемого выражением (1) с некоторой средней постоянной времени T_n . Ее определяют как среднее арифметическое для начального,

среднего и конечного участков графика. Если заданная температура регулирования близка к точке α перегиба графика, без больших погрешностей можно определить постоянную времени методом касательной к начальному участку графика, как показано на рис.3. На структурных схемах реальные объекты представляют последовательным соединением звена с чистым запаздыванием и апериодического звена первого порядка.

Процесс регулирования САУ с таким объектом и двухпозиционным регулятором показан на рис.10.4.

Пусть в начальный момент времени температура объекта меньше заданной. Нагреватель включен, $Y_p=P_1$, температура возрастает. При $\Theta=\Theta_1$ (точка 1) регулятор отключает нагрев, $Y_p=0$. Вследствие запаздывания температура продолжает расти в течение времени τ_n (до точки 2), после чего начинается остывание – на объект действует только отток P_2 . После снижения температуры до Θ_2 (точка 3) регулятор вновь включает нагрев, но вследствие запаздывания температура продолжает снижаться в течение τ_o (до точки 4), после чего начинается увеличение температуры (участок 4-1'). При $\Theta=\Theta_1$ регулятор вновь отключает нагрев (точки 1') и т.д. В системе устанавливается колебательный режим. Интервалы времени включенного и отключенного состояния регулятора циклически чередуются. Приток энергии за время включенного состояния покрывает отток за время цикла. Температура при регулировании (средняя между максимальной и минимальной) несколько отличается от заданной, размах колебаний температуры значительно больше зоны неоднозначности регулятора.

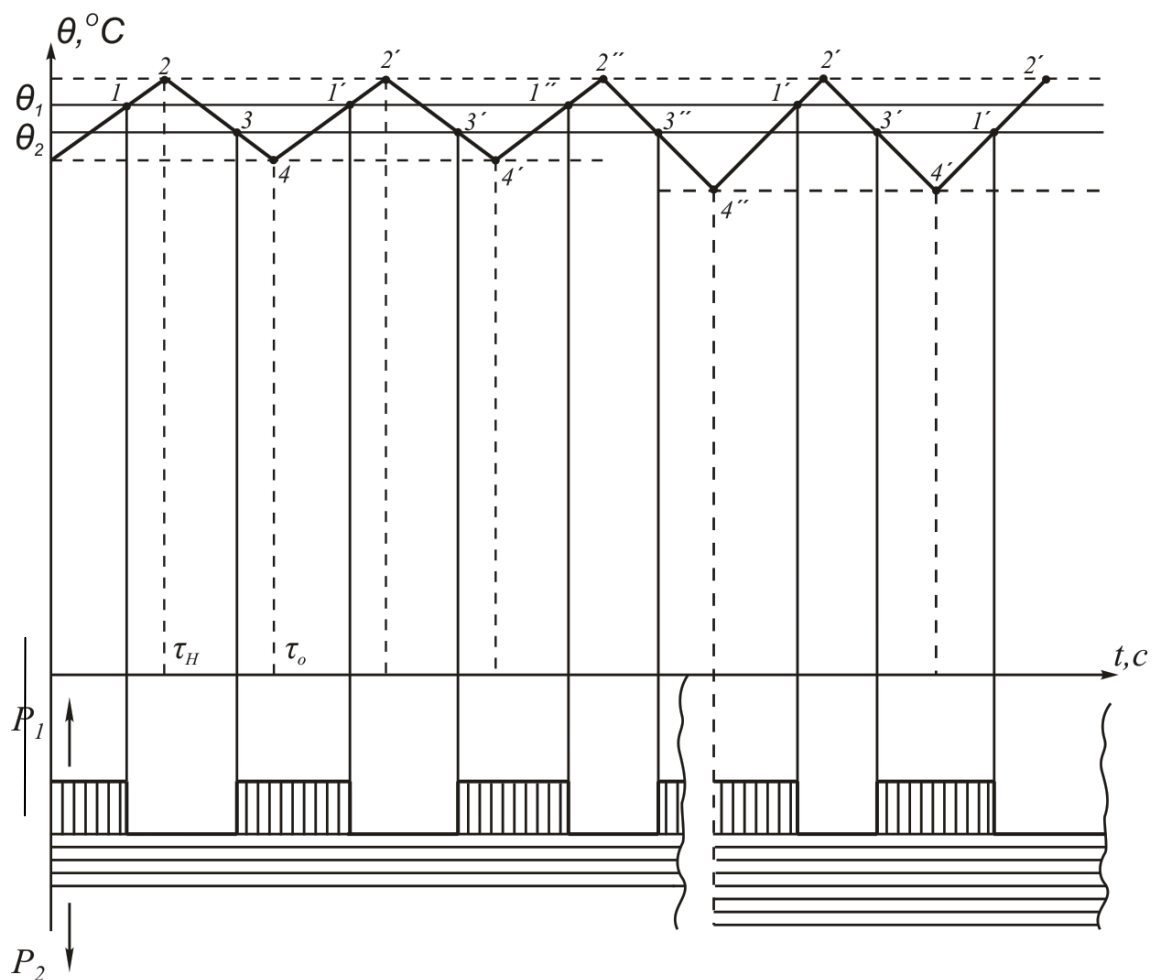


Рисунок 10.4. - Процессы регулирования в САУ с запаздыванием

Если отток энергии увеличивается (рис.10.4), то скорость нагрева уменьшается, а скорость остывания возрастает. Возрастает время включенного состояния регулятора;

приток энергии за период также увеличится, компенсируя большую часть оттока. Средняя температура несколько снизится относительно заданной: отклонение в таких системах зависит от оттока (возмущения).

Во многих случаях инженерной практики бывает достаточно оценить ожидаемые отклонения температуры (или другого регулируемого параметра) при двухпозиционном регулировании при известных параметрах объекта регулирования и регулятора. Для этой цели применимо простое выражение, выведенное в предположении, что постоянные времени нагрева и охлаждения равны, время запаздывания при нагреве и охлаждении также одинаково:

$$2\Delta\Theta = 2a + Pk_{op}^{\tau/T}.$$

Приведенное выражение не является точным – при его выводе участки нагрева и охлаждения заменены отрезками прямых: второе слагаемое выражения описывает изменения температуры, пропорциональное относительно времени запаздывания τ/T . Чем меньше τ/T , тем меньше разница в расчетах по выражению и точным соотношениям. Так, при $\tau/T = 0,1$ разница составляет около 4%, при $\tau/T = 0,3$ разница около 16%.

Таким образом, приведенное выражение вполне применимо для практических расчетов при малых τ/T .

Вопросы для самоконтроля

- 1) Принцип действия двухпозиционного регулятора?
- 2) Настраиваемые параметры двухпозиционного регулятора?
- 3) Кривые нагрева и охлаждения?
- 4) Процессы регулирования САУ с запаздыванием?

Список литературы

Основная

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация электрооборудования [Текст]: учебник для вузов/ Г. П. Ерошенко, А.П. Коломиец А.П. – М.: КолосС, 2008. –344с.: ил. 10000экз. – ISBN 978-5-9532-05.

Дополнительная

1. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Усанов К.М., Улыбина Т.В., Каргин В.А. –Саратов: СГАУ, 2009. – 60с.: ил. – 100экз.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЦИКЛОВЫЕ УСТРОЙСТВА (МПЦУ)

11.1. Назначение МПЦУ

Многие технологические процессы современного сельскохозяйственного производства должны выполняться по сложному программно-логическому алгоритму с учетом показаний контролирующих датчиков. Кроме того, их управляющие системы должны быть гибкими, то есть иметь возможность частого оперативного изменения алгоритма работы в зависимости от конкретных изменений влияющих величин.

Известные системы управления, основанные на базе аппаратных средств и электромеханических программно-временных задатчиках здесь малопригодны, так как характеризуются ограниченными функциональными возможностями при жесткой структуре управления.

На крупных предприятиях по изготовлению с/х техники или переработки продукции подобные задачи управления решаются с помощью ЭВМ с разветвленной периферией, в которую входят блоки интерфейсных плат, дисплеи, принтеры и программное обеспечение.

Однако, в большинстве случаев в с/х производстве такое решение экономически не обосновано из-за сложности оборудования и требований к высокой квалификации обслуживающего персонала.

Перспективным направлением в автоматизации с/х производства является применение микропроцессорной техники. Ее достоинства - надежность, непрерывное развитие и совершенствование, устойчивая тенденция к удешевлению, а также возможность построения на ее базе АСУ как по жесткой временной циклограмме (разомкнутые АСУ), так и АСУ с опросом датчиков и регулированием по разветвленной логической программе (замкнутые АСУ).

Приведем основные технические характеристики изучаемого микропроцессорного устройства - МПЦУ-1-48-2:

1. Тип управления: цикловой - по временному; по путевому, то есть в соответствии с порядком срабатывания датчиков объекта управления, или по совмещенному принципу: программно-логический.

2. Объем памяти, кбайт/команд – 2/1024.

3. Число двухпозиционных входов/выходов – 48/48.

4. Программируемые функции: управление вкл/выкл исполнительными устройствами; прием информации поступающей от датчиков; формирование выдержек времени; организация условных и безусловных переходов; обращение к подпрограммам; связь с управляющим вычислительным комплексом высшего ранга.

5. Сервисные функции: редактирование программ.

6. Параметры сигналов связи с внешними устройствами входные сигналы - логическая единица – 24 В/ 13 мА.

логический ноль – не более 5 В;

выходные сигналы - логическая единица _____ – 24 В/ 0. 5 А.

логический ноль – 2 В/ 0. 25 А.

7. Нарботка на отказ – не менее 5000 ч.

8. Средний срок службы до списания – не менее 10 лет.

9. Потребляемая мощность – не менее 200 Вт.

Рассмотрим более подробно работу МПЦУ при различных типах управления.

При цикловом управлении МПЦУ формирует 2-х позиционные управляющие команды на включение или выключение исполнительных органов ОУ в соответствии с заданной циклограммой работы.

Цикловое управление по путевому принципу может быть осуществлено двумя способами: путем периодической проверки логического состояния определенного датчика или ожидания этого состояния, в результате чего формируется соответствующая команда на продолжение программы.

Программно-логическое управление осуществляется путем анализа состояния ОУ по определенной формуле и продолжения программы в соответствии с результатами этого анализа. Примером может служить начало программы, где продолжение выполнения программы возможно только при следующем исходном состоянии ОУ, определяемое формулами:

$$Y_{IA} = X_{0I} \times X_{1I} \times X_{12} \quad \text{и} \quad Y_{IB} = Y_{IA}$$

Обычно АСУ на базе МПЦУ содержит три уровня управления, как это сделано, например, в системе управления подкачивающей насосной станции. Первый, высший - алгоритм управления ПНС. Второй - алгоритмы управления отдельными технологическими процессами (система заливки насосов, дренажная система и т.п.).

Такая структура позволяет многократно применять алгоритмы низших уровней в качестве операторов в алгоритмах высших уровней, упростить их логические схемы и снизить трудоемкость программирования.

Кроме того, наличие большого числа входов и выходов позволяет выполнять также все основные служебные функции: подготовку к работе, диагностику и защиту от аварийных режимов, сигнализацию и т. п.

Гибкость таких АСУ обеспечивается возможностью быстрого перепрограммирования. При этом не требуется высокой квалификации оператора.

Состояние программы и управление режимами работы производится с помощью пульта управления, расположенного на лицевой панели МПЦУ.

Описанные АСУ относятся к системам прерывистого действия. Их достоинством, по сравнению с АСУ непрерывного (пропорционального) управления, является возможность создания сразу нескольких контуров регулирования на базе одного блока МПЦУ, а также большая гибкость. Причем, по качеству регулирования такие АСУ не уступают непрерывным, если временной интервал дискретизации Δt определяется по формуле (см. теорему отсчетов):

$$\Delta t = \omega c / 2 \pi,$$

где ωc -наибольшая частота в спектральном разложении выходного параметра управляемого технологического процесса.

11.2. Конструкция МПЦУ

Конструктивно МПЦУ состоит из нескольких модулей (рис.11.1). Главным является модуль процессора, выполненный на базе большой интегральной схемы (БИС) КР530ИК80 которая осуществляет сбор, цифровую обработку и вывод информации в соответствии с исполнительной программой, записанной в перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) модуля памяти.

Исполнительная программа является неотъемлемой частью МПЦУ, невидимой и недоступной для пользователя. Ее назначение - преобразование инструкций, введенный оператором с помощью пульта управления (ПУ) или поступающих от управляющей программы, в последовательность кодов машинного языка микропроцессора, КОТОРЫЙ и реализует эти инструкции.

Управляющая программа размещается в модуле энергонезависимого запоминающего устройства (ЭНЗУ) и сохраняется не менее 6 месяцев при отключении первичного питания МПЦУ благодаря наличию батареи элементов, расположенных в блоке питания.

МПЦУ имеет два модуля ввода (МВВ) и два модуля вывода (МВЫВ) дискретных сигналов для связи с внешним технологическим оборудованием - датчиками, реле, элементами сигнализации, исполнительными устройствами. Они обеспечивают преобразование уровней и гальваническую развязку сигналов, а также индикацию состояния каждого входа и выхода на передних панелях блоков.

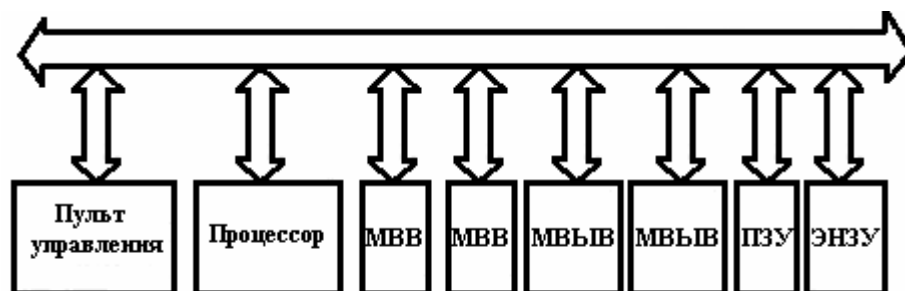


Рисунок 11.1.- Структурная схема МПЦУ

Взаимодействие блоков МПЦУ между собой происходит по каналу связи, направление прохождения сигналов по которому зависит от режима работы МПЦУ, например, на рис.3 показано направление прохождения сигналов в автоматическом режиме работы.

Электрические схемы всех модулей развязаны от внешних электрических цепей через реле или оптронные схемы, что существенно повышает надежность МШУ.

Управление режимами работы МШУ, составление программы и контроль информации осуществляется с помощью пульта управления (рис. 11.2). В каждый текущий момент времени МПЦУ может находиться в одном из шести режимов работы: А - автоматический; Р - ручной; Ш - пошаговый; ВП - ввод программы. ПП – просмотр программы.

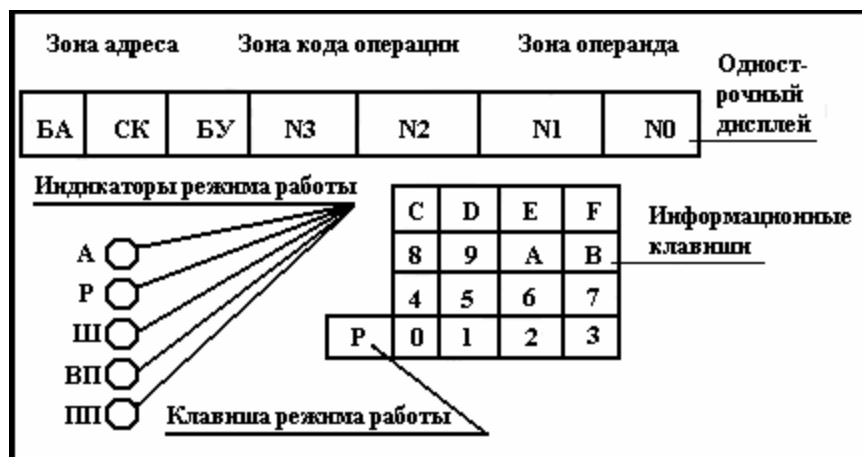


Рисунок 11.2. - Пульт управления

Посредством пульта управления и системы команд, приведенных в "Таблице 1". осуществляется общение оператора с МПЦУ. Однотрочный дисплей, расположенный в верхней части ПУ, отображает контролируруемую оператором информацию.

11.3. Порядок включения, система команд и режимы работы МПЦУ

Включить выключатель "Сеть", расположенный на передней панели МПЦУ. При этом должны загореться индикатор напряжения питающей сети, индикаторы наличия

напряжения вторичных стабилизированных источников питания +5В, -5В, +12В, индикатор резервного питания (Б), индикаторы ожидания (ОЖ) и ручной режим (Р).

МПЦУ находится в режиме "Ручной" и ожидает ввода с клавиатуры ПУ, однострочный дисплей погашен.

Если же при включении сетевого питания состояние ПУ МПЦУ соответствует всем включенным индикаторам режимов работы и включенному состоянию всех сегментов индикаторов дисплея, это свидетельствует о неисправности оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) модуля памяти, и МПЦУ считается неработоспособным.

Повторное включение сетевого питания следует производить не ранее, чем через 4 - 5 секунд с момента выключения.

Система команд МПЦУ (см. табл.1) реализуется исполнительной программой, исходная информация для составления КОТОРОЙ обычно представляется в виде циклограммы работы оборудования или блок-схемы алгоритма управления.

Программа составляется из последовательности слов длиной в восемь разрядов. Формат каждого слова состоит из двух байтов: старшего (N3, N2) - являющегося кодом операции; младшего (N1, N0) - полем операнда - которые кодируются символами шестнадцатеричной системы счисления 0 - 9, А, В, С, D, E, F.

Объем памяти ЭНЗУ позволяет записать 256 команд управляющей программы (512 байт).

Первая цифра индикатора на ПУ является базовым адресом одной из четырех (0, 1, 2 и 3) зон памяти МШУ (БА), две следующие цифры-счетчиком команд управляющей программы (СК).

Четвертая цифра характеризует бит условия (БУ), значение которого устанавливается в зависимости от результата выполнения операций; анализ бита условий используется для управления ходом выполнения условий программы.

Код операции (КОП) и операнд индицируются в последних четырех цифрах индикатора.

Рассмотрим кратко работу МЦУ в различных режимах.

"Ручной" режим работы обеспечивает возможность выполнения команды сразу после ввода ее с клавиатуры ПУ без запоминания кода в ЭНЗУ МПЦУ, что позволяет реализовать оперативную отладку и настройку управляемого оборудования.

МПЦУ переходит в этот режим: при включении питания; нажатии кнопки «СБР»; нажатии кнопок "Р" и "1" одновременно.

Для ввода команд необходимо последовательно нажать четыре клавиши ПУ, соответствующие значениям N3, N2, N1 и N0, проверяя перед каждым нажатием клавиш готовность МПЦУ к приему информации с клавиатуры по состоянию индикатора ожидания ОЖ, и высвечиванию цифр на дисплее.

В случае ошибки ввода, необходимо еще раз перейти в режим "Ручной" и повторить ввод команды.

Выполнение команды начнется после нажатия на любую клавишу ПУ, не изменяющую режим работы. После окончания выполнения команды дисплей гаснет.

Режим "Ввод программы" (ВП, клавиши Р-3) необходим для записи кодов команд управляющей программы, вводимой с клавиатуры ПУ в ЭНЗУ. При этом на дисплее должны загораться индикаторы "БА" и "СК". Остальные зоны дисплея погашены. Ввод кода команд выполняется аналогично вводу в режиме "Ручной".

В случае ошибки при вводе, необходимо еще раз включить режим "Ввод программы" (при этом "БА" и "СК" в зоне адреса не меняются) и повторить ввод кода команды.

При правильном вводе нажать любую клавишу ПУ, при этом сформированный код запишется в ЭНЗУ. По окончании записи кода в ЭНЗУ значение "СК" увеличивается на единицу и выводится на дисплей. Остальные зоны дисплея погашены. МПЦУ готово к приему и записи нового кода.

Режим "Просмотр программы" (ПП) позволяет контролировать управляющую программу, записанную в ЭНЗУ, путем последовательного просмотра кодов в направлении увеличения или уменьшения значения "СК" (клавиши Р-4 или Р-5 соответственно). При этом высвечиваются все индикаторы БА, СК, КОП и ОПЕРАНД.

Переход к новой команде осуществляется нажатием на любую информационную клавишу.

Режим "Пошаговый" (Ш, клавиши Р-2) характерен тем, что при нажатии любой информационной клавиши инициируется выполнение одной команды. Это позволяет оператору выполнить соответствующую команду, записанную в ЭНЗУ, в необходимом темпе и использовать этот режим как отладочный. Индикация дисплея аналогична режиму ПП.

Режим "Автоматический" (А, клавиши - Р-0) предназначен для управления технологическим оборудованием в соответствии с алгоритмом, реализованным в виде управляющей программы, дисплей погашен за исключением тех моментов, когда индикация обусловлена выполняемой командой.

Выполнение программы начинается с адреса, КОТОРЫЙ был на дисплее в момент перехода на режим "Автоматический". Остановить программу можно переходом на другой режим, при этом на дисплее высвечивается номер, адрес и код следующей команды.

При включении режима "Автоматический" выполнение программы будет продолжено с команды, на которой произошла остановка.

При программировании можно предусмотреть остановку программы командой "стоп", введенной в требуемом месте. Тогда продолжить прохождение программы можно информационной клавишей.

Запись, просмотр и выполнение управляющей программы можно начать с произвольного адреса ЭНЗУ, для чего в режиме "Ручной" необходимо выполнить безусловную передачу управления на нужный адрес, изменив, при необходимости, перед этим базовый адрес программы (команды БАП и БУП, см. табл.1). Затем перейти в нужный режим работы.

При работе в режиме "Автоматический" информационная клавиатура заблокирована, МПЦУ реагирует только на изменение режима.

РЕДАКТИРОВАНИЕ управляющей программы осуществляется в режиме "Ручной" с помощью команды "Ред", результатом действия которой является сдвиг всей последующей части программы вплоть до команды "НОП". На заданный в команде "Ред" адрес автоматически записывается команда "НОП". Эта же команда, ограничивающая сверху зону сдвигаемой части управляющей программы, исключается. Ее поиск в процессе выполнения команды "Ред" происходит в объеме всех адресов ЭНЗУ.

Если необходимо вставить несколько команд, то команда "Ред" повторяется соответствующее количество раз.

Причем необходимо помнить, что при пользовании командой "Ред" адреса БУП, УПО и УП1, входящие в операнд указанных команд, не меняются. Поэтому, после редактирования программы, необходимо просмотреть всю сдвигаемую часть исполнительной программы и отредактировать операнды указанных команд.

Для записи на вставленном шаге нужного кода команды необходимо перевести МПЦУ в режим "Ввод программы" и ввести код вставляемой команды.

Например, чтобы вставить команду на адрес 105, необходимо проделать следующее:

1. Нажать кнопку "СБР", МПЦУ находится в режиме "Ручной", СК и БА равны нулю.

2. Выполнить команду БАП с кодом 0F01.

3. Выполнить команду РЕД с кодом 1405.

4. Включить режим "Ввод программы".

На дисплее в поле адреса отобразится код 105.

5. Ввести код 0800.

6. Включить режим "Просмотр программы", проверив правильность внесенных изменений.

При программировании максимальная выдержка времени для одной команды задается кодом 07-FF и равна 25,5 с. Если необходимо получить временную задержку "Т" меньше, то N1 и N0 можно найти произведя расчет по Формулам:

$N1 = \text{целое от } T/1,6;$

$N0 = \text{остаток от } T/1,6,$

так как $T = (N1 \cdot 1.6 + N0 \cdot 0.1)$ с. Если требуется сделать большую задержку, то в программу необходимо включить последовательно несколько выдержек времени, обеспечивающих требуемую суммарную задержку.

При составлении программы удобно пользоваться таблицей выдержек времени. Причем, численные значения таблицы необходимо умножить на коэффициент 0.1.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Назначение МПЦУ?
- 2) Конструкция МПЦУ?
- 3) Структурная схема МПЦУ?
- 4) Порядок включения МПЦУ?
- 5) Режимы работы МПЦУ?

Список литературы

Основная

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

2. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация электрооборудования [Текст]: учебник для вузов/ Г. П. Ерошенко, А.П. Коломиец А.П. – М.: КолосС, 2008. –344с.: ил. 10000экз. – ISBN 978-5-9532-05.

Дополнительная

1. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Усанов К.М., Улыбина Т.В., Каргин В.А. –Саратов: СГАУ, 2009. – 60с.: ил. – 100экз.

СТАНЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ СКВАЖИННЫМИ ЭЛЕКТРОНАСОСАМИ

12.1. Назначение и виды насосных станций

Насосные станции представляют собой сложных электрогидравлический технический комплекс сооружений и оборудования, в котором осуществляется преобразование электрической энергии в механическую энергию потока жидкости и управление этим процессом преобразования. Основным назначением насосных станций является обеспечение:

- требуемого графика подачи воды для нормальных и аварийных режимов работы;
- наименьших затрат на сооружение, оснащение и эксплуатацию;
- требуемой степени надежности и, следовательно, определенной степени бесперебойной работы;
- долговечности, соответствующей технологической значимости объектов, в состав которых они входят;
- широкое применение автоматики и телемеханики;
- эксплуатации при непрерывно изменяющихся объемах и режимах потребления воды.

Насосные станции находят широкое применение в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Они характеризуются большим разнообразием функций, схем соединения насосов при совместной работе, регулируемых параметров, категории надежности и другими показателями.

В зависимости от назначения можно выделить следующие виды насосных станций: хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий; оборотного водоснабжения промышленных предприятий; систем теплоснабжения; дренажные; противопожарного водоснабжения; мелиоративные и т.д.

Для подъема и раздачи воды наиболее широкое распространение в сельском хозяйстве получили водонасосные установки, состоящие из водоприемников, очистных сооружений, резервуаров чистой воды, а также водонапорные башни, состоящие из соединительной водопроводной сети и электронасосов со станциями управления. Центробежные и осевые насосы выполняют в моноблоке электродвигателями и погружают в воду или в трубчатые колодцы диаметром $100-250\text{мм}$. Погружные насосы с электродвигателями, расположенными над скважиной на поверхности земли, называют *артезианскими*.

Для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев применяют также плавающие центробежные насосы. Широко распространены так называемые объемно-порционные насосы с электромагнитным вибрационным приводом. Эти насосы имеют малую подачу воды (до $1\text{м}^3/\text{ч}$ при напоре 2м).

Различают водонасосные установки трех типов: башенные с водонапорным баком; безбашенные с водонапорным котлом, которые имеют низкий коэффициент использования объема бака ($0,15-0,2$) и большой перепад напора ($20-30\text{м}$) при малом регулирующем объеме, они взрывоопасны, вследствие этого - применяются редко; с

непосредственной подачей воды в водонапорную сеть. Почти в 90% случаев используют башенные водонасосные установки с расходом воды до $30\text{ м}^3/\text{ч}$. Если расход воды составляет $30\text{-}65\text{ м}^3/\text{ч}$, то рекомендуют двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом. При расходе воды более $65\text{ м}^3/\text{ч}$ экономически целесообразно использовать насосные установки с непосредственной подачей воды в распределительную сеть (оросительную систему).

По способу соединения насосов можно выделить насосные станции с индивидуальной и с совместной работой насосов. Для насосных станций с невысокими единичными мощностями насосов и низкими требованиями к надежности работы. Это характерно, например, для дренажных насосов.

Совместно работающие насосы находят широкое применение на всех видах насосных станций. При этом для обеспечения требуемых технологических показателей используется параллельное, последовательное и комбинированное соединение установок. Наиболее характерным является параллельное соединение насосов, применяемое на большинстве типов насосных станций. Последовательное соединение применяется в тех случаях, когда необходимо создать достаточно высокое давление в системе, например, при транспортировке вязких растворов.

По главному регулируемому параметру насосные станции можно разделить на станции с регулированием давления и станции с регулированием подачи.

12.2 Основные режимы работы насосных установок

Для обеспечения заданного режима работы насосной станции возможно осуществить: регулирование гидравлических режимов работы насосов регулирование энергетической эффективности работы оборудования насосных станций.

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи воды и давления:

- дросселированием трубопровода;
- перепуском части потока жидкости из выходного патрубка насоса во входной;
- отключением или подключением насосов(ступенчатое регулирование);
- изменением частоты вращения приводного электродвигателя насосной установки.

Дросселирование трубопровода является весьма распространенным способом регулирования давления подачи жидкости. Регулирующим элементом в этом случае является механическое устройство в виде шибера, дроссель-клапана, задвижки, диафрагмы и т.п., которое располагается на напорном патрубке насоса и за счет своего перемещения заменяет поперечное сечение трубопровода. Несмотря на простоту реализации данного способа регулирования, он имеет ряд недостатков. Одним из них является снижение КПД насосных станций, особенно при глубоком регулировании подачи. Это обусловлено тем, что энергия, затраченная на преодоление дополнительного сопротивления регулирующего устройства, преобразуется в тепловые потери, что и определяет низкую энергетическую эффективность данного подхода. Помимо этого, рост давления на выходе насоса при закрытии задвижки приводят к сокращению срока службы

уплотнений запорных устройств, а также к увеличению утечек жидкости через стыки и щели. Другим недостатком этого способа является возможность однозонного регулирования в сторону уменьшения подачи или напора насосной установки.

Регулирование напора перепуском основано на отведении части потока воды с выхода насоса на его вход через отвод с задвижкой. При этом энергия, затрачиваемая на циркуляцию жидкости по холостому кругу, не создает полезной работы, что снижает КПД установки, особенно сильно при глубоком регулировании. Как и в предыдущем методе, подача насосной станции регулируется только в сторону уменьшения.

Ступенчатое регулирование подачи насосной станции осуществляется за счет подключения или отключения насоса или группы насосов. Данный способ характеризуется простотой управления, так как не требует дополнительных регулирующих устройств. Однако он не позволяет обеспечить непрерывное качественное поддержание напора при изменении потребления воды, что вызывает частые пуски двигателей и, тем самым уменьшает срок работы оборудования, требует строительства промежуточной аккумулирующей емкости для сглаживания колебаний подачи насосной станции. Кроме того, электродвигатели работают не в оптимальном режиме, что также снижает КПД всей насосной станции.

Изменение частоты вращения приводного электродвигателя насосной установки позволяет осуществить непрерывное регулирование производительности насосной станции с меньшими затратами энергии, чем в предыдущих вариантах. Однако оно требует больших затрат и приводит к ухудшению электромагнитной совместимости с питающей сетью. Тем не менее невысокая стоимость регулируемых электроприводов делает этот способ наиболее перспективным.

Возможно также сочетание нескольких способов регулирования. Одним из широко применяемых вариантов – это изменение частоты вращения приводного электродвигателя насосной установки, которое осуществляется использованием частотно-регулируемого электропривода.

12.3 Основные принципы управления автоматизированной станции «Каскад»

Для автоматического поддержания постоянного уровня воды в башне путем включения и отключения электронасосного агрегата и защиты электродвигателя предназначены станции автоматического управления насосными агрегатами.

Для управления используются различные принципы:

- *по уровню воды в башне* - при снижении уровня воды ниже заданного значения электронасос включается, а при повышении уровня воды до заданного верхнего значения - отключается. Новое включение происходит только после снижения уровня ниже допустимого значения. Такие системы автоматического управления работают с электродными датчиками уровня, когда открытые стержневые электроды замыкаются водой. Основным их недостатком является возможность обмерзания зимой электрода верхнего уровня при малых кратностях обмена воды;

- *по давлению воды в основании башни* (в начале водоразборной магистрали) - при снижении давления ниже допустимого значения насосный агрегат включается, а при повышении давления до допустимого верхнего значения - отключается. Датчиком служит реле давления (контактный манометр). Сложность реализации состоит в необходимости точно различать сравнительно малые перепады давлений;

- по времени включенного и отключенного состояния. Такой принцип управления трудно реализовать в виду большой неравномерности расхода воды;

- комбинированный принцип управления, когда включение насосного агрегата происходит при снижении давления в башне или по срабатыванию - размыканию датчика нижнего уровня, отключение - через заданный интервал времени, недостаточный для переполнения башни.

Таким образом, все устройства автоматизации водоснабжения можно отнести к системам двухпозиционного регулирования с установленной зоной неоднозначности. Установка зоны неоднозначности производится изменением расстояния между датчиками верхнего и нижнего уровня, обычно равного 1 м , или по значениям контактного манометра. Ширину зоны неоднозначности обычно выбирают, исходя из частоты включений насосного агрегата - не более шести раз в час.

Особо важное значение имеет защита погруженных электродвигателей ввиду их ответственности, трудности замены и дефицитности.

В изучаемых станциях управления используется однотипная электрическая защита, вызывающая отключение электродвигателя при любых неисправностях, сопровождающихся увеличением тока более, чем на 20% от номинального значения хотя бы в одной из фаз.

Время задержки при отключении зависит от кратности тока перегрузки, чем больше ток, тем соответственно меньше время. Ампер - секундные характеристики станций управлений различных типов составлены по данным заводов-изготовителей и представлены в таблице 2.

Основные функции работы комплексного устройства «Каскад». Комплексное устройство «Каскад» предназначено для автоматического и дистанционного управления погруженными электродвигателями скважных электронасосов мощностью от 1 до 65 кВт . Устройство может выполнять следующие функции:

- автоматический пуск и остановку электронасоса в зависимости от уровня воды в водонапорной башне (или скважине при дренаже);

- автоматический пуск электронасоса в режиме водоподъема в зависимости от давления воды в водонапорной башне и автоматическую остановку электронасоса через заданное при настройке время (не более 90 мин);

- местный пуск и остановку электронасоса;

- дистанционный пуск и остановку электронасоса;

- автоматический самозапуск электронасоса с регулируемой задержкой по времени; отключение электронасоса при перегрузке, коротких замыканиях в системе, в двигателе;

- защита от «сухого хода» (для устройств с двигателями мощностью $4,5\text{ кВт}$ и выше).

Комплексное устройство «Каскад» состоит из ящика управления, датчиков верхнего и нижнего уровня, датчика сухого хода, электроконтактного манометра (в зависимости от типа ящика управления). Ящик управления изучаемого устройства содержит: блок управления *БОН 9200* для регулирования уровня воды, принципиальная электрическая схема которого приведена на рис.1. Блок содержит несколько функциональных узлов:

- узел питания (УП), содержащий: диодный мост $VD13...VD16$, стабилизатор напряжения $VD26$ и транзисторы $VT2$ и $VT3$. Все другие узлы питаются напряжением от источника питания по цепям 112 «+» и 100 «-». Напряжение питания можно измерить между гнездами $x:1$ («0», цепь 112) и $x:4$ («питание», цепь 100) на панели управления станции;

- узел управления по уровню (УУУ), содержащий: транзисторы $VD7-1$, $VD7-2$, $VD7-4$, $VT6$, принимающие сигнал с датчика нижнего уровня (ДНУ) $VD7-3$, узел защиты двигателя (УЗ);

- узел управления по давлению (УУД) в изучаемом блоке отсутствует.

В блоке управления использованы транзисторные сборки $K190KT2$, в которых аналоговые ключи выполнены на транзисторах обедненного типа (МОЛ) с каналом и выводом от полочки. Первая сборка содержит транзисторы $VD1-1$, $VD1-4$; вторая сборка - $VD1-2$, $VD1-3$; третья сборка - $VD7-1$, $VD7-2$, $VD7-3$, $VD7-4$.

Транзисторы открываются отрицательным напряжением на затворе б, при этом сопротивление участка исток - сток уменьшается до $50-100$ Ом.

В качестве выходных элементов использованы транзисторы $KT608B$ $VT4...VT6$, $VT9$).

При замыкании водой электродов датчиков верхнего (КВУ), нижнего (КНУ) уровней и датчика сухого хода (ДСХ) переменный ток, протекающий через замкнутые датчики от обмотки 35 - трансформатора $TV4$, выпрямляется однополупериодными выпрямителями и заряжает конденсаторы $C3$, $C4$, $C5$. Выпрямляемое напряжение минусом прикладывается к затворам транзисторов $VD1-2$, $VD7-1$, $VD7-3$, ток другого полупериода протекает через электроды через $VD18$, $VD20$, $VD22$ и резисторы $R4$, $R5$, $R8$.

Если электроды датчиков замкнуты, то транзисторы будут открыты, при снижении уровня воды ниже заданного - электроды датчика открыты и работающий с ним транзистор закрывается. Это видно по изменению напряжения гнезда «а» в цепи 79 стока $VD7-3$, выведенного на панель станции, по отношению к $x:1$, обозначенного «0» на станции, при замыкании и размыкании $КНУ$.

Вторые транзисторы $VD7-2$ и $VD1-3$ датчиков верхнего уровня и сухого хода инвертируют сигналы первых транзисторов, то есть при открывании - вторые транзисторы закрываются. Это можно видеть по изменению напряжения гнезда «в» на панели станции в цепи 72 (рис.12.1) при замыкании и размыкании $КВУ$.

Выходным элементом блока управления служит промежуточное реле $KL1$. Его контакт $KL1:1$ выключает магнитный пускатель $KM2$ электронасоса. Катушка $KL1$ питается током коллектора $VT9$ при его открывании и включает электродвигатель в работу.

Транзистор $VT9$ открывается током базы через пороговый элемент стабилитрон $VD34$ при подаче на цепь 56 положительного напряжения при следующих режимах:

- режиме местного управления переводом 2 в положение «пуск», обозначенное на станции символом «I»;

- в режиме дистанционного управления «ДУ» после замыкания контакта PIB исполнительного реле включения - по цепи 57 открывается $VD1-4$ и $VT9$;

- в режиме автоматического управления «АУ» при размыкании *KHY* (уровень воды ниже контакта датчика нижнего уровня) по цепи 56 током стока *VD1-4*. Последний открывается отрицательным напряжением на конденсаторе *C12*, который заряжается через *R41*, когда *KL1:2* замкнут с переменного резистора *R40* по цепи 58, 55, 24, *R14* при закрытом *VD7-3* (он открывается только после замыкания *KHY*). Время заряда *C12* - задержка на выключение электронасоса - определяется сопротивлением *R41* и положением ползунка переменного резистора *R40*. Оно устанавливается при настройке в пределах $0...2 \pm 2$ с для обеспечения селективности самозапуска электронасоса.

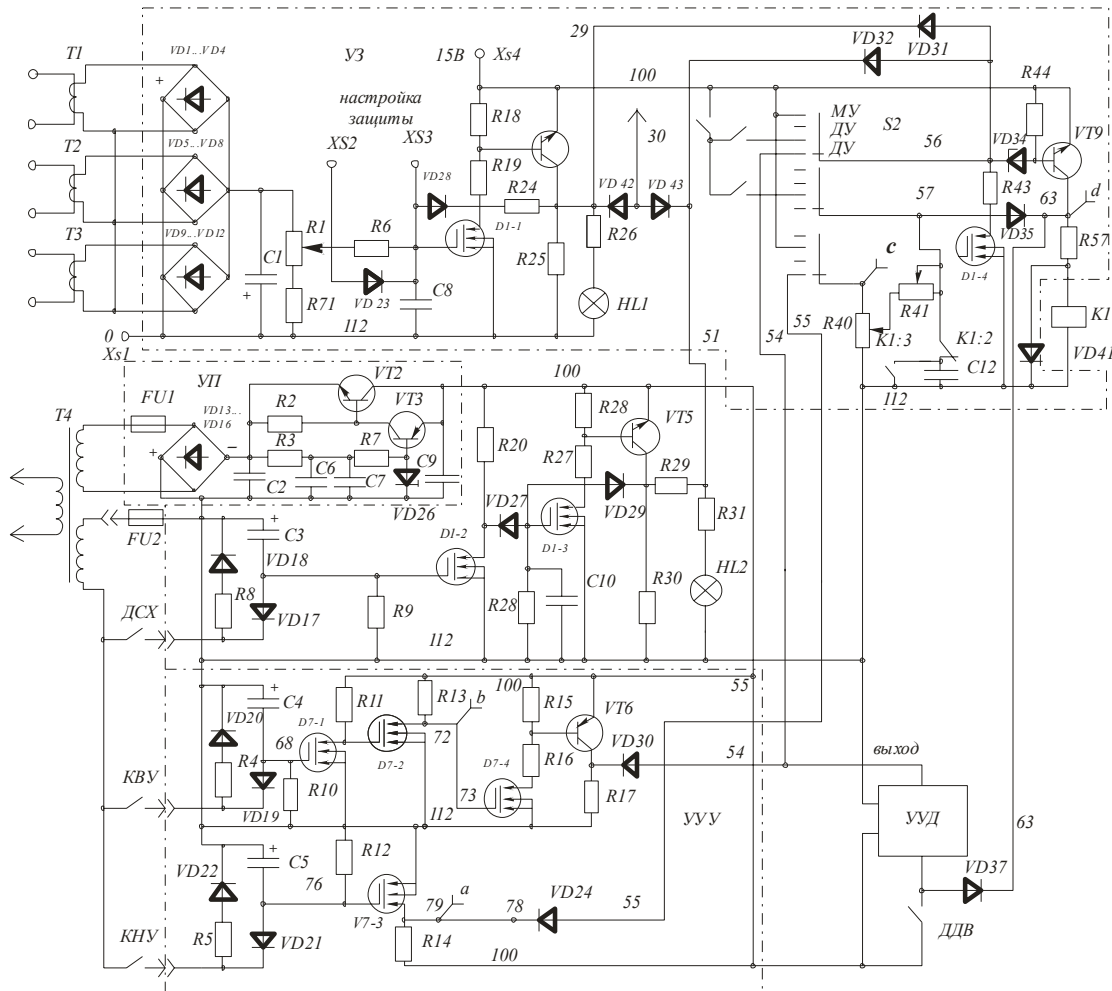


Рисунок 12.1.- Принципиальная электрическая схема устройства «Каскад».

После открывания затвора *VT9* через диод *VD1-4* цепь 35 соединяется с цепью 100 (общий минус). Этим обеспечивается работа электронасоса после замыкания водой *KHY* до закрытия *VT9*. Запирание *VT9* (и отключение электродвигателя) происходит при соединении базы транзистора цепь 56 с цепью 100:

- в режиме местного управления - переводом 2 в положение «стоп», обозначенное на станции символом «0»;

- в режиме дистанционного управления (*ДУ*) исполнительным реле «отключить» (*РЮ* замыкается);

- в режиме автоматического управления (*АУ*) - по цепи 54 от узла датчика верхнего уровня (при замыкании *KBY* открывается *VD7-1* и закрывается *VD7-2*, открывается *VD7-4* и *VT6*, база *VT9* соединяется (через *VT6*) с цепью 100 и он закрывается;

- в любом режиме при размыкании датчика сухого хода (ДСХ) закрывается *VD1-2*, открывается *VD1-3* и *VT5*. По цепи *51* через *R31* отрицательный потенциал подается на базу *VT9*, закрывая его.

При открывании *VT5* через *R29* отрицательный потенциал подается на затвор *VD1-3*, поддерживая его в открытом состоянии, и, тем самым, *VT5* и *VT9* - в закрытом. После отключения станции от датчика сухого хода новое включение может произвести только персонал после выяснения причин отключения. В цепи коллектора *VT5* установлена аварийная сигнальная лампа *HL2* отключения от сухого хода:

- от узла токовой защиты - в любом режиме при срабатывании *VT4* по цепи *29* через *VD31*.

Сигнализация аварийного отключения сигнальной лампой *HL1*, аварийное отключение запоминается, новое включение может выполнить только персонал.

Узел токовой защиты содержит три согласующих трансформатора тока – *TA1*, *TA2*, *TA3*. Их первичные обмотки включены в питающие цепи обмоток двигателя. Напряжение вторичных обмоток выпрямляются тремя диодными мостами *VD1...VD4*, *VD5...VD8*, *VD9...VD12*. Все мосты по постоянному току соединены параллельно, они заряжают конденсатор *C1*. Напряжение на *C1* определяется напряжением, развиваемым любым из мостов. Так как ЭДС вторичных обмоток *TA1*, *TA2*, *TA3* определяется токами первичных обмоток, то и напряжение на *C1* определяется наибольшим током любой из фаз двигателя. Часть этого напряжения, снимаемая с движка *R1* между гнездами *x:1* «0» и *x:2* (на станции левое гнездо «защита») подведена к цепочке *R6-C8*.

Конденсатор *C8* ($4,7 \text{ мкФ}$) заряжается через *R6* ($1,6 \text{ МОм}$) с постоянной времени заряда $T = 1,6 \cdot 10^6 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6} = 7,5 \text{ с}$. Отрицательный потенциал на затворе *I* транзистора *VD1-1* растет, и если он превысит напряжение открывания, в цепи его стока потечет ток. Сопротивление между истоком и стоком открытого транзистора составляет всего десятки *Ом*, транзистор *VT4* открывается, закрывая *VT9*, и, отключая двигатель. Состояние аварийного отключения запоминается благодаря цепочке *R24-R28*, подающей отрицательный потенциал на затвор *VD1-1*. При этом светится лампа *HL1* - «авария», сигнал аварийного отключения через разъем *x:28* можно вывести для дистанционной сигнализации - цепь *30* колодки внешних соединений.

Вопросы для самоконтроля

- 6) Назначение МПЦУ?
- 7) Конструкция МПЦУ?
- 8) Структурная схема МПЦУ?

Список литературы

Основная

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.

Дополнительная

2. Усанов, К.М. Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Усанов К.М., Улыбина Т.В., Каргин В.А. –Саратов: СГАУ, 2009. – 60с.: ил. – 100экз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бородин, И. Ф.** Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ И.Ф. Бородин, С.А. Андреев. – М.: КолосС, 2005–352с.: ил. –10000 экз. –ISBN 5-9532-0140-0.
2. **Яковлев, Б. Б.** Теория автоматического управления [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Б.Б. Яковлев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. –567с.: ил. – 10000экз. – ISBN:5060040968. –ISBN-13(EAN): 9785060040968.
3. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ К.М. Усанов, А.Я. Змеев, Т.В. Улыбина, А.В. Волгин, В.А. Каргин, , Е.А. Четвериков, под ред. К.М. Усанова.–Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». –2010. – 108с.: ил. –100экз. –ISBN978-5-7011-0691-6.
4. **Ерошенко, Г.П.** Эксплуатация электрооборудования [Текст]: учебник для вузов/ Г. П. Ерошенко, А.П. Коломиец А.П. – М.: КолосС, 2008. –344с.: ил. 10000экз. – ISBN 978-5-9532-05.
5. **Усанов, К.М.** Автоматизация технологических процессов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Усанов К.М., Улыбина Т.В., Каргин В.А. –Саратов: СГАУ, 2009. – 60с.: ил. – 100экз.
6. **Карташов, Б. И.** Практикум по автоматике. Математическое моделирование систем автоматического регулирования [Текст]: учеб. пособие для вузов/Б.И. Карташов.– М.: Колос, 2004.–184 с. : ил. –10000 экз.
7. **Водовозов А. М.** Элементы систем автоматики [Текст]: учеб пособие для вузов/А.М. Водовозов.- М.:Академия. –2006. –224с.: ил. –10000 экз. – ISBN 5-7695-2934-2.
8. **Слайковская, В. А.** Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения.[Текст]: В. А. Слайковская.- учебное пособие для вузов.- - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2007.-18с.:ил.-100экз.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Основные положения теории автоматического управления	4
1.1. Основные определения	4
1.2. Особенности комплексной автоматизации.....	6
Вопросы для самоконтроля.....	7
Список литературы	7
Лекция 2. Основные принципы регулирования	8
2.1. Системы САУ и САР	8
2.2. Принципы автоматического управления	8
Вопросы для самоконтроля.....	10
Список литературы	10
Лекция 3. Классификация САУ	11
3.1. Определяющие признаки классификации САУ.....	11
Вопросы для самоконтроля.....	16
Список литературы	17
Лекция 4. Математические модели САУ	18
4.1. Объект исследования	18
4.2. Положения, лежащие в основе линеаризации.....	19
4.3. Геометрическая интерпретация и пример линеаризации	23
4.4. Метод преобразования Лапласа.....	23
Вопросы для самоконтроля.....	24
Список литературы	24
Лекция 5. Исследование технологических процессов	25
5.1. Классификация технологических процессов как объектов управления.....	25
5.2. Модели объектов и систем управления	27
5.3. Каскадные САУ	28
Вопросы для самоконтроля.....	30
Список литературы	30
Лекция 6. Автоматические регуляторы	31
6.1. Задачи автоматического регулятора	31
4.2. Регуляторы непрерывного действия	32
Вопросы для самоконтроля.....	34
Список литературы	35
Лекция 7. Качественные показатели САУ	36
7.1. Основные показатели качественного регулирования.....	36
7.2. Выбор регулятора.....	36

7.3. Устойчивость систем регулирования.....	37
7.4. Исследование объектов управления.....	38
Вопросы для самоконтроля.....	39
Список литературы.....	40
Лекция 8. Принципы разработки схем автоматизации технологических процессов.....	41
8.1. Общие положения разработки схем АТП.....	41
8.2. Особенности выполнения и чтения схем автоматизации.....	43
Вопросы для самоконтроля.....	49
Список литературы.....	49
Лекция 9. Автоматизация послеуборочной обработки зерна.....	50
9.1. Зерносушилка А1-ДПС-50.....	50
9.2. Учет работы зерносушилки А1-ДПС-50.....	51
9.3. Автоматизация и контроль работы зерносушилки.....	52
9.4. Охрана труда, техника безопасности и противопожарные мероприятия.....	54
Вопросы для самоконтроля.....	57
Список литературы.....	57
Лекция 10. САР с двухпозиционными регуляторами. Общие сведения.....	58
10.1. Принцип действия и характеристики двухпозиционных регуляторов.....	58
10.2. Описание процесса регулирования.....	59
Вопросы для самоконтроля.....	62
Список литературы.....	62
Лекция 11. Микропроцессорные цикловые программируемые цикловые устройства (МПЦУ).....	63
11.1. Назначение МПЦУ.....	63
11.2. Конструкция МПЦУ.....	64
11.3. Порядок включения, система команд и режимы работы МПЦУ.....	65
Вопросы для самоконтроля.....	68
Список литературы.....	68
Лекция 12. Станции управления скважинными электронасосами.....	69
12.1. Назначение и виды насосных станций.....	69
12.2. Основные режимы работы насосных установок.....	70
12.3. Основные принципы управления автоматизированной станции «Каскад».....	71
Вопросы для самоконтроля.....	75
Список литературы.....	75
Библиографический список.....	76
Содержание.....	77