

*Министерство общего и профессионального образования РФ
Российский химико-технологический универси им. Д. И. Менделеева*

Новомосковский институт

В.В. Силин

Основы автоматического управления

Утверждено редакционным советом в качестве
учебного пособия

Новомосковск

УДК 62-52

ББК 32.965

С-362

В.В. Силин. Основы автоматического управления: Учебное пособие / НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск. 70 с.

Настоящее руководство предназначено для студентов специальности 19.08.00 „Метрология и метрологическое обеспечение”, обучающихся по заочной форме. Оно состоит из трех частей: программы курса „Основы автоматического управления”, методических указаний по изучению этого курса, заданий по двум контрольным работам и методических указаний по их выполнению.

Знакомство с программой и методическими указаниями позволит рационально подойти к освоению курса, а контрольные работы, помещенные для самопроверки в конце методических указаний к каждой главе, помогут глубже понять основные положения изучаемого предмета.

Табл.2. Библиограф. 29 назв., 12 ил.

Под редакцией академика Д.П. Вента

Рецензент: канд. техн. наук, зав. кафедрой ВТ, доцент

В.И. Воробьев (НИ РХТУ)

Глава 1. Программа курса

1.1. Линейные системы автоматического управления

1.1.1. Введение

Роль и значение автоматизации технологических процессов.

Социальное и техническое значение автоматизации.

Основные виды и структуры систем автоматизации (автоматический контроль, автоматическое регулирование, автоматическое управление). Определение и основные задачи теории автоматического управления (ТАУ). Этапы развития ТАУ. Современные тенденции развития систем управления.

1.1.2. Основные понятия и определения ТАУ

Определения автоматической системы регулирования (АСР). Объект регулирования, регулируемая величина, автоматические регуляторы АСР. Возмущающие и управляющие воздействия, ошибка регулирования.

Классификация основных элементов АСР по назначению: чувствительные, сравнения, усилители, управляющие, исполнительные органы, задающие устройства.

Основные классы АСР. Системы стабилизации, программного регулирования, следящие, экстремальные, оптимальные и адаптивные.

Классификация АСР по принципу регулирования. Основные виды алгоритмов управления. Регулирование по отклонению регулируемой величины от заданного значения, по возмущающему воздействию.

1.1.3. Уравнения, передаточные функции, частотные и временные характеристики АСР

Уравнения статики и уравнения динамики. Статические характеристики АСР.

Зависимость статической точности от коэффициента усиления АСР.

Понятие о математическом описании систем управления. Методика составления дифференциальных уравнений АСР. Разбиение АСР на звенья, составление уравнений звеньев и АСР. Линеаризация уравнений звеньев.

Преобразование Лапласа и его свойства.

Понятие о передаточной функции (п.ф.) звена. Выражение уравнения звена через передаточную функцию. Формы записи передаточной функции. П.ф. типовых динамических звеньев АСР: усилительного, апериодического (инерционного) первого порядка, интегрирующего, дифференцирующего, колебательного, консервативного и звена чистого запаздывания.

Частотные характеристики АСР. Комплексная частотная функция АСР. Физический смысл модуля и аргумента. Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) АСР. Частотные характеристики: амплитудная, фазовая, вещественная, мнимая. Логарифмические частотные характеристики.

Типовые возмущающие воздействия. Единичная ступенчатая функция, единичный импульс, синусоидальное возмущение.

Понятие о временных характеристиках типовых звеньев, физический смысл правых и левых частей и коэффициентов уравнений звеньев. Свободное и вынужденное движение АСР. Зависимость характера свободного движения от корней характеристического уравнения. Общий вид решения однородного уравнения.

Понятие структурной схемы. Правила преобразования структурных схем. Определение передаточных функций одноконтурной и многоконтурной систем. Уравнение замкнутой АСР, выраженное через п.ф. звеньев. П.ф. замкнутой системы по управляющему и возмущающему воздействиям. П.ф. объекта и регулятора. Связь между п.ф. разомкнутой и замкнутой АСР.

9. Основные законы управления, их уравнения и графики.

1.1.4. Анализ устойчивости АСР. Критерии устойчивости

Понятие устойчивости. Теоремы Ляпунова об устойчивости.

Алгебраические критерии Гурвица и Рауса.

Критерий Михайлова. Кривая Михайлова и ее связь со знаками вещественных частей корней характеристического уравнения.

Частотный критерий устойчивости Найквиста.

Устойчивость систем с запаздыванием.

1.1.5. Анализ качества регулирования. Выбор параметров АСР, исходя из требований качества регулирования

Показатели качества регулирования. Определение понятий: время регулирования (переходного процесса), перерегулирование, степень затухания, статическая ошибка регулирования, максимальное динамическое отклонение.

Приближенные оценки качества регулирования по распределению корней характеристического уравнения. Интегральные оценки качества регулирования. Линейные и квадратичные интегральные оценки. Определение искомых параметров АСР по минимуму интегральной оценки.

Приближенные частотные оценки качества регулирования. Связь вещественной частотной характеристики с показателями переходного процесса.

Методы построения кривых переходного процесса. Аналитическое решение линейных дифференциальных уравнений, операторный метод. Применение ЭВМ.

Метод трапецеидальных характеристик, порядок применения.

1.1.6. Основные способы улучшения качества регулирования

Основы расчета настроек регуляторов. Внутренние обратные связи (ОС) в линейных АСР. Определение ОС. Главные и внутренние ОС в АСР. Положительные и отрицательные ОС. Жесткие и гибкие ОС. Изодромные ОС. Изменение п.ф. звена при охвате его отрицательной ОС. Охват жесткой ОС инерционного и интегрирующего звеньев. Примеры введения ОС в АСР.

Пропорциональный (П) закон регулирования. Введение в закон регулирования воздействия по производным. Введение интеграла в закон регулирования. Астатические системы. Пропорционально-интегральный (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) законы регулирования.

Постановка задачи синтеза системы управления методом ЛЧХ.

Комбинированные системы с регулированием по возмущению. Условие полной компенсации действия возмущающего воздействия на объект.

1.1.7. Рекомендуемая литература

1. Теория автоматического управления: В 2-ух частях / Под ред. ак. А.А. Воронова. Часть 1. М.: Высшая школа, 1986. 367 с.

2. Клюев А.С. Автоматическое регулирование. М.: Энергия, 1967. 344 с.

3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1966. 992 с.

4. Ивашенко Н.Н. Автоматическое регулирование. М.: Машиностроение, 1973. 606 с.

5. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления: Под ред. Бесекерского В.А. М.: Наука, 1978. 512 с.

6. Наладка средств автоматизации автоматических систем регулирования : Справочное пособие / А.С. Клюев, А.Т. Лебедев,

С.А. Клюев, А.Г. Товарнов: под ред. А.С. Клюева. М.: Энергоатомиздат, 1989. 368с.

1.2. Автоматизированные системы управления

1.2.1. Введение

Социальное значение внедрения автоматизированного управления в производство.
Основные функции управления предприятием.
Основные задачи курса.

1.2.2. Общие сведения об автоматизированных системах управления и системах обработки информации

1. Основные понятия и определения.
2. Понятие системы.
3. Основные типы систем управления.
4. Основные понятия задачи оптимизации.
5. Структура и состав элементов АСУ промышленным предприятием.
6. Информационные потоки в АСУ.

1.2.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)

1. Этапы развития АСУ ТП.
2. Структура управляющих ЭВМ.
3. Задачи, решающие АСУ ТП.
4. Расчет экономического эффекта.

1.2.4. Автоматизированные системы организационного управления (АСОУ)

Основные задачи и функции.
Требования, предъявляемые к ЭВМ при построении автоматизированных систем.
Системы сбора и передачи данных.
Информационная база данных.
Рабочие программы, решающие задачи планирования и управления.
Основные принципы построения автоматизированных систем организационного управления.
Оптимизация как одно из преимуществ АСУ.
АСУ в организации системы планирования.
Виды информации, используемой при решении задач управления.

1.2.5. Электронные вычислительные машины

1. Этапы развития ЭВМ.
2. Структура ЭВМ.
3. Принципы представления информации в ЭВМ.
4. Операционные системы.
5. Алгоритмические языки, базы данных.
6. Организация ввода-вывода.
7. Устройство и принципы организации управляющих ЭВМ.
8. Взаимодействие человека с ЭВМ.
9. Общая характеристика СУБД. Интерфейс системы Fox Pro.
10. Базы, записи, поля данных.
11. Проектирование базы данных.
12. Основы разработки прикладных программ.
13. Отладка программ.

1.2.6. Обеспечивающие подсистемы

1. Техническое обеспечение.
2. Математическое обеспечение.
3. Программное обеспечение.
4. Информационное обеспечение.
5. Функциональное обеспечение.
6. Методическое обеспечение.
7. Проблемы разработки эффективной АСУ.
8. Основы организации банков данных.
9. Методы решения функциональных задач и алгоритмы обработки информации.
10. Современные методы проектирования АСУ.
11. Управление разработкой АСУ.
12. Подсистема оперативного планирования и управления основным производством.
13. Подсистема бухгалтерского учета.
14. Экономические и социальные аспекты АСУ.
15. Интегрированная среда программирования Fox Pro.

1.2.7. Математические методы в АСУ

1. Общие сведения о задачах оптимизации.
2. Понятие о системном анализе.
3. Одномерные задачи оптимизации.
4. Многомерные задачи оптимизации.
5. Задачи линейного программирования.

1.2.8. Рекомендуемая литература

1. Глушков В.М. Введение в АСУ. Издательство "Техника", 1974.-320 с.
2. Абдуллаев А.А., Алиев Р.А., Уланов Г.М. Принципы построения автоматизированных систем управления промышленными предприятиями: под ред. акад. Б.Н. Петрова. М.: Энергия, 1975. 440 с.
3. Автоматизация проектирования АСУ с использованием пакетов прикладных программ / Ю.М. Черкасов, В.А. Гринштейн, Ю.Б. Радашевич, В.И. Яловецкий. М.: Энергоатомиздат, 1987. 328 с.
4. Автоматическое управление в химической промышленности / под ред. Е.Е. Дудникова. М.: Химия, 1987. 368 с.
5. Гендель Е.Г., Левин Н.А. Оптимизация технологии обработки информации в АСУ. М.: Статистика, 1977. 232 с.
6. Эдельштейн Ю.Д., Вент Д.П., Рязанский Э.М. Автоматизированные системы управления предприятиями химической промышленности (учебно-методические указания). Новомосковск, 1984. 224 с.
7. Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Шелков А.Б. Достоверность, защита и резервирование информации в АСУ. М: Энергоатомиздат, 1986. 304с.
8. Дудников Е.Г., Левин А.А. Промышленные автоматизированные системы управления. М.: Энергия, 1973. 192с.
9. Беляков В.К., Голованов О.В. Автоматизация управления химической промышленностью. М: Химия, 1977. 280 с.
10. Минекер И.Н., Ицкович Э.Л. Методы анализа АСУ химико-технологическими процессами. М.: Химия, 1990. 120 с.
11. Ефитов Г.Л., Артемьев С.Б. АСУ ТП на химическом предприятии. М.: Химия, 1990. 160с.
12. Шапиро Ю.З. АСУ химическими производствами. Унифицированные решения. М.: Химия, 1983. 224 с.
13. Автоматизация проектирования АСУ с использованием пакетов прикладных программ / Ю.М. Черкасов, В.А. Гринштейн, Ю.Б. Радашевич, В.И. Яловецкий. М: Энергоатомиздат,1987. 328 с.

14. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1985. 352 с.
15. Мамиконов А.Г. Основы построения АСУ. М.: Высшая школа, 1981.
16. Г.Л Хелмс. Языки программирования: Краткое руководство. М.: Радио и связь, 1985. 176 с.
17. Б.Я. Советов. Введение в специальность. М.: Высшая школа, 1989. 128 с.
18. Сильвия Бемер. FoxPro 2.6 для Windows: Пер. с нем. К.: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1995, 464с.
19. Пинтер Л. Fox Pro 2.0 Applications Programming: Пер. с англ. М.: Издательство Эдель, 1994. 384 с.
20. Ф. Гринберг, Р. Гринберг. Самоучитель программирования на входном языке СУБД dBASE III: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 453 с.
21. Костюк В.И. Основы построения АСУ. М.: Сов. радио, 1977.
22. Ханенко В.Н. Информационные системы. Л.: Машиностроение, 1988.
23. Тихонов А.Н., Костомаров Д.П. Вводные лекции по прикладной математике. М.: Наука, 1984. 192с.

Глава 2. Методические указания

2.1. Линейные системы автоматического управления

Теория автоматического управления (ТАУ) - наука о путях и методах анализа и синтеза автоматических систем регулирования (АСР).

Задача анализа состоит в исследовании свойств готовых систем, т.е. таких систем, структура и параметры которых полностью известны. При этом проверяются такие показатели качества, как устойчивость системы, степень затухания переходных процессов, статическая точность регулирования и др.

Задача синтеза является более сложной задачей и состоит в определении структуры и параметров АСР, которые придали бы системе определенные желаемые свойства.

Теория автоматического управления в настоящее время представляет собой довольно развитую и бурно прогрессирующую науку. Знание основ является важным условием успешной деятельности специалиста по автоматизации производства.

2.1.1. Общие методические указания

Теория автоматического управления является сложной теоретической дисциплиной. Программа курса предусматривает ознакомление студентов с основными задачами, идеями и принципами автоматического управления и регулирования.

Теория автоматического управления тесно связана с курсом “Технические средства автоматизации”, в котором рассматриваются технические средства, используемые для построения АСР, примеры построения АСР, инженерные методы расчета, экспериментального исследования и моделирования систем регулирования.

Кроме изучения теоретического материала учебным планом предусматривается выполнение контрольных работ, проведение лабораторных занятий, сдача зачета.

Настоящее пособие содержит методические указания и контрольные вопросы по каждой из изучаемых тем, а также задания к контрольным работам.

Предлагаемая литература, методические указания и контрольные вопросы к темам позволяют определить основные задачи и вопросы той или иной темы, дополняя в этом отношении программу.

Изучение теории автоматического управления требует достаточно твердых знаний математики (в объеме институтской программы). Это требование относится, прежде всего, к таким разделам математики, как теория линейных дифференциальных уравнений, интегрального исчисления, теория функции комплексных переменных. Во многих случаях в учебных пособиях даются необходимые сведения из соответствующих разделов математики.

Недостаточная математическая подготовка является одной из причин значительных трудностей, с которыми приходится сталкиваться некоторым студентам при изучении ТАУ.

Усилия и внимание, направляемые на преодоление математических трудностей, нередко отвлекают их от усвоения существа идей, принципов, методов регулирования, если изучение начинается с подробного разбора математического обоснования этих идей и принципов. Поэтому целесообразно при первых чтениях того или иного раздела курса направить главное внимание на выделение и раскрытие сущности излагаемых в разделе идей, принципов, критериев, методов. Полезно, прежде всего, хорошо представить, что доказывается или обосновывается. После этого следует уделить внимание математическим выкладкам. В них также важно разобраться. Это позволит лучше понять сущность доказуемого и, что особенно важно, выявить ограничения и допущения, сделанные в процессе выводов.

Проникновение в доказательство основных выводов курса позволяет лучше понять взаимосвязь различных идей, принципов и методов регулирования, представить их сильные и слабые стороны, области их рационального применения. Такой подход к изучению теории управления необходим для успешного применения теории к решению практических задач автоматического управления. Этой же цели служат и лабораторные занятия.

Полезно также внимательно рассматривать примеры, приводимые в учебных пособиях для иллюстрации теоретических положений курса.

При изучении предмета полезно составлять конспект. Делать это можно по-разному. Например, в форме ответов на контрольные вопросы.

Учебная литература по теории автоматического управления обширна. В конце раздела приведен список рекомендуемой литературы.

Достаточно строго и полно материал изложен в учебнике под ред. Воронова А.А. (1), а также в книге Бесекерского В.А. (3). Определенную помощь в изучении отдельных разделов могут оказать и другие пособия, приведенные в списке. Практическую сторону курса ТАУ рекомендуется отрабатывать на задачах, помещенных в сборнике задач под ред. Бесекерского В.А. (5).

2.1.2. Основные понятия и определения теории автоматического управления

Литература

(1), (3), (4), Глава 1.

Методические указания

В этих темах даются основные понятия и определения теории автоматического управления.

В литературе, которая предложена по этим темам, нет каких-либо сложных математических выводов. На первый взгляд, при формальном рассмотрении материала, все может показаться очень простым. Однако это не совсем так. В этом помогут убедиться ответы на контрольные вопросы и внимательное рассмотрение примеров автоматических систем регулирования, приведенных в учебных пособиях. При рассмотрении этих примеров целесообразно составлять структурные схемы систем, находить регулируемые величины, регулирующие воздействия, элементы сравнения, управляющие и возмущающие воздействия, понять, как изменить задание регулятору. Полезно ответить на вопросы, является ли регулирование статическим или астатическим. Почему (указать конкретно) в случае, если система статическая, невозможно в принципе избежать статической ошибки регулирования.

Если система астатическая, полезно определить ее элемент, обеспечивающий астатизм. Очень важно проследить в каждом конкретном случае, каким образом осуществляется в системе отрицательная обратная связь, попробовать заменить ее положительной связью, убедиться, что при этом система не будет работоспособной. Такой подход к изучению примеров позволяет сознательно усвоить основные принципы и идеи автоматического регулирования, изложенные в этой теме, лучше понять их физическое содержание и смысл.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение автоматической системы регулирования, ее основных элементов и координат.
2. Какова роль отрицательной обратной связи в АСР (обратной связи с выхода объекта на вход регулятора)?

3. В чем состоят достоинства и недостатки регулирования по разомкнутому и замкнутому циклам?
4. В чем различие между регуляторами прямого и непрямого действия?
5. Чем отличается статическое и астатическое регулирование?
6. В чем различие между системами стабилизации регулируемой величины, программного управления и следящими системами?
7. Назовите основные принципы регулирования. Какой из них является наиболее универсальным и почему?
8. В чем состоят роль и значение структурных схем АСР? Перечислите основные правила их составления.

2.1.3. Уравнения, передаточные функции, частотные и временные характеристики АСР

Литература

- (1) Глава 2 (кроме параграфов 2.9, 2.10)
- (3) Главы 3, 4, 5 (кроме параграфов 5.5, 5.7)
- (4) Глава 9 (кроме пункта 2), глава 10.

Методические указания

Настоящая тема посвящена изложению математических основ и математического аппарата, широко используемого в теории управления. Хорошее и твердое усвоение материала данной темы имеет важное значение для последующей работы над курсом при изучении методов анализа и синтеза АСР.

Для решения любой задачи, связанной с анализом и синтезом АСР, необходимо, прежде всего, составить уравнение исследуемой системы. Различают два вида уравнений АСР - уравнения установившихся режимов, или уравнения статики, и уравнения переходных режимов, или уравнения динамики процессов регулирования. В данном разделе изучается общая методика аналитического составления уравнений АСР. Уравнения АСР определяют закон изменения регулируемой величины под влиянием возмущающих и управляющих воздействий. При анализе готовых АСР по уравнению определяются качественные показатели переходных процессов. При синтезе АСР решается обратная задача: по заданным показателям качества регулирования находятся уравнения и параметры системы, обеспечивающие желаемые показатели ее работы.

Составление уравнений - один из первых и важных этапов проектирования и исследования АСР. В то же время очень часто это трудоемкий процесс. Чтобы упростить уравнения, всегда приходится пренебрегать влиянием ряда факторов на процессы в объекте и регуляторе. Ищется оптимальное компромиссное решение: максимально возможное упрощение уравнений при сохранении достаточно правильной картины протекающих в системе процессов. Одним из мощных средств упрощения уравнений является переход от нелинейных зависимостей между физическими величинами в системе к зависимостям линейным, достаточно правильно описывающим реальные нелинейные процессы. Этот переход называют линеаризацией уравнений АСР. Важно понять физический смысл этой операции, физическое обоснование и математические методы ее проведения.

При составлении уравнений и исследовании динамических свойств АСР структурные схемы последних бывает полезно составлять так подробно, чтобы звенья были элементарны в такой степени, что каждое из них могло быть отнесено к одному из типовых динамических звеньев.

Надо хорошо усвоить свойства основных типовых динамических звеньев, знать их уравнения, частотные характеристики и примеры звеньев среди электрических, механических, пневматических и гидравлических устройств. Такие знания облегчают составление уравнений звеньев и системы в целом, раскрытие общих динамических свойств АСР.

Большое значение в теории управления имеет понятие о передаточных функциях (п.ф.) звена, АСР. Передаточные функции позволяют значительно упростить запись уравнений АСР и ее звеньев, что особенно полезно при составлении уравнений сложных многоконтурных систем.

Следует обратить внимание на выражение п.ф. звеньев системы через операторные многочлены соответствующих уравнений, на связь передаточных функций разомкнутой и замкнутой АСР.

Значительная роль в теории регулирования отводится частотным характеристикам звеньев и АСР. Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) замкнутой АСР полностью определяет свойства системы. Нередко уравнение системы составить не удастся, но имеется возможность экспериментального снятия АФХ. В этом случае роль АФХ особенно велика.

Контрольные вопросы:

- В чем состоит различие между уравнениями статики и динамики АСР (по содержанию и по форме)?
- Назовите характерные черты равновесного состояния АСР?
- Что такое статическая характеристика звена, АСР?
- Какие звенья называются астатическими? Приведите примеры таких звеньев.
- Каким путем можно повысить статическую точность регулирования (т.е. уменьшить статическую ошибку регулирования) в статических АСР?
- Какой порядок составления дифференциального уравнения отдельного звена АСР?
- Назовите основные типовые динамические звенья систем регулирования.
- Каковы уравнение, передаточная функция, частотные характеристики усилительного, интегрирующего, дифференцирующего, аperiodических 1-ого и 2-ого порядков, колебательного и консервативного звеньев и звена чистого запаздывания? Приведите примеры таких звеньев среди электрических, механических, пневматических, гидравлических устройств.
- Каков физический смысл постоянных времени интегрирующего и аperiodического звеньев?
- Что такое коэффициент усиления звена? Как его определить по временной характеристике, по передаточной функции, по амплитудно-фазовой характеристике звена?
- Как по уравнению замкнутой АСР можно определить, является ли система статической или астатической:
 - а) относительно возмущающего воздействия?
 - б) относительно управляющего воздействия?
- 14. Дайте определение передаточных функций звеньев разомкнутой, замкнутой АСР и объясните способ их получения.
- 15. Как аналитическим путем получить АФХ, какой физический смысл она имеет?
- 16. На какие составляющие частотные характеристики можно разложить АФХ? На примере покажите, какой вид будут иметь составляющие частотные характеристики, если задана АФХ замкнутой системы.

2.1.4. Анализ устойчивости линейных АСР

Литература

- (1) Глава 3 (кроме параграфа 3.10)
- (3) Глава 6
- (4) Глава 11

Методические указания

Всякая АСР должна быть устойчивой. Если устойчивую систему вывести из положения равновесия и предоставить самой себе, то она вернется в положение равновесия. Система, не обладающая этим свойством, называется неустойчивой и является неработоспособной.

Свойство устойчивости есть внутреннее свойство линейной системы. Оно определяется только параметрами самой системы и не зависит от причин, вызвавших первоначальное отклонение АСР от положения равновесия. В связи с этим анализ устойчивости АСР проводится на основе исследования левой части уравнения замкнутой АСР, так называемого характеристического уравнения системы.

Оказывается, что свободные составляющие движения АСР будут затухать и система будет устойчива, если корни характеристического уравнения, которые, в общем случае, являются комплексными величинами, имеют отрицательные вещественные части. Если хотя бы один корень имеет положительную вещественную часть, то соответствующая ему составляющая свободного движения будет постоянно расти и уводить систему от положения равновесия.

Таким образом, для ответа на вопрос об устойчивости системы следовало бы найти корни характеристического многочлена и посмотреть, каковы их вещественные части. Однако, такой путь неудобен. Часто желательно знать все возможные комбинации параметров регулятора, обеспечивающие устойчивость системы при заданном объекте регулирования. Находить для каждой такой комбинации параметров корни характеристического многочлена было бы весьма трудоемкой задачей.

Для того, чтобы облегчить анализ устойчивости АСР, используются так называемые критерии устойчивости. Они позволяют узнать, устойчива ли система или нет без определения значений корней характеристического уравнения, путем более простых вычислений.

Наиболее часто применяются критерии Гурвица, Рауса, Михайлова, Найквиста. Все они, хотя и различными путями, позволяют ответить на вопрос, все ли корни характеристического уравнения имеют отрицательные части или нет. При положительном ответе система будет устойчива, в противном случае нет. Критерии следует применять для систем 3-го и более высоких порядков.

Для систем с уравнениями 1-го и 2-го порядков достаточным условием является положительность всех коэффициентов характеристического уравнения. Для систем 3-го и более высоких порядков это условие необходимо, но не достаточно. Оно должно быть дополнено выполнением условий одного из критериев устойчивости.

При изучении критериев важно, прежде всего, усвоить формулировки этих критериев. Последние несложны, сложнее доказательства их правильности. Следует вначале понять формулировки и смысл критериев, а затем изучить их доказательства. Очень важно понять особенности применения критериев, выявить их достоинства и недостатки, знать, когда применять тот или иной критерий.

Задача анализа устойчивости важна и возникает тогда, когда параметры системы выбраны. Однако, часто возникает обратная задача выбора параметров системы (обычно параметров регулятора), обеспечивающих устойчивость АСР. Обычно для анализа устойчивости выбирают 1-3 параметра, остальные бывают заданы или определяются из других соображений (энергетических, конструктивных и т.д.).

Контрольные вопросы:

Сформулируйте понятие устойчивости АСР.

В чем состоят условия устойчивости для АСР с характеристическими уравнениями 1-го, 2-го, 3-го порядков?

Сформулируйте критерий Гурвица. К чему сводятся требования критерия Гурвица для АСР с характеристическими уравнениями 4-го и 5-го порядков?

Сформулируйте критерий Рауса. Почему этот критерий удобен для расчетов на ЭВМ?

Сформулируйте критерий Михайлова. Нарисуйте годографы Михайлова для системы 5-го порядка, если система устойчива, находится на границе устойчивости, неустойчива.

Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста. Нарисуйте амплитудно-фазовые характеристики устойчивой разомкнутой системы для случаев, когда замкнутая система устойчива и неустойчива.

Дайте сравнительную оценку критериям устойчивости, отметьте достоинства и недостатки каждого из них.

2.1.5. Анализ качества регулирования и выбор параметров АСР, исходя из требований качества регулирования

Литература

(1) Глава 4.

(3) Глава 7, 8

(4) Глава 12

Методические указания

Устойчивость и статическая точность регулирования являются первостепенными, но не единственными требованиями к АСР. Выполнение первого из них гарантирует затухание возникающих в системе переходных процессов. Выполнение второго обеспечивает приближение этих процессов к заданным равновесным режимам с достаточной точностью.

Но этого, оказывается, еще мало для удовлетворения всех требований к системе регулирования. Обычно имеется необходимость обеспечить не вообще затухание переходных процессов, а затухание достаточно интенсивное, с определенной скоростью, за определенное время и т. д.

Важным бывает не допустить в переходных режимах слишком больших отклонений регулируемой величины от положения равновесия, большого числа колебаний около этого положения.

Устойчивость имеет однозначное определение. Сравнительно просто находится и количественная оценка целесообразной статической точности регулирования. Значительно более сложной является задача рационального и оправданного выбора других показателей качества регулирования.

Следует обратить внимание на две главные стороны этой проблемы. Во-первых, надо хорошо представлять, как можно количественно оценить показатели желаемого переходного процесса. Существуют различные подходы к формированию таких оценок. Во-вторых, надо иметь в виду, что при формировании требований к качеству регулирования приходится учитывать большое число факторов, нередко противоречивого характера. Так, стремление иметь АСР высокого качества с точки зрения теории регулирования всегда вступает в противоречие с желанием иметь систему по возможности простую, дешевую и надежную в эксплуатации.

Таким образом, уже на стадии формирования требований к системе регулирования встает проблема поиска оптимальных компромиссных решений. От ее успешного решения во многом зависит успех в проектировании АСР.

Наличие обоснованных требований к качеству регулирования позволяет приступить к выбору структуры параметров АСР, удовлетворяющих этим требованиям. Часто структура регулирующего устройства (тип регулятора) может быть выбрана из опыта автоматизации процессов, аналогичных данному решению, с учетом конкретных желаемых показателей работы проектируемой системы. Если это удастся сделать, то становятся известны уравнения не только объекта, но и регулятора, а, следовательно, и АСР в целом:

$$\begin{aligned} (a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n)x = & (b_0s^m + b_1s^{m-1} + \dots + b_{m-1}s + b_m)y + \\ & + (c_0s^r + c_1s^{r-1} + \dots + c_{r-1}s + c_r)f \end{aligned}$$

В этом уравнении некоторые коэффициенты (те, что являются функциями искомых настроек регуляторов) не известны. Им надо задать такие значения, чтобы вся система приобрела требуемые качества.

Поставленная так задача, вообще говоря, очень сложна. Только в системах с уравнениями 1-го и 2-го порядков легко устанавливается непосредственная связь между прямыми показателями качества регулирования и коэффициентами уравнения. В системах более высокого порядка ($n \geq 3$) установить такую связь сложно. Это сильно затрудняет выбор коэффициентов уравнения АСР и настроек регуляторов по заданным показателям переходных режимов.

Для преодоления указанных трудностей разработаны так называемые косвенные оценки качества регулирования. Они, с одной стороны, достаточно явственно связаны с прямыми показателями качества регулирования. С другой стороны, связь их с параметрами системы устанавливается сравнительно просто.

Процесс синтеза АСР с использованием косвенных оценок имеет две стадии. На первой стадии устанавливается связь между заданными прямыми и косвенными показателями качества регулирования, и определяются последние. Затем по косвенным оценкам определяются параметры системы.

При изучении методов синтеза АСР с использованием косвенных оценок качества регулирования полезно найти границу между указанными стадиями и усвоить содержание каждой из них.

Среди косвенных оценок регулирования наибольшее распространение получили следующие три группы оценок: по расположению корней характеристического уравнения, интегральные и частотные.

Оценки качества регулирования по расположению корней характеристического уравнения используют понятие степени устойчивости и степени колебательности системы. Каждому конкретному значению степени устойчивости (или степени колебательности) соответствует определенная область расположения корней в комплексной плоскости, определенная степень удаления корней от мнимой оси. Это позволяет установить связь между степенью устойчивости (или степенью колебательности) и скоростью затухания переходных процессов. После этого можно найти параметры системы, обеспечивающие нужную скорость затухания переходных процессов.

Интегральные оценки качества основаны на вычислении некоторых определенных интегралов. Например, широко применяется квадратичная оценка, которая характеризуется интегралом:

$$I_2 = \int_0^{\infty} \varepsilon^2 dt ,$$

где ε - разность между действительным значением регулируемой величины и ее значением в новом положении равновесия, которое наступит после окончания переходного процесса.

Интеграл I_2 является функцией параметров системы.

Идея применения интегральных оценок состоит в том, чтобы подобрать такие параметры системы, которые обеспечивали бы минимальное значение интеграла. Действительно, чтобы не допускать больших значений I_2 , надо, как это видно из формулы, не допускать больших значений ε . Чем меньше ε , тем меньше время переходного процесса, тем лучше качество регулирования и меньше интеграл I_2 .

Частотные оценки основаны на исследовании частотных характеристик замкнутой (или разомкнутой) АСР.

Например, связь между показателями качества регулирования и вещественной характеристикой замкнутой системы $P(\omega)$ отражена в следующей аналитической зависимости:

$$x(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t dt ,$$

где: $x(t)$ - изменение регулируемой величины в переходном процессе.

Исследование данной зависимости позволило установить оценки качества регулирования по виду вещественной частотной характеристики. Используя эти оценки, можно по прямым показателям качества регулирования найти нужную форму вещественной частотной характеристики. Затем находят параметры системы, обладающей нужной характеристикой, а, следовательно, и желаемыми показателями качества регулирования.

Изучению методов синтеза АСР с применением косвенных оценок качества регулирования следует уделить большое внимание. Этот один из важнейших разделов курса. Он содержит большой объем практических рекомендаций о том, как проектировать АСР.

Как и при изучении других методов теории регулирования, здесь следует внимательно проанализировать достоинства и недостатки методов косвенных оценок, определить области рационального применения каждой из них. Следует иметь в виду, что это приближенные методы. Поэтому полезно попытаться хотя бы в общих чертах выявить причины, влияющие на степень приближения расчетов к истинным закономерностям.

После того, как все параметры определены, полезно проверить, в какой мере спроектированная система обладает нужными свойствами. Для этого строят кривые переходных процессов при действии наиболее тяжелых возмущений, типичных для работы системы и анализируют эти кривые.

Кривые переходных процессов могут быть построены различными методами. Задача сводится обычно к решению дифференциальных уравнений. Она может быть решена

аналитическими и графоаналитическими методами, с помощью моделирующих и цифровых вычислительных устройств.

Применение классического метода решения линейных дифференциальных уравнений связано с операциями вычисления корней характеристического многочлена и определения постоянных интегрирования из начальных условий.

Применение операционного исчисления позволяет исключить такой этап решения задачи, как определение постоянных интегрирования, потому что заданные начальные условия автоматически учитываются в процессе решения. Нахождение решения облегчается также возможностью использования для этой цели специальных таблиц (оригиналы функций находят по их изображениям по Лапласу) и теории операционного исчисления.

Если расчет АСР с самого начала ведется частотными методами, то удобно для построения кривой переходного процесса (реакцию на возмущение в виде ступеньки или импульса) применять метод трапецеидальных характеристик Солодовникова. Для использования этого метода надо иметь вещественную частотную характеристику замкнутой системы. Если она была построена в процессе синтеза системы, то построение переходного процесса несложно. Работа облегчается применением специальных таблиц и средств вычислительной техники. Метод особенно ценен, если известны уравнения не всех звеньев, а часть из них задана частотными характеристиками.

В данной теме основное внимание рекомендуется уделить численным методам построения переходных процессов с использованием цифровых вычислительных машин.

Контрольные вопросы:

Укажите основные прямые показатели качества регулирования, дайте им краткую характеристику, используя для этого график переходного процесса.

Укажите приближенные косвенные оценки качества регулирования. В чем состоит общая идея применения косвенных оценок качества регулирования при синтезе АСР (при выборе параметров АСР и требований качества регулирования)?

3. Дайте определение понятию “степень устойчивости системы”. Как выбирается значение степени устойчивости, обеспечивающее желаемую скорость затухания свободных составляющих переходного процесса?

4. Дайте определение понятию “степень колебательности системы”.

5. Укажите основные интегральные оценки качества регулирования. Поясните их геометрический смысл.

6. В чем состоит идея применения интегральных оценок для выбора параметров АСР? Отвечая на этот вопрос, проанализируйте выражения интегральных оценок.

7. Напишите формулу, связывающую процесс регулирования и вещественную частотную характеристику системы. Перечислите свойства вещественной частотной характеристики и соответствующие им свойства процесса регулирования при единичном ступенчатом воздействии.

8. Дайте краткую характеристику применения аналитического метода решения линейных дифференциальных уравнений для построения кривой переходного процесса регулирования.

9. Дайте краткую характеристику построения кривой процесса регулирования путем решения дифференциального уравнения системы с помощью преобразования Лапласа.

10. Как приближенно построить кривую процесса регулирования по вещественной частотной характеристике разомкнутой системы методом трапецеидальных характеристик?

2.1.6. Основные способы улучшения процесса регулирования

Литература

(1) Глава 5, §§ 5.1, 5.2, 5.4, 5.5, 5.7

(3) Глава 10, §§ 10.4, 10.5

(4) Глава 17

Методические указания

Наиболее простыми обычно являются одноконтурные АСР. Однако, далеко не всегда удается с помощью такой простейшей структурной схемы построить систему регулирования с желаемыми свойствами. Так, может оказаться, что выбранная одноконтурная схема является структурно-неустойчивой, т.е. никаким выбором параметров ее звеньев нельзя обеспечить устойчивость системы. Иногда такая структура не обеспечивает должного запаса устойчивости или каких-то других показателей качества регулирования (например, одновременного удовлетворения требований устойчивости и статической точности регулирования).

Во всех этих случаях приходится видоизменять структуру АСР с целью улучшения ее свойств.

Основными путями улучшения процессов регулирования являются:

- а) введение внутренних (дополнительных) обратных связей, охватывающих одно или несколько звеньев;
- б) введение в закон регулирования воздействий по производным;
- в) введение интеграла в закон регулирования;
- г) введение в закон регулирования составляющих внешних воздействий на систему (от возмущающих и управляющих воздействий).

Введение внутренних обратных связей позволяет изменить динамические свойства отдельных участков цепи регулирования. При этом инерционность внутреннего (дополнительного) контура значительно меньше инерционности внешнего (основного) контура. Это условие позволяет определить последовательность расчета настроек регулятора основного и дополнительного контуров и при правильном введении обратных связей и выборе передаточных функций преодолеть ограниченность одноконтурной схемы.

Введение в закон регулирования воздействий по производным позволяет составить закон регулирования с некоторыми элементами предвидения, улучшающими динамику процесса, снижающими его колебательность и повышающими быстродействие системы.

Введение интегральной зависимости в закон регулирования позволяет статическую систему преобразовать в астатическую и, таким образом, исключить противоречия между требованиями статической точности и устойчивости.

Введение в закон регулирования воздействий от внешних возмущений позволяет скомпенсировать влияние возмущений на регулируемую величину. В принципе, это влияние можно устранить полностью. Практически удается устранить его основную часть, облегчив тем самым задачу системы, работающей по отклонению.

При изучении темы следует прежде всего вникнуть в физическое содержание каждого из рассматриваемых путей улучшения процессов регулирования. Кроме достоинств, о которых кратко было сказано выше, у каждого способа улучшения качества регулирования имеются недостатки и трудности в осуществлении. Выявление и знание их столь же важны, как и знание достоинств. Это нужно для построения в каждом конкретном случае наиболее рациональной схемы регулирования.

В получении таких знаний весьма полезным является рассмотрение принципиальных схем устройств, реализующих обратные связи (жесткие и гибкие), введение производных и интеграла в закон регулирования, воздействий от внешних возмущений на систему.

Следует иметь в виду, что все перечисленные способы применимы для улучшения свойств не только одноконтурных систем, но и систем любой другой структуры, если последние по каким-то показателям оказываются неудовлетворительными.

Контрольные вопросы:

Назовите основные пути улучшения процессов регулирования и дайте краткую характеристику их достоинств и недостатков.

Дайте определение обратной связи. Напишите передаточную функцию участка, состоящего из звена, охваченного отрицательной обратной связью.

Перечислите различные виды обратных связей и дайте их краткую характеристику.

Как изменится зависимость между выходной и входной величинами апериодического и интегрирующего звена, если их охватить отрицательной жесткой обратной связью?

Дайте определение структурно-неустойчивой системы. Приведите примеры такой системы.

2.2. Автоматизированные системы управления

Общие методические указания

Автоматизированная система управления (АСУ)—человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах человеческой деятельности. В отличие от систем автоматического управления, внедряемых в основном в технические и технологические системы, АСУ предполагает обязательное и непосредственное участие людей в управлении. Работники, занятые в производстве и управлении и обеспечивающие развитие и совершенствование производства, составляют аппарат управления. Они определяют цели и задачи, подготавливают и принимают решения.

Автоматизированные системы управления в химической промышленности представляют системы управления с применением современных автоматических и автоматизированных средств сбора и обработки информации, экономико-математических методов для регулярного решения задач по функциям и объектам управления. Такие системы и являются предметом курса “ Автоматизированные системы управления “.

2.2.1. Общие методические указания

Программа курса предусматривает ознакомление студентов с теорией, методологией и практикой управления в химической промышленности, а также с основными функциями управления предприятием.

Кроме изучения теоретического материала учебным планом предусматривается выполнение контрольных работ, проведение лабораторных и сдача зачета.

Настоящий раздел пособия содержит методические указания и контрольные вопросы по каждой из изучаемых тем, а также задания к контрольным работам.

Предлагаемая литература, методические указания и контрольные вопросы к темам позволяют определить основные задачи и вопросы той или иной темы.

Изучение автоматизированных систем управления требует достаточно твердых знаний в области системного анализа, программирования, методов оптимизации, организации ЭВМ и проектирования. Недостаточная подготовка студентов по перечисленным дисциплинам является одной из причин значительных трудностей, с которыми приходится сталкиваться им при изучении АСУ. Это мешает успешному применению теоретических знаний к решению практических задач управления.

При изучении предмета полезно составлять конспект. Внимательно и полно давать ответы на контрольные вопросы.

Учебная литература по автоматизированным системам управления обширна. В конце раздела дан список рекомендуемой литературы.

2.2.2. Общие сведения об автоматизированных системах управления и системах обработки информации

Литература

- (1) Введение; глава 2 ,пункт 1; глава 3
- (2) Часть 1
- (3) Глава 1

Методические указания

В этом разделе даются основные понятия и определения АСУ. Следует обратить внимание на главное отличие двух типов автоматизированных систем управления, которое заключается в характере объекта управления. Необходимо уяснить новые моменты, связанные с использованием ЭВМ и расширяющие возможности автоматического управления.

Контрольные вопросы:

Каковы предпосылки возникновения АСУ?

Дайте определение системы.

Что такое критерий управления и ограничения?

Какие три основных задачи решает любая система управления с точки зрения технологии ее функционирования?

Назовите основные типы автоматизированных систем управления. Перечислите их отличия друг от друга.

Поясните отличие автоматических и автоматизированных систем управления.

Поясните понятия критерий, ограничения.

2.2.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)

Литература

(1) Глава 3

(4) Часть 2, глава 6

(8) Глава 2

(10) Глава 2

(14) Глава 6, пункт 2

Методические указания

Необходимо проследить этапы развития АСУ ТП от простых устройств, оптимальных регуляторов до использования ЭВМ в контурах управления. Следует обратить внимание на использование и назначение устройства связи с объектом (УСО).

Рассмотреть принципы построения АСУ ТП с точки зрения надежности и сложности систем. Внимательно уяснить основные задачи, решаемые АСУ ТП, в том числе задачи оптимизации и программного управления.

Контрольные вопросы:

Перечислите специфические особенности АСУ ТП.

Перечислите этапы развития автоматических систем управления и решаемые на них задачи.

Назовите отличительные черты управляющих ЭВМ.

Охарактеризуйте основные задачи, решаемые АСУ ТП.

Назовите и поясните принципы структурного построения АСУ ТП.

Поясните понятия: оптимизация сложных технологических процессов, программное управление, автоматизированные системы проектирования.

2.2.4. Автоматизированные системы организационного управления (АСОУ)

Литература

- (1) Глава 3, пункт 2
- (14) Глава 6, пункт 3

Методические указания

При изучении этого раздела необходимо понять основную задачу таких систем, которая состоит в том, чтобы обеспечить оптимальное функционирование объекта управления, как единого целого, за счет правильного выбора целей и путей их достижения, наилучшего распределения заданий между отдельными частями, из которых состоит объект, и обеспечения их четкого взаимодействия. При этом должны решаться задачи учета, отчетности, оплаты труда и другие задачи, называемые рутинными.

Необходимо уделить внимание функционированию справочно-информационной системы.

Следует обратить внимание на составляющие основного эффекта, который дают АСОУ, особенно на экономию управленческого труда, позволяющую уменьшить управленческий аппарат.

Контрольные вопросы:

1. Какой объект можно назвать экономическим объектом?
2. Перечислите уровни иерархии экономических объектов.
3. Что такое информационная модель экономического объекта?
4. Перечислите задачи, решаемые в АСОУ.
5. Назовите требования, предъявляемые к ЭВМ общего назначения.
6. Что такое информационная база данных?
7. Для чего нужны рабочие программы?
8. Какие системы сбора и передачи данных используются в АСОУ?
9. Что такое системный подход к проектированию АСОУ?
10. Поясните принцип типизации проектных решений.
11. Приведите схемы автоматизации документооборота.
12. Перечислите специфические особенности АСОУ.
13. Назовите задачи, которые решают люди в системах организационного управления.
14. Поясните понятия: информационная база, справочно-информационная система, оптимальное функционирование объекта.
15. Назовите основные принципы построения АСОУ.
16. Поясните принцип единой информационной базы.
17. Назначение специального системного математического обеспечения.
18. Назовите и поясните пути создания информационной базы.
19. Что нового вносит АСУ в организацию системы планирования.

2.2.5. Электронные вычислительные машины

Литература

- (1) Глава 1
- (4) Часть 3, главы 7 и 8
- (5) Главы 2 и 3
- (11) Главы 2, 3, 4, 5
- (7) Часть 1, главы 1 и 2
- (13) Главы 1, 2, 3
- (16) (Бейсик)
- (18) Пункты 1, 2, 3, 7

Методические указания

Изучая этот раздел, необходимо получить как общие сведения о работе ЭВМ и ее основных узлов, так и уяснить структуру и организацию ЭВМ. Познакомившись с системами счисления, нужно освоить переход от одной системы счисления к другой, уяснить основные принципы представления и обработки информации в цифровых ЭВМ.

Особое внимание следует уделить вопросам организации ввода-вывода, поскольку эти устройства остаются самым узким местом современных ЭВМ.

Нужно рассмотреть назначение библиотек стандартных программ, возможности их применения для решения практических задач.

При этом важно понять, что самая обширная библиотека подпрограмм не может охватить всего разнообразия задач, решаемых на производстве. Поэтому большое значение приобретают алгоритмические языки и системы управления базами данных. Студентам предлагается ознакомиться с системой управления базами данных FoxPro. При выполнении второй контрольной работы необходимо составить, пользуясь средствами системы FoxPro, программу по обработке информации, разработав структуру базы данных.

Следует уяснить роль человека в АСУ и его взаимодействие с ЭВМ.

Контрольные вопросы:

1. Определите понятия: бит, байт, слово, файл, запись.
2. Перечислите основные устройства ЭВМ и их назначение.
3. Приведите структурную схему ЭВМ.
4. Назначение операционных систем.
5. Назначение алгоритмических языков и систем управления базами данных.
6. Перечислите этапы прохождения программы на ЭВМ.
7. Охарактеризуйте устройства ввода информации
8. Охарактеризуйте устройства вывода информации.
9. Какова роль человека в АСУ?
10. Поясните понятия: машинный язык, язык ассемблера, язык высокого уровня.
11. Какие системы счисления используются в ЭВМ?
12. Как осуществляется переход из одной системы счисления в другую?
13. Какую клавишу нужно нажать, чтобы ЭВМ обработала набранный на клавиатуре текст?
14. Что такое структура файла?
15. Как отобразить структуру файла FoxPro на экране?
16. Как осуществить модификацию структуры файла данных FoxPro?
17. Каковы преимущества использования индексирования по сравнению с применением сортировки?
18. Структура прикладной программы в системе Fox Pro.
19. Перечислите типы данных, используемых в Fox Pro.
20. Назовите методы отладки программ в системе управления базами данных.

2.2.6. Обеспечивающие подсистемы

Литература

- (12) Главы 2, 3, 4, 5, 6
- (17) Главы 2 и 4
- (6) Глава 1
- (3) Главы 7 и 9
- (9) Глава 2

Методические указания

Изучая данный раздел, необходимо обратить внимание на комплексы технических средств, на математическое обеспечение по первичной обработке информации и контролю ее достоверности.

Знакомясь с программным обеспечением АСУ, важно отметить такие требования как типизация программных решений и автоматизированное проектирование программного обеспечения.

Рассматривая автоматизированные системы управления современным химическим предприятием, следует учитывать выполнение основных задач управления в соответствии с заданными показателями при увязке в единое целое всех подсистем.

Особое внимание следует уделить системному подходу к проектированию АСУ.

Контрольные вопросы:

1. Что относится к техническому обеспечению АСУ?
2. Перечислите модули, входящие в математическое обеспечение.
3. Что принято называть программным обеспечением АСУ?
4. Назначение библиотек программных модулей.
5. Охарактеризуйте составляющие методического обеспечения: предварительное обследование, функциональный синтез, проектирование технического обеспечения, автоматизированное проектирование алгоритмического и программного обеспечений.
6. Назовите важнейшие характеристики информационного обеспечения.
7. Перечислите функции системы управления на верхнем и нижнем уровнях.
8. Что относится к внутреннему информационному обеспечению?
9. Что такое система?
10. Охарактеризуйте системный подход к созданию АСУ?

2.2.7. Математические методы в АСУ

Литература

- (1) Глава 2
- (24) Глава 6
- (2) Часть 3, главы 10,11,12
- (1) Глава 2

Методические указания

Этот материал посвящен математическим вопросам, связанным с проблемой оптимизации. Явно или неявно мы встречаемся с оптимизацией в любой сфере человеческой деятельности от сугубо личного до самого высокого общественного уровня. Экономическое планирование, управление, распределение ограниченных ресурсов, анализ производственных процессов, проектирование сложных объектов всегда должно быть направлено на поиск наилучшего варианта с точки зрения намеченной цели.

При небывалом разнообразии задач оптимизации только математика может дать общие методы их решения. Однако для того, чтобы воспользоваться математическим аппаратом, необходимо сначала сформулировать интересующую нас проблему как математическую задачу, придав количественные оценки возможным вариантам, количественный смысл словам лучше, хуже.

Многие задачи оптимизации сводятся к отысканию наименьшего (или наибольшего) значения некоторой функции, которую принято называть целевой функцией или критерием качества. Постановка задачи и методы исследования существенно зависят от свойств целевой функции и той информации о ней, которая может считаться доступной в процессе решения, а также которая известна априори. Наиболее просты, с математической точки зрения, случаи, когда

целевая функция задается явной формулой и является при этом дифференцируемой функцией. В этом случае для исследования свойств функции, определения направлений ее возрастания и убывания, поиска точек локального экстремума может быть использована производная.

В последние десятилетия в условиях научно-технического прогресса круг задач оптимизации, поставленных практикой, резко расширился. Во многих из них целевая функция не задается формулой, ее значения могут быть получены в результате сложных расчетов, братья из эксперимента и т.д. Такие задачи являются более сложными, потому что для них нельзя провести исследование целевой функции с помощью производной. Приходится уточнять их математическую постановку и разрабатывать специальные методы решения, рассчитанные на широкое применение ЭВМ. Следует также учитывать, что сложность задачи существенно зависит от ее размерности, т.е. от числа аргументов целевой функции.

Следует большое внимание уделить одномерным задачам оптимизации, поскольку эти задачи наиболее простые на них легче понять постановку вопроса, методы решения и возникающие трудности. Но самое главное заключается в том, что алгоритмы решения многомерных задач оптимизации часто сводятся к последовательному многократному решению одномерных задач и не могут быть поняты без умения решать такие задачи.

Контрольные вопросы:

1. Что такое функция цели?
2. Какие задачи оптимизации называются задачами на условный экстремум?
3. Какие задачи оптимизации относятся к задачам линейного программирования?
4. Какая функция называется унимодальной?
5. Перечислите методы решения одномерных задач оптимизации.
6. Перечислите методы решения многомерных задач оптимизации.
7. Охарактеризуйте метод покоординатного спуска.
8. Что называется градиентом функции?
9. Основные положения метода градиентного спуска.
10. Какими преимуществами обладает метод наискорейшего спуска?
11. Проблема оврагов.
12. Проблема многоэкстремальности.
13. Сформулируйте задачу линейного программирования.
14. Основные положения симплекс-алгоритма решения задач линейного программирования.
15. Как выбрать исходное базисное решение?
16. Каким образом осуществляется переход к следующему базисному решению?

Глава 3. Контрольные задания

По курсу ОТАУ и АСУ студент обязан выполнить две контрольные работы. Сроки их выполнения и сдачи указаны в учебном графике. Выбор варианта оговаривается в задании к каждой контрольной работе отдельно. В некоторых случаях вариант задается преподавателем индивидуально.

3.1. Контрольная работа №1

А. Исходное дифференциальное уравнение имеет вид:

$$T_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$$

Числовые значения коэффициентов определяются следующим образом:

T_2 равняется порядковому номеру в алфавите первой буквы фамилии;

T_1 равняется порядковому номеру в алфавите первой буквы имени;

k равняется порядковому номеру в алфавите первой буквы отчества.

Кроме того, если последняя цифра шифра нечетная, то перед T_1 ставится знак (-), если предпоследняя цифра шифра нечетная, то перед $y(t)$ ставится знак (-). Если одна из цифр равна 0, то соответственно T_1 или $y(t)$ равны 0.

Задание

Вывести формулы передаточной функции и переходной функции, построить график переходного процесса.

2. Вывести и построить семь частотных характеристик (амплитудно-частотную, фазо-частотную, вещественную и мнимую частотные, амплитудно-фазовую, логарифмические амплитудную и фазовую частотные характеристики).

Методические указания

Для выполнения контрольной работы №1 (А) необходимо знание отдельных разделов из курса высшей математики по темам: “Операционное исчисление” и “Функции комплексного переменного”:

- а) преобразование Лапласа;
- б) решение дифференциальных уравнений операторным методом;
- в) действия с комплексными числами.

После определения числовых значений коэффициентов заданного дифференциального уравнения, используя свойство линейности

$$L\{\alpha x_1(t) + \beta x_2(t)\} = \alpha L\{x_1(t)\} + \beta L\{x_2(t)\}$$

и правило дифференцирования оригинала при нулевых начальных условиях

$$L\{x^{(n)}(t)\} = s^n X(s),$$

от исходного дифференциального уравнения

$$T_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t),$$

перейдем к операторной форме его записи

$$T_2 s^2 Y(s) + T_1 s Y(s) + Y(s) = kX(s).$$

Исходя из определения, получаем передаточную функцию

$$W(s) = \frac{k}{T_2 s^2 + T_1 s + 1}.$$

При исследовании АСР одним из наиболее распространенных способов является подача на ее вход возмущающего воздействия определенной формы. Зная реакцию системы на возмущающий сигнал той или иной формы, можно рассчитать все необходимые качественные показатели АСР, т.е. определить ее поведение в самых различных условиях.

Типовыми возмущающими воздействиями являются:

- а) единичная ступенчатая функция

$$\sigma(t) = 1(t);$$

б) единичная импульсная функция

$$\delta(t) = \frac{d\sigma(t)}{dt} ;$$

в) гармоническое возмущение

$$x(t) = A \sin \omega t .$$

Для определения динамических характеристик исследуемого звена или АСР на вход подается одно из перечисленных воздействий.

Реакция звена на единичное ступенчатое воздействие называется *переходной функцией*. График переходной функции называется *переходным процессом*.

Реакция системы на единичную импульсную функцию называется *весовой функцией*. График весовой функции называется *импульсным переходным процессом*. Переходная и весовая функции называются *временными характеристиками*.

При подаче на вход гармонического возмущающего воздействия после окончания переходного процесса выходная величина также изменяется по гармоническому закону, но с другими амплитудой и фазой. Это свойство позволяет определить *частотные характеристики* звена или АСР.

Существует несколько методов определения временных характеристик и построения переходных процессов. В ТАУ наиболее часто используется операторный метод. Он заключается в следующем.

Имеется передаточная функция, которая по определению равна

$$W(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} ,$$

где : $Y(s) = L\{y(t)\}$, $X(s) = L\{x(t)\}$.

При $x(t) = 1(t)$ получим $y(t) = h(t)$. Тогда

$$X(s) = L\{1(t)\} = \frac{1}{s} \quad \text{и} \quad Y(s) = H(s).$$

Следовательно,

$$W(s) = H(s)s ,$$

откуда

$$H(s) = \frac{W(s)}{s} .$$

Чтобы получить переходную функцию $h(t)$, необходимо найти обратное преобразование Лапласа от $H(s)$:

$$h(t) = L^{-1}\{H(s)\}.$$

Обратное преобразование Лапласа выполняется с использованием таблиц изображений (см. таблицу 2) и теоремы разложения. Теорема разложения позволяет рациональную дробь представить в виде суммы простых дробей. Если знаменатель выражения $H(s)$ имеет n нулевых корней, m вещественных и l пар комплексных корней, то на основании теоремы разложения можно записать:

$$H(s) = \frac{R(s)}{s^n (s+a)^m (s^2 + bs + c)^l} =$$

$$= \frac{A_1}{s} + \frac{A_2}{s} + \dots + \frac{A_n}{s} + \frac{B_1}{s+a} + \frac{B_2}{(s+a)^2} + \dots + \frac{B_m}{(s+a)^m} +$$

$$+ \frac{C_1s + D_1}{s^2 + bs + a} + \frac{C_2s + D_2}{(s^2 + bs + a)^2} + \dots + \frac{C_l s + D_l}{(s^2 + bs + a)^l} .$$

После определения коэффициентов $A_1, \dots, A_n, B_1, \dots, B_m, C_1, \dots, C_l, D_1, \dots, D_l$ находится оригинал $h(t)$.

При определении частотных характеристик *амплитудно-фазовая характеристика (комплексная передаточная функция)* получается из передаточной функции $W(s)$ заменой оператора s на произведение $j\omega$.

$$W(j\omega) = W(s) \Big|_{s=j\omega} = \frac{b_0(j\omega)^m + b_1(j\omega)^{m-1} + \dots + b_{m-1}j\omega + b_m}{a_0(j\omega)^n + a_1(j\omega)^{n-1} + \dots + a_{n-1}j\omega + a_n} .$$

Существует две формы записи амплитудно-фазовой характеристики (АФХ):

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$$W(j\omega) = \operatorname{Re}(\omega) + j \operatorname{Im}(\omega) ,$$

где *амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)*

$$A(\omega) = \frac{A_{\text{ВЫХ}}(\omega)}{A} = \sqrt{\operatorname{Re}(\omega)^2 + \operatorname{Im}(\omega)^2} ;$$

фазо-частотная характеристика (ФЧХ)

$$\varphi(\omega) = \arg W(j\omega) ;$$

при

$$\left| \arg W(j\omega) \right| \leq \frac{\pi}{2} ;$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}(\omega)}{\operatorname{Re}(\omega)} ;$$

мнимая частотная характеристика

$$\operatorname{Im}(\omega) = A(\omega) \sin \varphi(\omega) ;$$

вещественная частотная характеристика

$$\operatorname{Re}(\omega) = A(\omega) \cos \varphi(\omega)$$

В качестве примера рассмотрим аperiodическое звено первого порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} .$$

Определим переходную функцию и частотные характеристики звена. Переходная функция определится как обратное преобразование Лапласа от выражения

$$H(s) = \frac{W(s)}{s} = \frac{k}{s(Ts + 1)}.$$

Разложим выражение $H(s)$ на простейшие дроби в соответствии с теоремой разложения. Учитывая, что в знаменателе $H(s)$ один нулевой и один вещественный корень, получим:

$$H(s) = \frac{k}{s(Ts + 1)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{Ts + 1} = \frac{ATs + A + Bs}{s(Ts + 1)}.$$

Определим A и B из соотношения

$$ATs + A + Bs = k.$$

Сравнивая коэффициенты при соответствующих степенях s в правой и левой частях уравнения, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} AT + B = 0 \\ A = k \end{cases},$$

Отсюда

$$\begin{aligned} A &= k \\ B &= -AT = -kT \end{aligned}.$$

Подставляя A и B в выражение для $H(s)$, получим:

$$H(s) = \frac{k}{s} - \frac{kT}{Ts + 1} = \frac{k}{s} - \frac{k}{s + \frac{1}{T}}.$$

Найдем обратное преобразование Лапласа и получим выражение для переходной функции:

$$h(t) = L^{-1}\{H(s)\} = k - ke^{-\frac{t}{T}} = k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right).$$

Подставляя в формулу для $h(t)$ различные значения t , получим таблицу координат переходной функции, по которой строится график переходного процесса.

Амплитудно-фазовую характеристику получаем заменой s на произведение $j\omega$:

$$W(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} = \frac{k(1 - Tj\omega)}{T^2\omega^2 + 1} = \frac{k}{T^2\omega^2 + 1} - j\frac{kT\omega}{T^2\omega^2 + 1}.$$

Отсюда

вещественная частотная характеристика

$$\operatorname{Re}(\omega) = \frac{k}{T^2\omega^2 + 1};$$

мнимая частотная характеристика

$$\operatorname{Im}(\omega) = \frac{-kT\omega}{T^2\omega^2 + 1};$$

амплитудно-частотная характеристика

$$A(\omega) = \sqrt{\frac{k^2}{(T^2\omega^2 + 1)^2} + \frac{(kT\omega)^2}{(T^2\omega^2 + 1)^2}} = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}} ;$$

фазо-частотная характеристика

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\frac{-kT\omega}{T^2\omega^2 + 1}}{\frac{k}{T^2\omega^2 + 1}} = \arctg(-T\omega) = -\arctg T\omega .$$

Подставляя различные значения ω из полуинтервала $[0, \infty)$ в полученные выражения для частотных характеристик, получаем значения координат графиков $Re(\omega)$, $Im(\omega)$, $A(\omega)$ и $\varphi(\omega)$ и строим соответствующие характеристики.

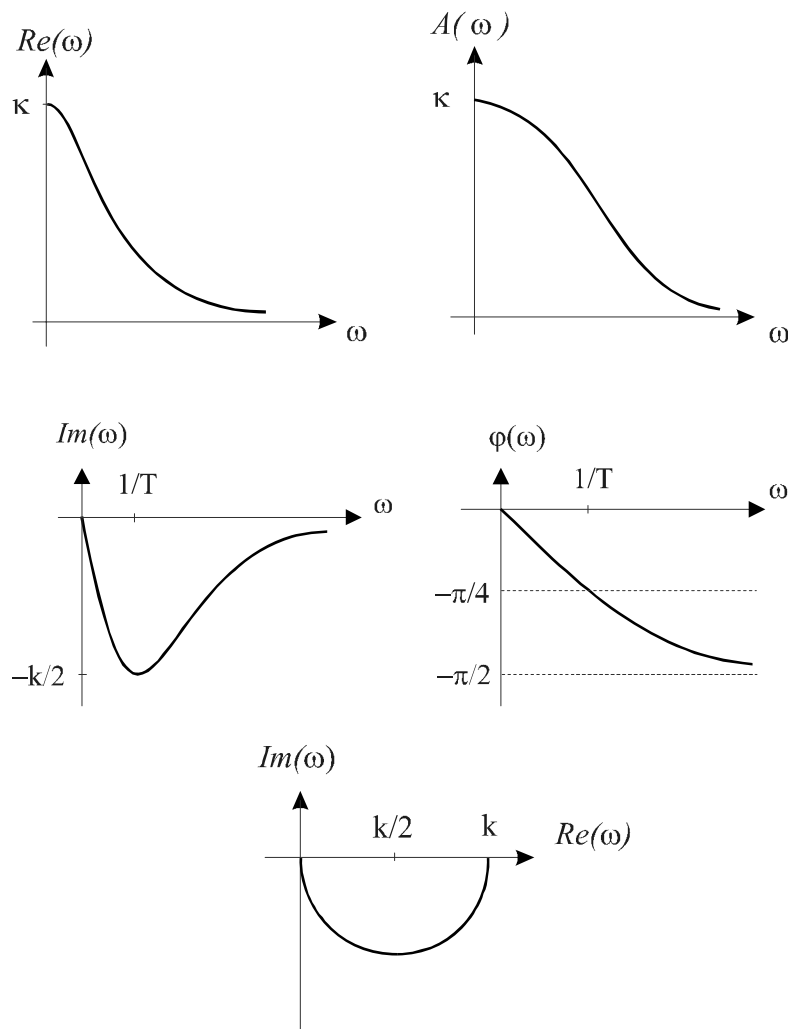


Рис. 1. Частотные характеристики.

Б. Структурная схема АСР имеет вид:

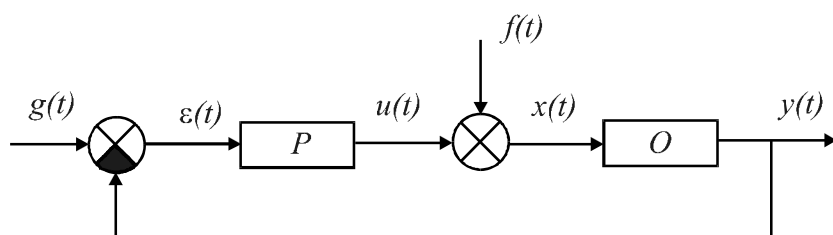


Рис. 2. Структурная схема АСР.

где

P - регулятор,
 O - объект управления,
 $g(t)$ - задание,
 $\varepsilon(t)$ - рассогласование,
 $u(t)$ - управляющее воздействие,
 $f(t)$ - возмущение по нагрузке,
 $x(t)$ - входной сигнал,
 $y(t)$ - выходной сигнал.

Передаточная функция регулятора имеет вид:

$$W(s) = k_P \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ} s} \right).$$

Номер структурной схемы объекта равняется численному значению первой буквы фамилии, деленной на 2. Варианты структурных схем приведены ниже. Общий вид передаточных функций объекта:

$$W_1(s) = k_1$$

$$W_2(s) = \frac{1}{T_2 s + 1}$$

$$W_3(s) = k_3$$

$$W_4(s) = \frac{1}{T_4 s + 1}$$

Числовые значения коэффициентов передаточных функций $W_1(s)$, $W_2(s)$, $W_3(s)$ и $W_4(s)$ определяются следующим образом:

k_1 равняется порядковому номеру в алфавите первой буквы имени;
 T_2 равняется порядковому номеру в алфавите первой буквы отчества;
 k_3 равняется последней цифре шифра;
 T_4 равняется предпоследней цифре шифра.

Задание

Преобразовать структурную схему объекта и получить передаточную функцию объекта $W_0(s)$.

Получить передаточные функции по каналам:

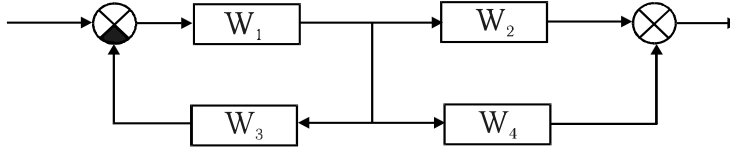
- нагрузка (f) - выход (y) $W_{f-y}(s)$;
- задание (g) - выход (y) $W_{g-y}(s)$.

Значения k_p и $T_{из}$ принять соответственно $1/k_0$ и T_1 , где k_0 - коэффициент усиления объекта, T_1 - коэффициент при s в знаменателе передаточной функции объекта.

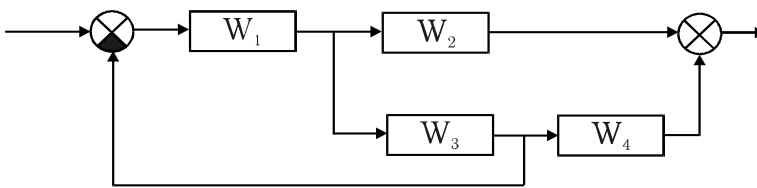
3. Определить устойчивость АСР по критерию Рауса, используя передаточную функцию $W_g(s)$.

Варианты структурных схем объекта

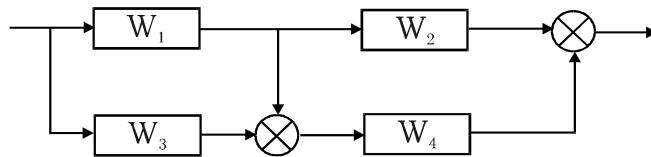
1.



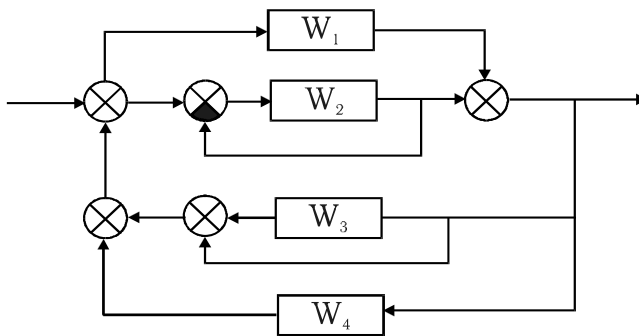
2.



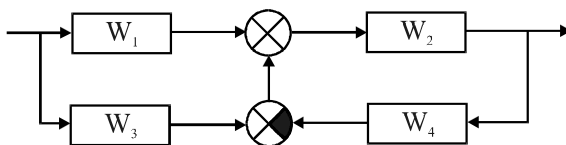
3.



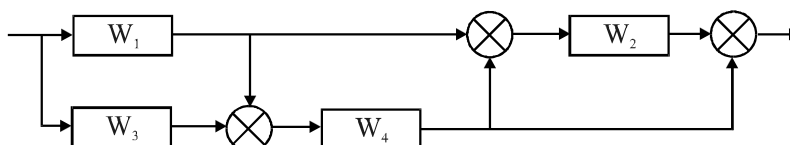
4.



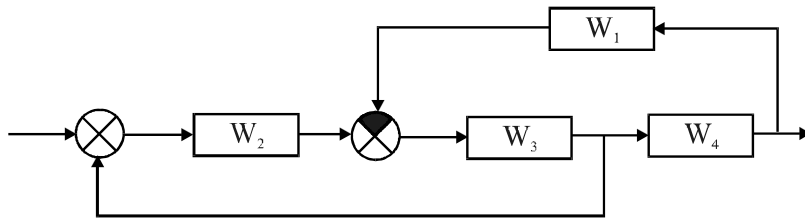
5.



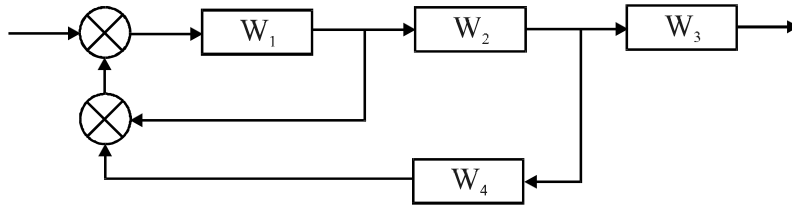
6.



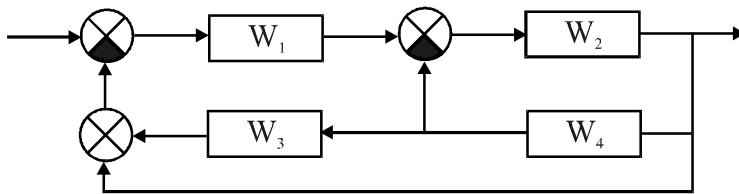
7.



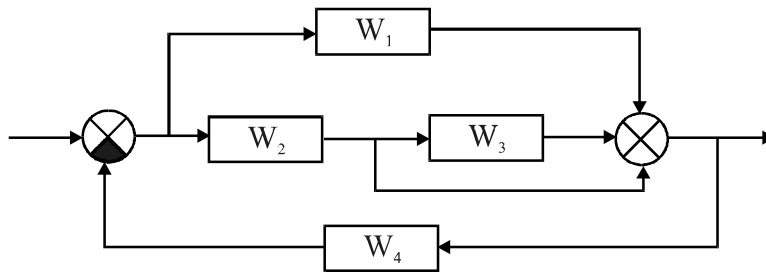
8.



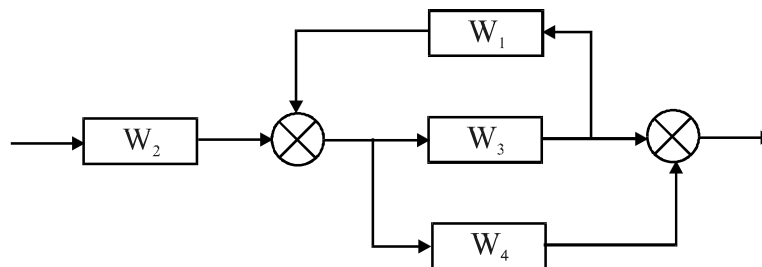
9.



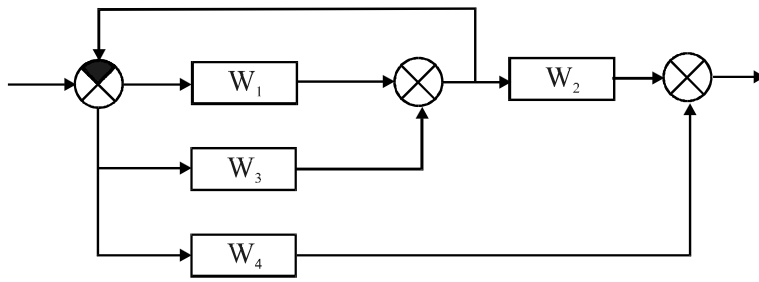
10.



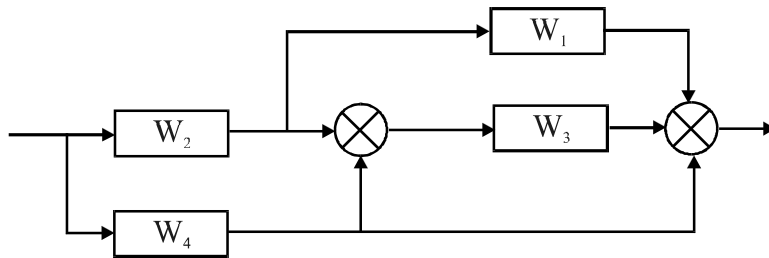
11.



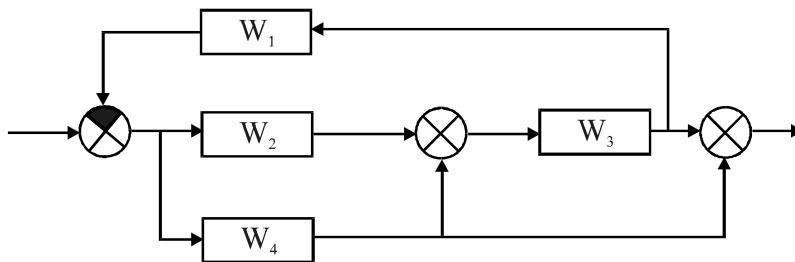
12.



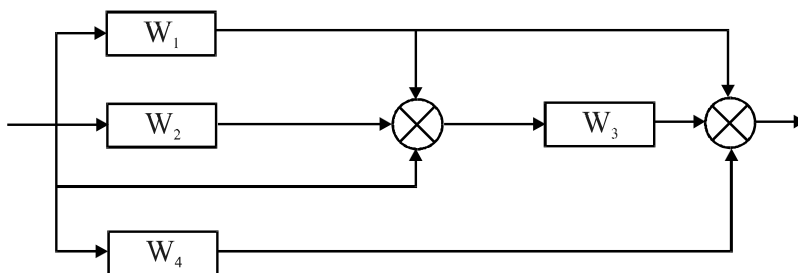
13.



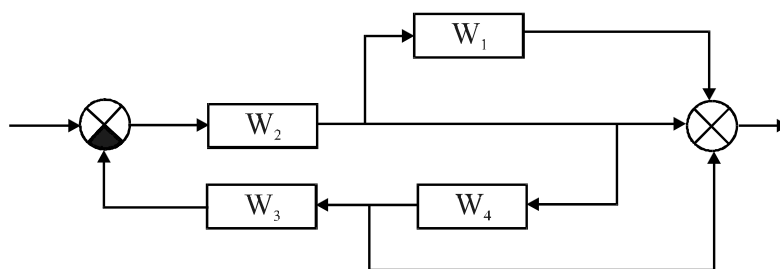
14.



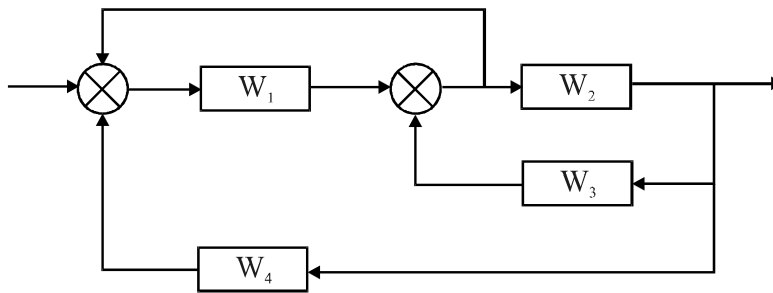
15.



16.



17.



Методические указания.

При выполнении пункта Б контрольной работы необходимо знание следующих разделов ТАУ:

- преобразование структурных схем АСР;
- устойчивость линейных АСР.

Для преобразования структурной схемы объекта необходимо выделить элементы схемы, представляющие собой типовые соединения звеньев, и заменить их эквивалентными звеньями.

В схемах встречаются следующие типовые соединения:

а) *последовательное* соединение звеньев:

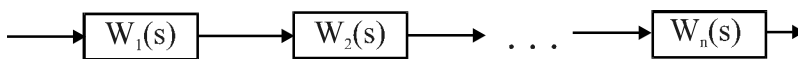


Рис. 3. Последовательное соединение звеньев.

Эквивалентная передаточная функция имеет вид:

$$W_{\text{э}}(s) = W_1(s) \cdot W_2(s) \cdot \dots \cdot W_n(s)$$

б) *параллельное* соединение звеньев:

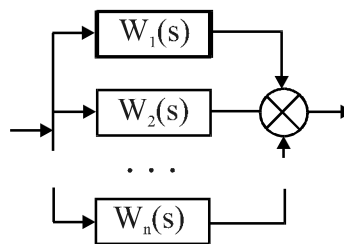


Рис. 4. Параллельное соединение звеньев.

Эквивалентная передаточная функция имеет вид:

$$W_{\text{э}}(s) = W_1(s) + W_2(s) + \dots + W_n(s)$$

в) охват звена *обратной* связью:

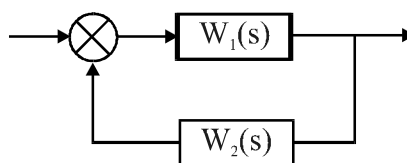


Рис. 5. Охват звена обратной связью.

Эквивалентная передаточная функция при *положительной* обратной связи имеет вид:

$$W_3(s) = \frac{W_1(s)}{1 - W_1(s) \cdot W_2(s)}$$

При отрицательной обратной связи (сигнал с $W_2(s)$ подается на сумматор со знаком минус /- /):

$$W_3(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) \cdot W_2(s)}$$

Иногда при преобразовании структурной схемы для выделения типовых соединений возникает необходимость переноса узла или сумматора. В этом случае перенос осуществляется по следующим правилам:

а) перенос узла с выхода звена на его вход:

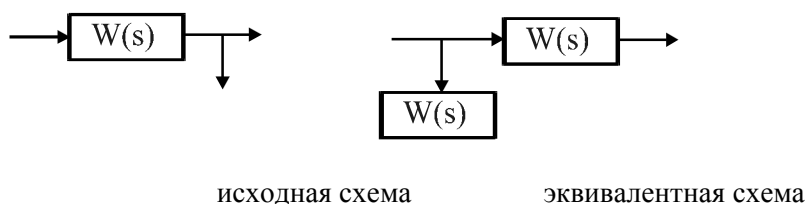


Рис. 6. Перенос узла с выхода звена на его вход.

б) перенос узла с входа звена на его выход:

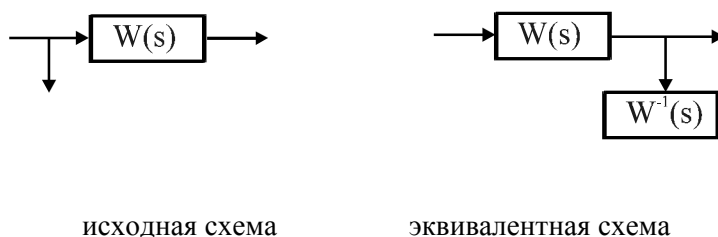


Рис. 7. Перенос узла с входа звена на его выход.

в) перенос сумматора с выхода звена на его вход:

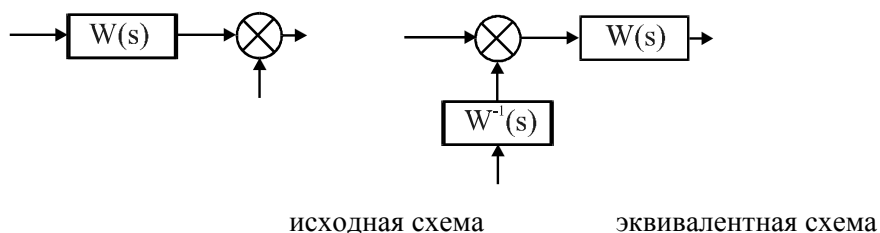


Рис. 8. Перенос сумматора с выхода звена на его вход.

г) перенос сумматора с входа звена на его выход:

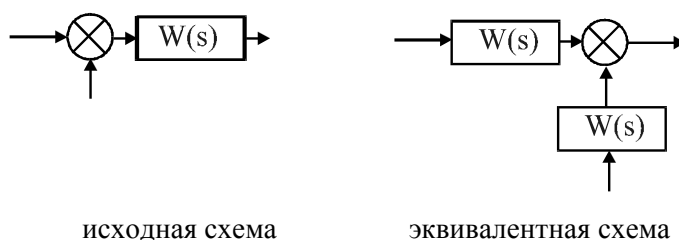


Рис. 9. Перенос сумматора с входа звена на его выход.

В качестве примера рассмотрим структурную схему объекта:

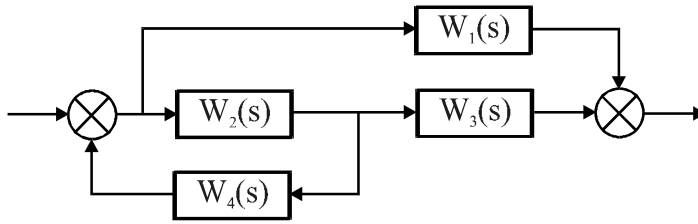


Рис. 10. Структурная схема объекта.

Для выполнения преобразования необходимо перенести узел со входа звена $W_2(s)$ на его выход. Схема примет вид:

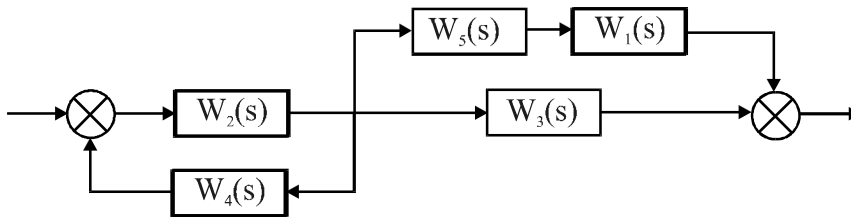


Рис. 11. Структурная схема объекта.

$$W_5(s) = \frac{1}{W_2(s)}.$$

Заменяем эквивалентными звеньями последовательно соединенные звенья $W_5(s)$ и $W_1(s)$

$$W_6(s) = W_5(s) \cdot W_1(s),$$

параллельно соединенные звенья $W_6(s)$ и $W_3(s)$

$$W_7(s) = W_6(s) + W_3(s).$$

а также звено $W_2(s)$, охваченное положительной обратной связью

$$W_8(s) = \frac{W_2(s)}{1 - W_2(s) \cdot W_4(s)}.$$

Получим последовательно соединенные звенья с передаточными функциями $W_8(s)$ и $W_7(s)$.

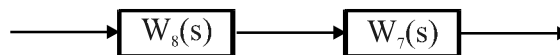


Рис. 12. Эквивалентная передаточная функция объекта.

Эквивалентная передаточная функция объекта примет вид:

$$W_9(s) = W_8(s) \cdot W_7(s) = \frac{W_2(s)}{1 - W_2(s) \cdot W_4(s)} \cdot \left[W_3(s) + \frac{W_1(s)}{W_2(s)} \right].$$

Для получения передаточных функций по каналам нагрузка (f) - выход (y) $W_{f-y}(s)$ и задание (g) - выход (y) $W_{g-y}(s)$ выполняются аналогичные преобразования. При определении $W_{f-y}(s)$ полагают $g=0$, а $W_{g-y}(s)$ полагают $f=0$.

Одной из важнейших характеристик работоспособности АСР является устойчивость. Условием устойчивости является отсутствие правых корней (имеющих положительную вещественную часть) в характеристическом уравнении системы.

Поиск корней для систем высокого порядка затруднителен даже с применением ЭВМ. Поэтому для упрощения анализа применяются правила, позволяющие определить устойчивость без вычисления корней. Эти правила называются *критериями устойчивости*. Критерии устойчивости подразделяются на два класса: *алгебраические и частотные*. Среди алгебраических критериев наиболее распространен критерий Рауса.

Критерий Рауса позволяет судить об устойчивости системы по коэффициентам характеристического уравнения:

$$D(s) = a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0$$

Для расчета устойчивости составляется таблица 1, в первой строке которой записываются коэффициенты характеристического уравнения, имеющие четный индекс a_0, a_2, a_4, \dots ; во второй строке - коэффициенты с нечетными индексами a_1, a_3, a_5, \dots .

Любой из остальных коэффициентов таблицы определяется как

$$c_{k,i} = c_{k+1,i-2} - r_i c_{k+1,i-1},$$

где:

$$r_i = \frac{c_{1,i-2}}{c_{1,i-1}},$$

k - индекс, означающий номер столбца таблицы,
 i - индекс, означающий номер строки таблицы.

Число строк таблицы Рауса должно быть $n+1$, где n - порядок характеристического уравнения.

Если после составления таблицы все элементы первого столбца $c_{1,i}$ имеют один и тот же знак с a_0 , т.е. при $a_0 > 0$ положительны, то система устойчива.

Так как все элементы таблицы Рауса рассчитываются по одной формуле, то этот метод удобен для выполнения расчетов на ЭВМ.

Таблица 1.

Таблица Рауса

r_i	k i	1	2	3
	1	$c_{11} = a_0$	$c_{21} = a_2$...
	2	$c_{12} = a_1$	$c_{22} = a_3$...
$r_3 = \frac{c_{11}}{c_{12}}$	3	$c_{13} = c_{21} - r_3 c_{22}$	$c_{23} = c_{31} - r_3 c_{32}$	

$r_4 = \frac{c_{12}}{c_{13}}$	4	$c_{14} = c_{22} - r_4 c_{23}$	$c_{24} = c_{32} - r_4 c_{33}$...
$r_5 = \frac{c_{14}}{c_{15}}$	5	$c_{15} = c_{23} - r_5 c_{24}$	$c_{25} = c_{33} - r_5 c_{34}$...
...
$r_i = \frac{c_{1,i-2}}{c_{1,i-1}}$	i	$c_{1,i} = c_{2,i-2} - r_i c_{2,i-1}$	$c_{2,i} = c_{3,i-2} - r_i c_{3,i-1}$...

Таблица 2.

Преобразование Лапласа

$x(t)$	$X(s)$
1	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
t^2	$\frac{2}{s^3}$
$e^{-\alpha t}$	$\frac{1}{s + a}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
$e^{-\alpha t} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s + a)^2 + \omega^2}$
$e^{-\alpha t} \cos \omega t$	$\frac{s + a}{(s + a)^2 + \omega^2}$

3.2. Контрольная работа №2

Выполнение второй контрольной работы включает написание реферата по одной из приведенных ниже тем и программирования в системе базы данных FoxPro .

А. Для определения номера темы реферата нужно найти остаток от целочисленного деления двух последних цифр шифра на 35.

Темы рефератов

0. Создание базы данных. Команды манипуляции с файлами данных.
1. Функции и структуры АСУ ТП.
2. Техническое обеспечение АСУ ТП.
3. Математическое обеспечение АСУ ТП.
4. Автоматизированное проектирование математического обеспечения.
5. Программное обеспечение АСУ ТП.
6. Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления современным химическим предприятием.
7. Система типовых решений для АСУ непрерывных производств.
8. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.
9. Устройство и принципы организации управляющих ЭВМ.
10. Устройства ввода-вывода информации.
11. Взаимодействие человека с ЭВМ.
12. Программное обеспечение управляющих вычислительных машин.
13. Алгоритмы контроля и управления АСУ ТП.
14. АСУ в химической промышленности.
15. Представление данных в вычислительных системах.
16. Основные направления развития информационных систем.
17. Информационные системы, типы и этапы создания и развития.
18. Современный анализ и задачи управления в химической промышленности.
19. Информационное обеспечение АСУ.
20. Программно-математическое обеспечение АСУ.
21. Современные методы проектирования АСУ.
22. Принятие решений в АСУ.
23. Перспективное планирование.
24. Текущее технико-экономическое планирование.
25. Оперативное управление.
26. Материально-техническое управление.
27. Управление качеством.
28. Ввод АСУ в эксплуатацию
29. Управление разработкой АСУ.
30. Математическое и программное обеспечения.
31. Подсистема оперативного планирования и управления основным производством.
32. Подсистема бухгалтерского учета.
33. Эргономические и социальные аспекты АСУ.
34. Интегрированная среда программирования FoxPro.

Б. Во второй контрольной работе необходимо в системе программирования FoxPro написать программу для обработки информации с использованием базы данных. Исходный текст программы и структуру файла необходимо привести в работе.

Для определения номера варианта нужно найти остаток от целочисленного деления двух последних цифр шифра на 25.

Задание

1. Разработать структуру базы данных и создать соответствующий файл.
2. Составить алгоритм и программу, реализующие ввод, корректировку и удаление информации, а также вывод на экран и печать.
3. Проиндексировать записи в указанном порядке.
4. Файл данных должен содержать не менее 10 записей.

Варианты заданий

0. Список марок телевизоров с их стоимостями. Проиндексировать по их стоимостям.
1. Список кафедр института с указанием числа работающих. Проиндексировать в алфавитном порядке.
2. Список номеров аудиторий института с числом посадочных мест. Проиндексировать по числу посадочных мест.
3. Список студентов группы в формате: фамилия, номер зачетки. Проиндексировать по номеру зачетки.
4. Перечень изученных предметов с указанием числа часов. Проиндексировать по объему часов.
5. Перечень товаров продовольственного магазина с указанием цен. Проиндексировать по наименованию товаров.
6. Список жильцов подъезда с указанием числа проживающих в квартире. Проиндексировать по числу проживающих.
7. Перечень товаров на складе с указанием количества и цены. Проиндексировать по ценам.
8. Ведомость на выплату аванса с указанием фамилии работающего и полученной суммы. Проиндексировать по фамилиям.
9. Составить перечень средств автоматизации с указанием даты выпуска. Проиндексировать по датам выпуска.
10. Составить перечень средств автоматизации с указанием сроков эксплуатации. Проиндексировать по срокам эксплуатации.
11. Составить реестр учебных пособий с указанием даты выпуска. Проиндексировать по датам выпуска.
12. Подготовить отчет по выпуску продукции с указанием наименования, количества и цена единицы продукции. Проиндексировать по количеству выпущенной продукции.
13. Ведомость на выплату стипендии с указанием фамилии и группы. Упорядочить по группам.
14. Составить список городов Тульской области с указанием расстояний от них до города Тулы. Упорядочить по величине расстояний.
15. Список группы с оценками по предмету “Высшая математика”. Проиндексировать в порядке убывания оценок.
16. Таблица самых крупных городов Тульской области по числу жителей. Проиндексировать в порядке убывания числа жителей.
17. Составить перечень покупателей продукции предприятия с указанием наименования товара и его цены. Упорядочить по наименованиям.
18. Перечень газет с указанием стоимости подписки на полугодие. Проиндексировать по стоимости.
19. Список приборов с указанием периодичности ремонта. Проиндексировать по длительности ремонта.
20. Перечень крупнейших городов мира с указанием страны и числа жителей. Упорядочить по названиям городов.
21. Список крупнейших рек России с указанием их длины. Упорядочить по длине.
22. Составить перечень средств автоматизации с указанием даты последнего ремонта и периодичности текущего ремонта. Проиндексировать по датам следующего ремонта.
23. Составить перечень средств автоматизации с указанием даты выпуска и максимальной продолжительности эксплуатации. Проиндексировать по срокам списания.
24. Составить список видов банковских вкладов с указанием величины банковского процента. Упорядочить по величине процента.

Содержание

Глава 1. Программа курса.....	
1.1. Линейные системы автоматического управления...	
1.1.1. Введение.....	
1.1.2. Основные понятия и определения ТАУ.....	
1.1.3. Уравнения, передаточные функции, частотные и временные характеристики АСР.....	
1.1.4. Анализ устойчивости. Критерии устойчивости.....	
1.1.5. Анализ качества регулирования. Выбор параметров системы, исходя из требований качества регулирования.....	
1.1.6. Основные способы улучшения процессов регулирования.....	
1.1.7. Рекомендуемая литература.....	
1.2. Автоматизированные системы управления.....	
1.2.1. Введение.....	
1.2.2. Общие сведения об автоматизированных системах управления и системах обработки информации.....	
1.2.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).....	
1.2.4. Автоматизированные системы организационного управления (АСОУ).....	
1.2.5. Электронные вычислительные машины.....	
1.2.6. Обеспечивающие подсистемы.....	
1.2.7. Математические методы в АСУ.....	
1.2.8. Рекомендуемая литература.....	
Глава 2. Методические указания.....	
2.1. Линейные системы автоматического управления.....	
2.1.1. Общие методические указания.....	
2.1.2. Основные понятия и определения ТАУ.....	
2.1.3. Уравнения, передаточные функции, частотные и временные характеристики АСР.....	
2.1.4. Анализ устойчивости. Критерии устойчивости.....	
2.1.5. Анализ качества регулирования. Выбор параметров системы, исходя из требований качества регулирования.....	
2.1.6. Основные способы улучшения процессов регулирования.....	
2.2. Автоматизированные системы управления.....	
2.2.1. Общие методические указания.....	
2.2.2. Общие сведения об автоматизированных системах управления и системах обработки информации.....	
2.2.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).....	
2.2.4. Автоматизированные системы организационного управления	

	(АСОУ).....
	2.2.5.Электронные вычислительные машины.....
	2.2.6.Обеспечивающие подсистемы.....
	2.2.7.Математические методы в АСУ.....
Глава 3.	Контрольные задания.....
3.1.	Контрольная работа №1.....
3.2.	Контрольная работа №2.....

Силин Владимир Васильевич

Под редакцией академика Д.П. Вента

Основы автоматического управления

Редактор Т.П. Бабокина

Лицензия ЛР № 020714 от 02.02.93

Подписано в печать. Формат 60×80 1/16. Бумага типографская. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 4.31. Уч.-изд. л. 4,37. Тираж 100 экз. Заказ 19.

Новомосковский институт Российского химико-технологического университета им. Д.И.
Менделеева. Издательский центр.

Адрес института и типографии: 301670, Тульская обл., г. Новомосковск, Дружбы,8.

*Министерство общего и профессионального образования РФ
Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева*

*Новомосковский институт
Издательский центр*

В.В. Силин

Основы автоматического управления

Учебное пособие

Новомосковск