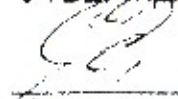


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ



Директор ИДО
С.И. Качин

«30» 04 2010 г.

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания
для студентов, обучающихся по специальностям
140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»,
140205 «Электроэнергетические системы и сети»
и 140211 «Электроснабжение»
Института дистанционного образования

Составитель С.М. Слободян

Семестр	8	9
Лекции, часов	2	4
Лабораторные занятия, часов		6
Практические занятия, часов		2
Контрольная работа		1
Самостоятельная работа, часов		78
Формы контроля		зачет

Издательство
Томского политехнического университета
2010

УДК 681.51.01(07)

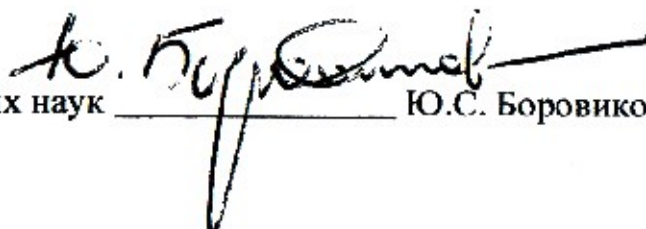
ББК 32.965я73

Теория автоматического управления: рабочая программа, метод. указ. и контр. задания для студентов ИДО, обучающихся по спец. 140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140205 «Электроэнергетические системы и сети» и 140211 «Электроснабжение» / сост. С.М. Слободян; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 20 с.

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры электрических станций 1 сентября 2009 года, протокол № 98.

Зав. кафедрой ЭСТ,

доцент, кандидат технических наук



Ю.С. Боровиков

Аннотация

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория автоматического управления» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по специальностям 140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140205 «Электроэнергетические системы и сети» и 140211 «Электроснабжение». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны перечень лабораторных работ и темы практических занятий. Приведены варианты заданий для контрольной работы. Даны методические указания по выполнению контрольной работы.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели преподавания дисциплины

В результате изучения дисциплины «Теория автоматического управления» студенты должны

уметь:

- применять математическое описание и методы анализа и синтеза САУ для конкретных условий практики;
- составлять структурные схемы и передаточные функции элементов систем, оценивать их достоинства и недостатки;
- определять параметры элементов расчетным и экспериментальным путем;
- интерпретировать экспериментальные данные и сопоставлять их с теоретическими положениями;
- контролировать правильность получаемых данных и выводов;
- моделировать САУ в различных режимах с помощью различных прикладных программ;
- анализировать и описать стационарные процессы в системах, включающих элементы систем автоматики;

знать:

- терминологию, основные определения теории автоматического управления;
- основные характеристики типовых динамических звеньев;
- современные методы анализа и синтеза теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение систем автоматического управления;
- место и роль теории автоматического управления в электроэнергетике;
- физические явления, происходящие в системах при различных режимах работы и их математическое описание.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет теории автоматического управления. Основные понятия и термины. Объекты управления и регулирования, регулируемые величины. Основные свойства элементов, входящих в системы автоматического управления. Этапы развития САУ и их теории.

Тема 1. Принципы построения САУ

Сущность проблемы автоматического управления. Общая структура САУ. Переменные координаты и сигналы. Принципы управления по

отклонению, по возмущению и другие. Основные виды управления: стабилизация, следящее, программное. Классификация САУ. Функциональные схемы.

Тема 2. Математическое описание САУ

Установившиеся и переходные режимы, их уравнения. Статические характеристики и их показатели. Типовые внешние воздействия. Понятие переходной, частотной и весовой функций и характеристик. Основные формулы преобразования Лапласа. Операторное уравнение и его получение. Понятие характеристического уравнения и передаточной функции. Частотные функции и характеристики, основные соотношения.

Типовые динамические звенья, их уравнения и характеристики.

Структурные схемы и методы их построения. Типовые преобразования схем. Структурные схемы и передаточные функции одно- и многоконтурных систем.

Тема 3. Устойчивость линеаризованных САУ

Понятие устойчивости. Методы определения устойчивости. Получение характеристического уравнения. Условие устойчивости линейной системы, необходимые и достаточные условия устойчивости систем. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости. Понятие о D-разбиении пространства коэффициентов характеристического уравнения. Запас устойчивости. Критический коэффициент усиления. Вопросы структурной устойчивости систем.

Тема 4. Качество процесса управления

Понятие качества процесса управления, основные показатели качества и методы их определения.

Тема 5. Коррекция САУ и методы построения переходного процесса

Назначение коррекции. Способы коррекции. Синтез корректирующих устройств при помощи ЛАХ. Типы корректирующих устройств. Методы построения кривой переходного процесса: операторный, частотный. Исследование линейных САУ в пространстве состояний.

Тема 6. Линейные импульсные системы

Понятие дискретных систем, их разновидности. Виды модуляции сигналов. Элементы и узлы импульсных систем. Расчетная структурная схема. Дискретное преобразование Лапласа. Устойчивость. Оценка качества импульсных систем.

Тема 7. Основы теории нелинейных САУ

Отличительные особенности нелинейных САУ. Типовые нелинейности. Методы линеаризации. Основы методов фазовой плоскости и гармонической линеаризации. Нелинейные импульсные системы.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

1. Статические характеристики и коэффициенты передачи элементов САУ (2 часа).
2. Составление передаточных функций элементов и систем автоматического управления (2 часа).
3. Структурные схемы и преобразования в расчете САУ (2 часа).
4. Частотные характеристики элементов и САУ (2 часа).
5. Устойчивость линейных САУ (2 часа).

3.2. Перечень лабораторных работ

1. Статические характеристики САУ (2 часа).
2. Исследование характеристик типовых динамических звеньев систем управления (2 часа).
3. Устойчивость стационарных систем автоматического управления (2 часа).
4. Качество стационарных систем автоматического управления (2 часа).

Темы практических и лабораторных занятий определяет преподаватель.

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком для специальностей 140203 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», 140205 «Электроэнергетические системы и сети» и 140211 «Электроснабжение» предусмотрено выполнение контрольной работы и после выполнения лабораторных работ студенты должны сдать зачет. Выполнение контрольной работы необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков расчетных и графических работ.

Курс «Теория автоматического управления» (ТАУ) является основополагающим в теоретической подготовке специалиста по электроэнергетике. Все технические дисциплины, изучаемые студентами на ка-

федре электрических станций (ЭС), содержат элементы курса ТАУ и, как следствие, курсовое и дипломное проектирование невозможно без использования методик курса ТАУ. Около 25 % объема выпускной квалификационной работы (ВКР) содержат элементы ТАУ, и на защите ВКР вопросы курса ТАУ обязательны. Отсюда следует серьезное усвоение и осмысление основных положений курса ТАУ.

Контрольная работа включает решение типовых задач и ответы на теоретические контрольные вопросы.

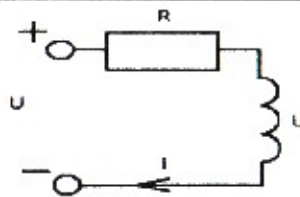
4.2. Варианты контрольных заданий и методические указания

Задача 1

Составить дифференциальное уравнение в стандартном виде для цепи постоянного тока. Схема цепи определяется номером рисунка по начальной букве фамилии студента из табл. 1.

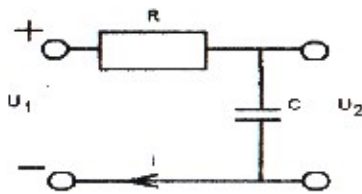
Таблица 1

Начальная буква фамилии	А Б В Г Д Е	Ж З И К	Л М Н О	П Р С Т У Ф Х	Ц Ч Ш Щ Э Ю Я
№ рис.	1	2	3	4	5



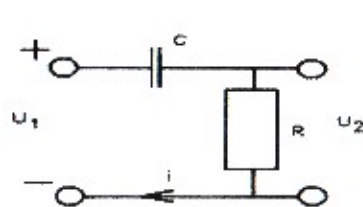
Буква	А	Б	В	Г	Д	Е
Значение параметра	R	2R	R	2R	3R	2R
	L	L	2L	2L	2L	3L

Рис. 1. U – входная переменная; i – выходная переменная



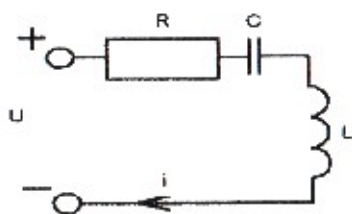
Буква	Ж	З	И	К
Значение параметра	R	2R	R	2R
	C	C	2C	2C

Рис. 2. U_1 – входная переменная; U_2 – выходная переменная



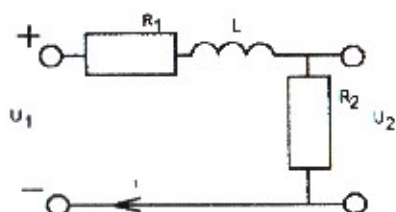
Буква	Л	М	Н	О
Значение параметра	R	2R	R	2R
	C	C	2C	2C

Рис. 3. U_1 – входная переменная; U_2 – выходная переменная



Буква	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц
Значение параметра	R	2R	R	2R	2R	R	R	2R
	L	L	2L	2L	2L	2L	L	L
	C	C	C	C	2C	2C	2C	2C

Рис. 4. U – входная переменная; i – выходная переменная



Буква	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я
Значение параметра	R_1	$2R_1$	R_1	$2R_1$	R_1	R
	L	L	$2L$	$2L$	$2L$	L
	R_2	R_2	R_2	$2R_2$	$2R_2$	$2R_2$

Рис. 5. U_1 – входная переменная; U_2 – выходная переменная

Методические указания к решению задачи 1

По рисунку схемы на основе законов электротехники необходимо составить исходное уравнение переходного процесса в цепи постоянного тока. При этом $U_L = L \frac{di}{dt}$ и $U_C = \frac{1}{C} \int idt$. Полученное исходное уравнение необходимо представить в стандартном виде: все слагаемые с выходной переменной перенести в левую часть уравнения, а слагаемые с входной переменной – в правую часть. Коэффициент при выходной координате (левая часть уравнения) необходимо сделать равным «1», разделив обе части уравнения на множитель, стоящий при выходной координате. После этого ввести обозначения для постоянной времени ($T=RC$ или $T=L/R$) и коэффициента передачи. Пример стандартной записи дифференциального уравнения представлен в задаче 2, где в исходных уравнениях Y и X , соответственно, выходная и входная переменные, а коэффициент при Y равен «1».

Задача 2

По заданному дифференциальному уравнению выполнить:

1. Записать операторное уравнение в стандартном виде.
2. Получить выражение для передаточной функции.
3. Записать уравнение для ЛАЧХ и ЛФЧХ и построить их.

Номер исходного уравнения определяется номером варианта в соответствии с табл. 2 по начальной букве фамилии студента.

Таблица 2

Начальная буква фамилии	А Б В	Г Д Е	Ж З И	К Л	М Н	О П Р	С Т У	Ф Х Ц	Ч Ш Щ	Э Ю Я
№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1. $T_2 \frac{dy}{dx} + y = T_1 \frac{dx}{dt}$ $T_1 = 0,05$ $T_2 = 0,1$
2. $T \frac{dy}{dt} + y = k \int x dt$ $T = 0,5$ $k = 50$
3. $T \frac{dy}{dt} + y = kx$ $T = 0,05$ $k = 20$
4. $T \frac{dy}{dt} + y = x$ $T = 0,2$
5. $y + \int y dt = kx$ $k = 5$
6. $T_2 \frac{dy}{dt} + y = k(x + T_1 \frac{dx}{dt})$ $T_1 = 0,05$ $T_2 = 0,2$ $k = 40$
7. $T_2 \frac{dy}{dt} + y = k(x + T_1 \frac{dx}{dt})$ $T_1 = 0,2$ $T_2 = 0,05$ $k = 40$
8. $T \frac{dy}{dt} + y = k \frac{dx}{dt}$ $T = 0,02$ $k = 10$
9. $T \frac{dy}{dt} + y = k \int x dt$ $T = 0,2$ $k = 10$
10. $\frac{dy}{dt} = k(x + T \frac{dx}{dt})$ $T = 0,01$ $k = 10$

Методические указания к решению задачи 2

1. Операторное уравнение получается из дифференциального с помощью прямого преобразования Лапласа. Следует помнить простейшие формулы преобразования Лапласа для переменных функций, а также для производных и интеграла от переменных функций. На основе этих простейших формул каждое слагаемое дифференциального уравнения преобразуют в операторную форму.

2. Передаточная функция определяется из операторного уравнения на основе понятия о передаточной функции. Полученное выражение для передаточной функции следует обязательно представить в стандартном виде в форме правильной дроби. Необходимо выделить коэффициенты передачи и характеристическое уравнение. Оцените, какое типовое звено соответствует полученной передаточной функции.

3. Для построения ЛЧХ следует записать их уравнения. Затем на основе правил построения ЛЧХ типовых динамических звеньев рассчитать характерные точки и выполнить приближенное построение ЛАЧХ и ЛФЧХ. Обратит внимание на понятие и вычисление частот сопряжения, а также знака и величины наклона в дб/дек отдельных отрезков ЛАЧХ. При этом составляющие числителя передаточной функции имеют положительный знак слагаемых ЛЧХ, а составляющие знаменателя передаточной функции – отрицательные. Следует предварительно усвоить порядок построения ЛЧХ типовых динамических звеньев.

Контрольные вопросы

Ответить на контрольные вопросы части А.

Номер варианта вопросов определяется табл. 2 (см. выше).

Таблица 3

Вариант	Вопросы части А	Вопросы части Б
1	1, 11, 24, 32, 42	54, 64, 74, 84, 94, 104
2	2, 12, 25, 33, 43	55, 65, 75, 85, 95, 105
3	3, 13, 26, 36, 44	56, 66, 76, 86, 96, 106
4	4, 14, 27, 37, 45	57, 67, 77, 87, 97, 107
5	5, 15, 28, 38, 48	58, 69, 78, 88, 98, 108
6	6, 16, 29, 39, 49	59, 70, 79, 89, 99, 109
7	7, 17, 30, 40, 50	60, 71, 80, 90, 100, 110
8	8, 18, 31, 41, 51	61, 72, 81, 91, 101, 111
9	9, 23, 34, 46, 52	62, 73, 82, 92, 102, 112
10	10, 20, 35, 47, 53	63, 68, 83, 93, 103, 113

1. Поясните причину регулирования по отклонению.
2. Перечислить основные функциональные элементы замкнутых систем и их назначение.
3. Понятие обратных связей, их классификация.
4. Поясните сущность и различие жестких и гибких обратных связей.
5. Классификация автоматических систем и ее признаки.
6. Дать определение и назначение стабилизирующих, программных и следящих систем.
7. Понятие статического и динамического режимов работы.
8. Понятие замкнутых и разомкнутых систем, их функциональные схемы.
9. Что понимается под статическим режимом работы? Дать определение статических характеристик.

10. Дать определение статических характеристик по управлению и привести их количественные показатели.
11. Дать определение статических характеристик по возмущению и привести их количественные показатели.
12. Как вычислить коэффициент усиления разомкнутой системы?
13. От чего зависит статическая ошибка замкнутой системы?
14. Назвать типовые соединения звеньев и привести формулы для вычисления их эквивалентного коэффициента усиления.
15. Привести доказательство формулы для вычисления общего коэффициента усиления двух последовательно соединенных звеньев.
16. Привести доказательство формулы для вычисления общего коэффициента усиления двух параллельно соединенных звеньев.
17. Привести доказательство формулы для вычисления общего коэффициента усиления при охвате звена обратной связью.
18. Как вычислить коэффициент усиления замкнутой системы по управлению и возмущению?
19. Пояснить графическое построение эквивалентной статической характеристики последовательно соединенных звеньев.
20. Пояснить графическое построение эквивалентной статической характеристики параллельно соединенных звеньев.
21. Пояснить графическое построение эквивалентной статической характеристики при охвате звена отрицательной обратной связью.
22. Пояснить графическое построение эквивалентной статической характеристики при охвате звена положительной обратной связью.
23. Понятие динамического режима работы системы. Причины появления динамического режима.
24. Понятие прямого преобразования Лапласа. Основные формулы преобразования.
25. Что такое операторное уравнение, как оно получается и его стандартная форма записи.
26. Что можно вычислить по операторному уравнению?
27. Что называется передаточной функцией? Разновидности передаточных функций.
28. Что такое характеристическое уравнение? Что оно определяет? Как найти его из операторного уравнения?
29. Перечислить возможные способы вычисления характеристического уравнения замкнутой системы.
30. Общее понятие частотной функции. Как называется изначальная частотная функция?
31. Какая форма входного сигнала используется при определении частотной функции?

32. Дать определение и пояснить физический смысл амплитудной и фазовой частотной функций.

33. Понятие логарифмических частотных функций, их разновидности и оси координат. Формулы для вычисления этих функций.

34. Перечислить все частотные функции и формулы для их вычисления.

35. Изобразить комплексное число $a+jb$ и вычислить его модуль (амплитуду) и фазу.

36. Перечислить типовые внешние воздействия и дать им характеристику.

37. Что такое переходная характеристика, как она получается и что показывает?

38. Что такое импульсная переходная характеристика, как она получается и что она показывает?

39. Дать определение типовым звеньям. По каким признакам звенья делятся на типовые?

40. Перечислить все типовые звенья и привести их дифференциальные уравнения.

41. Записать передаточную функцию апериодического звена. Вычислить и пояснить построение его логарифмических частотных характеристик.

42. Записать передаточную функцию интегрирующего звена. Вычислить и пояснить построение его логарифмических частотных характеристик.

43. Записать передаточную функцию дифференцирующего звена. Вычислить и пояснить построение его логарифмических частотных характеристик.

44. Записать передаточную функцию колебательного звена. Вычислить и пояснить построение его логарифмических частотных характеристик.

45. Привести вид и пояснить особенности переходных характеристик всех типовых динамических звеньев.

46. Понятие структурной схемы, ее особенности и отличие от функциональной схемы.

47. Поясните способы построения структурных схем.

48. Перечислить типовые преобразования в структурных схемах.

49. Как вычислить передаточную функцию при охвате звена обратной связью?

50. Задача и смысл преобразования при переносе сумматора через звено.

51. Задача и смысл преобразования при переносе точки разветвления через звено.
52. Правила переноса звена через сумматор и точку разветвления.
53. Пояснить способ вычисления передаточной функции замкнутой системы с перекрестными обратными связями.
54. Дайте физическую трактовку понятия «устойчивая система».
55. Каково общее математическое условие устойчивости систем?
56. Поясните, почему положительные вещественные корни характеристического уравнения делают систему неустойчивой?
57. Понятие устойчивости замкнутых систем. Оценка устойчивости по корням характеристического уравнения.
58. Понятие левых и правых корней характеристического уравнения.
59. Необходимое и достаточное условия устойчивости.
60. Формулировка критерия Гурвица. Правило составления определителей Гурвица.
61. Сформулируйте критерии Гурвица для систем второго и третьего порядков.
62. Какое уравнение используется в критерии Гурвица и как его получить?
63. Докажите, что одноконтурная система с положительной обратной связью и коэффициентом передачи $K > 1$ всегда неустойчива.
64. Как называется кривая, используемая при оценке устойчивости по Найквисту? Как получить ее уравнения?
65. Для анализа каких систем (замкнутых, разомкнутых) можно использовать критерий Михайлова?
66. Какие запасы устойчивости определяются в критерии Найквиста?
67. Назовите характеристики, по которым оценивается устойчивость в критерии Найквиста.
68. Дайте физическое объяснение особой точки $(-1; j0)$ в критерии Найквиста.
69. Сформулировать критерий Гурвица для систем четвертого и пятого порядков.
70. Смысл принципа аргумента в частотных критериях устойчивости формулы принципа аргумента.
71. Какова последовательность оценки устойчивости по критерию Найквиста?
72. Каковы условия устойчивости, неустойчивости и границы устойчивости для замкнутых систем по критерию Найквиста?
73. Дать определение запасов устойчивости в критерии Найквиста и их оценку.

74. Какова последовательность оценки устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам?
75. Условия устойчивости, неустойчивости и границы устойчивости при использовании логарифмических частотных характеристик.
76. Запасы устойчивости и их вычисление при оценке устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.
77. Какие логарифмические частотные характеристики и для какого состояния системы используются для оценки устойчивости замкнутых систем?
78. Какие характеристики используются в критерии Михайлова и как получить их уравнение?
79. Каковы условия устойчивости, неустойчивости и границы устойчивости в критерии Михайлова?
80. Изобразить годограф Михайлова для устойчивой системы третьего порядка и дать определение устойчивости.
81. Объясните, почему кривая Михайлова для устойчивой системы всегда начинается на вещественной оси?
82. Перечислите, какие исходные уравнения используются в различных критериях устойчивости.
83. Что понимается под критическим коэффициентом усиления и что он определяет в замкнутой системе?
84. Для чего предназначен метод D-разбиения? Какое уравнение используется в основе этого метода?
85. Назначение метода D-разбиения по одному параметру. Какое уравнение необходимо иметь для этого?
86. Как строится кривая D-разбиения по одному параметру. Какое уравнение необходимо иметь для этого?
87. Необходимость штриховки кривой D-разбиения и правило ее нанесения.
88. Что понимается под качеством автоматической системы?
89. По какой кривой оцениваются прямые показатели качества?
90. Перечислите основные показатели качества замкнутых систем и требования к ним.
91. Изобразите переходные характеристики при изменении управляющего и возмущающего воздействий.
92. Как вычислить перерегулирование и время регулирования по кривой переходного процесса?
93. Назначение и понятие коррекции.
94. Назовите и поясните методы коррекции. Виды корректирующих устройств.

95. Изобразите структурные схемы с последовательной и параллельной коррекцией.
96. Место и способ включения последовательных и параллельных корректирующих устройств.
97. На что влияет введение корректирующей жесткой обратной связи?
98. Каково влияние корректирующей гибкой обратной связи?
99. Как можно увеличить быстродействие и точность автоматической системы?
100. На какие вопросы отвечает задача синтеза?
101. Понятие желаемой ЛАЧХ и ее построение. Какие исходные данные необходимо иметь для построения желаемой ЛАЧХ?
102. Какие ЛАЧХ необходимо иметь для синтеза последовательных корректирующих устройств. Методика синтеза.
103. Методика синтеза параллельных корректирующих устройств на основе ЛАЧХ. Какие ЛАЧХ при этом необходимо строить?
104. Назовите технические средства коррекции и место их включения.
105. Назовите основные методы построения переходных процессов замкнутой системы.
106. Поясните основы операторного метода построения переходного процесса.
107. Изложите основы частотного метода построения кривой переходного процесса.
108. Какие частотные характеристики можно использовать для построения кривой переходного процесса?
109. Перечислите методы построения вещественно-частотной характеристики замкнутой системы.
110. Какова последовательность расчета переходного процесса методом трапеций?
111. Перечислите основные показатели типовых трапеций.
112. Каковы обязательные правила замены вещественно-частотной характеристики типовыми трапециями?
113. Назовите основные свойства ВЧХ замкнутых систем.
114. Понятие импульсной системы. Классификация импульсных элементов и систем.
115. Поясните основные способы импульсной модуляции.
116. Поясните смысл Z-преобразования и его основные формулы.
117. Как оценить устойчивость импульсной системы с помощью аналога критерия Найквиста?
118. Последовательность оценки устойчивости импульсной системы на основе аналога критерия Михайлова.

119. Понятие нелинейной системы. Основные виды нелинейностей.
120. Перечислите задачу и основные методы линеаризации нелинейностей.
121. Основы гармонической линеаризации нелинейного элемента и ее формула.
122. Понятие расчетной структурной схемы нелинейной системы. Принцип ее составления.
123. Основы и особенности метода фазовой плоскости.
124. Уравнение и оси координат фазовой траектории.
125. Свойства фазовых траекторий, их связь с кривой переходного процесса и устойчивостью.
126. Основы метода гармонической линеаризации, особенности и условия применения.
127. Назначение и основы метода Е.П. Попова.
128. Назначение и основы метода Л.С. Гольдфарба.
129. Понятие и классификация оптимальных систем.
130. Смысл и формулировка принципа максимума.
131. Понятие и принцип построения адаптивных систем управления.

Задача 3

Преобразовать структурную схему, свести ее вид к одноконтурной и записать выражение для передаточной функции разомкнутой и замкнутой систем. Номер рисунка схемы определяется табл. 4.

Таблица 4

Начальная буква фамилии	А Б В	Г Д Е	Ж З И	К Л	М Н	О П Р	С Т У	Ф Х Ц	Ч Ш Щ	Э Ю Я
№ рис.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

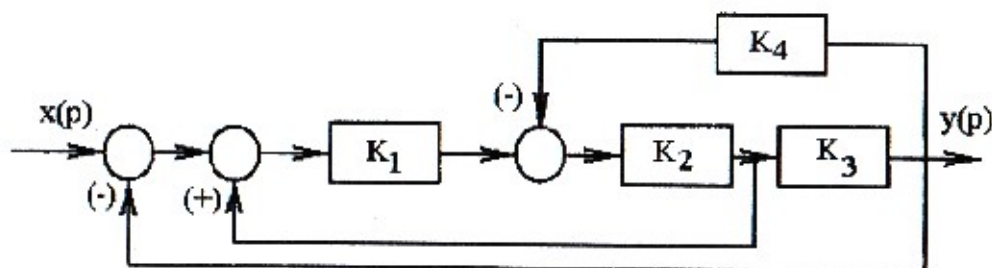


Рис. 1

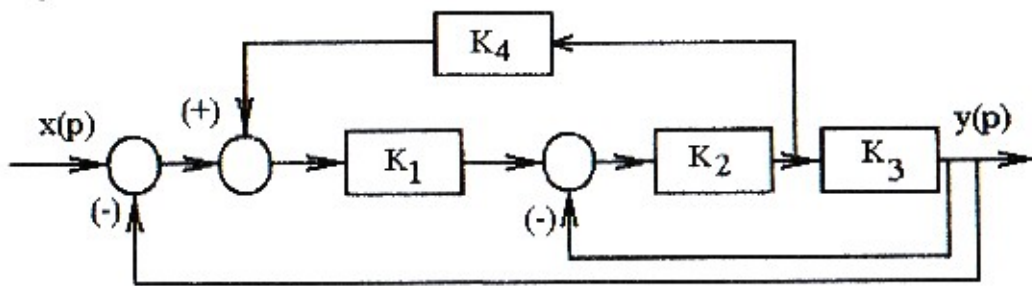


Рис. 2

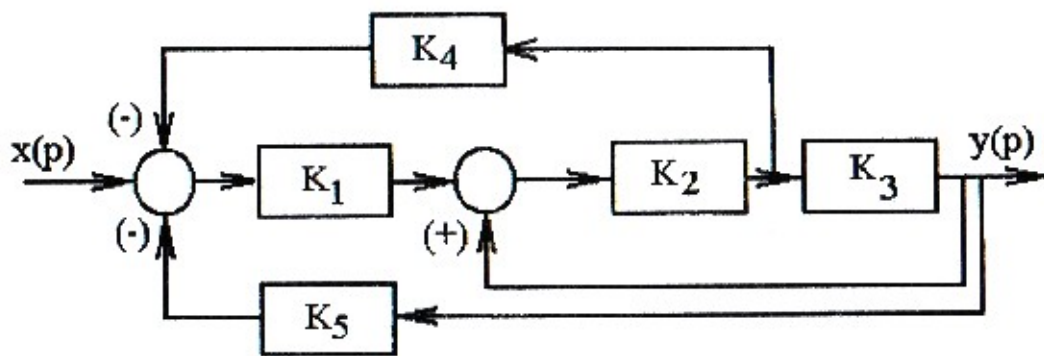


Рис. 3

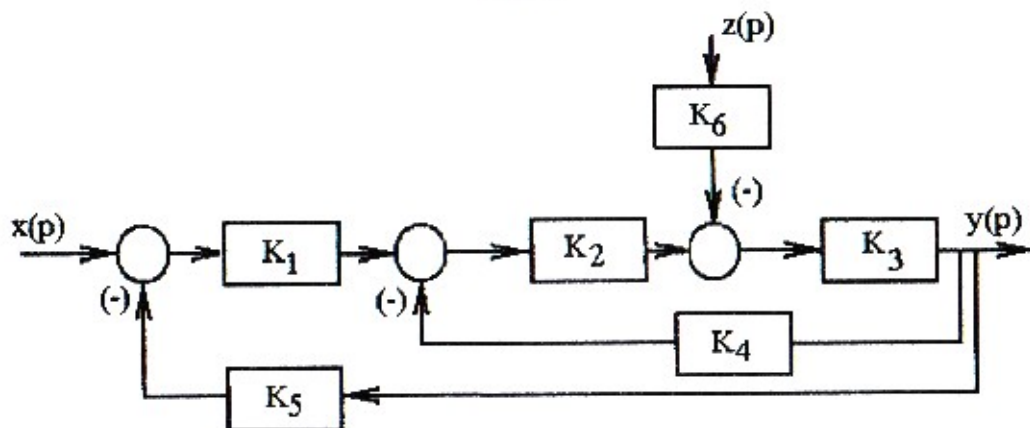


Рис. 4

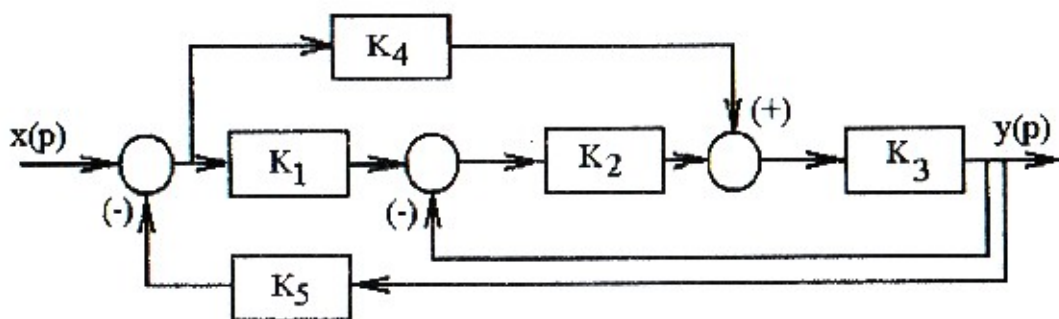


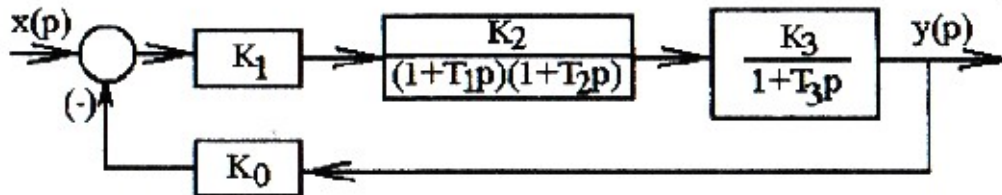
Рис. 5

Методические указания к решению задачи 3

Преобразование необходимо производить только для внутренних контуров, объединяя или сумматоры, или точки разветвления. При этом достаточно перенести звено, разделяющее сумматоры или точки разветвления, используя правило переноса звена. В результате преобразования необходимо получить типовые соединения звеньев: последовательное, параллельное или охват обратной связью, для которых легко записать эквивалентную передаточную функцию. После каждого преобразования следует проверить его правильность: до и после преобразования передаточные функции прямых путей, разомкнутых контуров должны быть одинаковы по величине и знаку. Получив одноконтурную схему, запишите передаточные функции разомкнутой системы и замкнутой системы по управлению.

Задача 4

Оценить устойчивость замкнутой системы по критерию Михайлова.



Значения параметров определяются из табл. 5. Номер варианта определяется из табл. 2.

Таблица 5

Вариант	T_1	T_2	T_3	K_1	K_2	K_3	K_0
1	0,05	0,4	0,8	100	8	2	0,02
2	0,04	0,5	1	80	10	2	0,04
3	0,03	0,2	0,5	60	5	4	0,05
4	0,02	0,3	0,6	50	6	4	0,1
5	0,01	0,1	0,5	40	10	2	0,2
6	0,05	0,2	0,8	100	8	2	0,01
7	0,04	0,4	1	50	20	4	0,05
8	0,03	0,3	0,5	40	15	2	0,1
9	0,02	0,3	0,8	20	10	4	0,2
10	0,01	0,2	0,6	50	5	2	0,06

Методические указания к решению задачи 4

Для оценки устойчивости по критерию Михайлова необходимо записать характеристическое уравнение замкнутой системы из знаменателя передаточной функции замкнутой системы, записанной в виде правильной дроби (как бы в два этажа). Либо характеристическое уравнение находят из условия $1+K_{раз}(p)$, приведя его к правильной дроби. Числитель этой дроби будет характеристическим полиномом, в котором делают замену $p=j\omega$ и выделяют вещественную $P(\omega)$ и мнимую части $jQ(\omega)$. Затем в комплексных осях координат $P(\omega)$, $Q(\omega)$ строят кривую Михайлова, по виду которой судят об устойчивости системы.

Контрольные вопросы

Ответить на контрольные вопросы части Б.

5. ТЕКУЩИЙ И ИТоговый КОНТРОЛЬ

Текущий контроль осуществляется: по практическим работам – оценкой домашних заданий; по лабораторным работам – в процессе допуска, проведения и защиты. Итоговый контроль осуществляется в виде устного экзамена.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Перечень используемых информационных продуктов

При изучении дисциплины используются программные комплексы MATLAB (Simulink), Mathcad, Electronics Workbench, Classic.

6.2. Литература обязательная

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 400 с.
2. Никулин Е.А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 640 с.
3. Теория автоматического управления. Ч. 1 / под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.
4. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб.: Профессия, 2004.
5. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.

6.3. Литература дополнительная

6. Стернинсон Л.Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. – М.: Энергия, 1975. – 216 с.
7. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 504 с.
8. Теория автоматического управления / С.Е. Душин [и др.]. – М.: Высш. шк., 2003. – 567 с.
9. Пантелеев А.В. Теория управления в примерах и задачах / А.В. Пантелеев, А.С. Бортаковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 583 с.
10. Зайцев А.П. Теория автоматического управления: практикум. Ч. 1 / А.П. Зайцев, А.Д. Митаенко, К.В. Образцов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 147 с.
11. Митаенко А.Д. Теория автоматического управления: методические указания к практическим занятиям / А.Д. Митаенко, А.П. Зайцев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 40 с.

Учебное издание

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания

Составитель

СЛОБОДЯН Степан Михайлович

Рецензент

*кандидат технических наук,
доцент кафедры ЭСТ ЭПТИ*

Ю.С. Боровиков

Редактор С.В. Ульянова

Компьютерная верстка Т.И. Тарасенко

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати **04.05.10** . Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать Хегох. Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,05.
Заказ **813-10** Тираж **400** экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО



ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru