

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по УР
Н.И. Никифорова
«17» 04 2021г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине (модулю)

Б1.О.24 Теория автоматического управления
(код и наименование дисциплины (модуля))

27.03.04 Управление в технических системах
(код и наименование направления подготовки)

Системы и средства автоматизации технологических процессов
(наименование профиля)

бакалавр
квалификация

форма обучения очная, очно-заочная

Нижнекамск, 2021 г.

Составитель ФОС:


доцент


(подпись)

Н.В. Лежнева

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ИСТ,
протокол от 15.03.2021 г. № 7

Зав. кафедрой

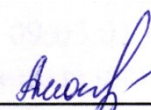

(подпись)

О.В. Матухина

Эксперт:

Руководитель ООП, ст. преподаватель каф. ИСТ

(подпись)


(Ф.И.О.)

Л.А. Амаева

Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины

Компетенция:

ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

Индикаторы достижения компетенции:

ОПК-3.1 Знает способы и методы решения типовых задач управления в технических системах;

ОПК-3.2 Умеет применять полученные знания, умения и навыки для решения типовых задач управления в технических системах;

ОПК-3.3 Владеет навыками определения и оценки возможности применения методов решения типовых.

Компетенция:

ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов задач управления в технических системах

Индикаторы достижения компетенции:

ОПК-4.1 Знает типовые критерии оценки эффективности полученных результатов разработки систем управления;

ОПК-4.2 Умеет применять типовые критерии оценки эффективности полученных результатов разработки систем управления;

ОПК-4.3 Владеет навыками определения критериев оценки эффективности полученных результатов разработки систем управления.

| Индикаторы достижения компетенции | Этапы формирования в процессе освоения дисциплины | | | | Наименование оценочного средства |
|--|--|---|-----------------------------|---------------------------------|---|
| | Лекции | Практические занятия, лабораторный практикум | Лабораторные занятия | Курсовой проект (работа) | |
| ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3 | Тема 1- 8 | Не предусмотрены | Лаб. работа 1-8 | Тема 1- 8 | Экзамен, тестирование, лаб. работа |
| ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3 | Тема 1- 8 | Не предусмотрены | Лаб. работа 1-8 | Тема 1- 8 | Экзамен, тестирование, лаб. работа |

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

| Текущий рейтинг | | |
|------------------------|---------------|--------------|
| Лабораторная работа | Балл | |
| | 4 семестр | 5 семестр |
| №1 | 12-18 | |
| №2 | 12-18 | |
| №3 | 12-18 | |
| №4 | 12-18 | |
| №5 | 12-18 | |
| №6 | | 12-16 |
| №7 | | 12-16 |
| №8 | | 12-16 |
| Тестирование | 0-10 | 0-12 |
| ИТОГО | 60-100 | 36-60 |

| Экзаменационный рейтинг | |
|--|---------------|
| Вопрос | Балл |
| Экзаменационный вопрос № 1 | 7-11 |
| теоретическая часть (определения, общие характеристики и т.п.) | 3-4 |
| вывод формул | 3-4 |
| правильность конечного результата | 1-3 |
| Экзаменационный вопрос № 2 | 7-13 |
| теоретическая часть (определения, общие характеристики и т.п.) | 3-4 |
| вывод формул | 3-5 |
| правильность конечного результата | 1-4 |
| Практическое задание (правильность конечного результата) | 8-12 |
| Дополнительный вопрос № 1 | 1-3 |
| Дополнительный вопрос № 2 | 1-3 |
| ИТОГО | 24-40 |
| Курсовой работа | 60-100 |

Шкала оценивания

| Цифровое выражение | Выражение в баллах: | Словесное выражение | Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля: | |
|--------------------|---------------------|---------------------------------|--|--|
| | | | экзамен | зачет |
| 5 | 87 - 100 | Отлично (зачтено) | Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий | Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр |
| 4 | 74 - 86 | Хорошо (зачтено) | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. | |
| 3 | 60 - 73 | Удовлетворительно (зачтено) | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала. | |
| 2 | Ниже 60 | Неудовлетворительно (незачтено) | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному | Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя. |

Краткая характеристика оценочных средства

| №п/п | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в фонде |
|------|----------------------------------|---|---|
| 1 | Экзамен | Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. | Комплект экзаменационных билетов |
| 2 | Защита лабораторной работы | Средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся. | Темы лабораторных работ. |
| 3 | Тест | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Фонд тестовых заданий для проведения итогового тестирования по дисциплине |

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Информационных технологий
Кафедра Информационных систем и технологий

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
Профиль: Системы и средства автоматизации технологических процессов

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой _____ О.В. Матухина

« _____ » _____ 2021 г.

Экзаменационные вопросы по дисциплине Теория автоматического управления

1. Общие понятия об управлении и системах автоматического управления.
2. Математические модели объектов и систем управления. Модели типа вход – выход.
3. Преобразование Лапласа.
4. Линеаризация уравнения динамики.
5. Передаточная функция.
6. Динамические звенья и их характеристики.
7. Основные виды систем автоматического управления.
8. Временные (переходные) характеристики.
9. Амплитудно-фазовый критерий Найквиста.
10. Критерий Гурвица.
11. Автоматическое и автоматизированное управления. Основные принципы автоматического управления.
12. Анализ устойчивости.
13. Критерий Михайлова.
14. Алгебраические критерии устойчивости. Необходимое условие устойчивости.
15. Теоремы Ляпунова А.М.
16. Понятие структурной устойчивости. АФХ астатических САУ.
17. Частотные оценки запаса устойчивости.
18. Корневые оценки запаса устойчивости.
19. Частотные критерии качества переходных процессов.
20. Интегральные оценки.
21. Частотные характеристики.
22. Метод РАФХ. ПИ – регулятор.
23. Метод РАФХ. ПД – регулятор.
24. Метод РАФХ. П – регулятор.
25. Метод РАФХ. ПИД – регулятор.
26. Статическое идеальное звено (пропорциональное).
27. Теория инвариантности и комбинированное управление.

28. Интегрирующее звено с запаздыванием.
29. Идеальное дифференцирующее звено.
30. Дифференцирующее звено с запаздыванием.
31. Статическое звено первого порядка (апериодическое).
32. Статическое звено второго порядка (апериодическое II-го порядка).
33. Статическое колебательное звено II-го порядка.
34. Идеальное интегрирующее звено (астатическое, нейтральное).
35. Типовые законы регулирования.
36. Пропорциональный закон регулирования.
37. Дифференциальный закон регулирования.
38. Интегральный закон регулирования.
39. Методы синтеза систем автоматического управления.
40. Метод корневых годографов.
41. Метод незатухающих колебаний.
42. Метод логарифмических амплитудных характеристик.
43. Расширенные частотные характеристики.
44. Структурные схемы.
45. Показатели качества переходных процессов.

Критерии оценки: Максимальное значение экзаменационного рейтинга равно 40 баллам, а минимальное - 24. В качестве критериев выбраны следующие:

| Вопрос | Балл |
|--|-------|
| Экзаменационный вопрос № 1 | 7-11 |
| теоретическая часть (определения, общие характеристики и т.п.) | 3-4 |
| вывод формул | 3-4 |
| правильность конечного результата | 1-3 |
| Экзаменационный вопрос № 2 | 7-13 |
| теоретическая часть (определения, общие характеристики и т.п.) | 3-4 |
| вывод формул | 3-5 |
| правильность конечного результата | 1-4 |
| Практическое задание (правильность конечного результата) | 8-12 |
| Дополнительный вопрос № 1 | 1-3 |
| Дополнительный вопрос № 2 | 1-3 |
| ИТОГО | 24-40 |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Информационных технологий
Кафедра Информационных систем и технологий

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
Профиль: Системы и средства автоматизации технологических процессов

Учебным планом по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Теория автоматического управления».

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории «Лаборатория теории автоматического управления 2096В» кафедры без использования специального оборудования.

Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

Комплект лабораторных работ по дисциплине «Теория автоматического управления»

Лабораторная работа №1

Временные и частотные характеристики линейных систем автоматического управления

Цель работы: Ознакомление с динамическими и частотными характеристиками систем автоматического управления (САУ) и получение навыков исследования линейных систем.

Постановка задачи: в качестве объекта исследования выступают линейные динамические системы управления с одним входом и одним выходом. При этом модель одномерной САУ задана в виде комплексной передаточной функции, записанной как отношение полиномов

$$W(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}.$$

Необходимо:

- 1) определить полюсы и нули передаточной функции;
- 2) записать дифференциальное уравнение, определяющее функционирование САУ;
- 3) построить графики переходной и импульсной переходной функции: $h(t)$, $w(t)$;
- 4) построить логарифмические частотные характеристики $L(\omega)$;
- 5) построить частотный годограф Найквиста $W(i\omega)$.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1) изучить теоретические сведения;
- 2) запустить систему MATLAB;
- 3) создать tf-объект, в соответствии с заданным вариантом.
- 4) составить дифференциальное уравнение, определяющее функционирование САУ;
- 5) определить полюса передаточной функции с использованием команды `pole`;
- 6) определить нули передаточной функции с использованием команды `zero`;

- 7) используя LTI-viewer, или соответствующие команды (табл.1.1) получить динамические характеристики – переходную функцию $h(t)$, импульсно-переходную функцию $w(t)$ и частотные характеристики – диаграмму Бode, частотный годограф Найквиста;
- 8) получить представление исходной функции в виде произведения типовых звеньев;
- 9) ответить на контрольные вопросы;
- 10) оформить отчет;
- 11) сдать отчет преподавателю и защитить работу.

Лабораторная работа №2

Исследование динамических характеристик типовых динамических звеньев

Цель работы: Получение временных и частотных характеристики типовых динамических звеньев; изучение влияния изменения параметров передаточных функций на вид этих характеристик.

Постановка задачи: в качестве объекта исследования выступают типовые динамические звенья:

- 1) позиционные (апериодическое, колебательное);
- 2) интегрирующие (идеальное, с запаздыванием, изотропное);
- 3) дифференцирующие (идеальное, с запаздыванием).

Необходимо:

- 1) получить передаточные функции исследуемых звеньев;
- 2) определить переходные характеристики исследуемых звеньев;
- 3) определить импульсные переходные характеристики;
- 4) определить логарифмические переходные характеристики;
- 5) определить амплитудно-фазовые характеристики исследуемых звеньев;
- 6) произвести анализ влияния на временные и частотные характеристики величины коэффициента усиления и постоянных времени.

Порядок выполнения лабораторной работы

Для выполнения лабораторной работы используется пакет прикладных программ (ППП) ControlSystemToolbox, предназначенный для работы с LTI-моделями (LinearTimeInvariantModels) систем управления.

Работа выполняется в следующей последовательности:

- 1) изучить теоретические сведения;
- 2) запустить систему MATLAB;
- 3) получить передаточные функции апериодических звеньев с различными коэффициентами усиления в соответствии с заданным вариантом;
- 4) определить временные и частотные характеристики апериодического звена, сделав анализ влияния коэффициента усиления;
- 5) получить передаточные функции апериодических звеньев с различными постоянными времени в соответствии с заданным вариантом;
- 6) определить временные и частотные характеристики апериодического звена, сделав анализ влияния величины постоянной времени;
- 7) получить передаточные функции и динамические характеристики для колебательного, интегрирующих и дифференцирующих звеньев.

Лабораторная работа №3

Исследование линейных систем регулирования

Цель работы: Установление зависимостей между частотными характеристиками разомкнутой системы, которые могут быть получены как экспериментально, так и аналитически, и поведением системы в замкнутом состоянии.

Постановка задачи: исходными данными для расчета системы на устойчивость являются характеристическое уравнение замкнутой системы, или АФХ разомкнутой системы, которые могут быть получены экспериментально или аналитически.

Необходимо:

- 1) построить годограф Найквиста для разомкнутой системы;
- 2) по виду полученной кривой оценить устойчивость системы в замкнутом состоянии;
- 3) подтвердить полученный вывод об устойчивости замкнутой системы, построив для нее графики переходных процессов.

Порядок выполнения лабораторной работы

Для выполнения лабораторной работы используется пакет прикладных программ (ППП) ControlSystemToolbox, предназначенный для работы с ЛТИ-моделями (LinearTimeInvariantModels) систем управления.

Работа выполняется в следующей последовательности:

- 1) изучить теоретические сведения;
- 2) запустить систему MATLAB;
- 3) записать передаточную функцию апериодического звена в соответствии с заданным вариантом;
- 4) определить частотные характеристики АФХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ апериодического звена;
- 5) записать передаточную функцию колебательного звена в соответствии с заданным вариантом;
- 6) определить частотные характеристики АФХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ колебательного звена;
- 7) определить частотные характеристики последовательно соединенных апериодического и колебательного звеньев;
- 8) используя критерий Найквиста, составить прогноз на поведение системы в замкнутом состоянии; если АФХ разомкнутой системы охватывает точку $(-1; i0)$, то изменением параметров добиться устойчивости системы в замкнутом состоянии;
- 9) определить частоту среза ω_c и запас устойчивости по фазе;
- 10) для отрицательной единичной обратной связи определить поведение системы в замкнутом состоянии;
- 11) изменением параметров апериодического и колебательного звеньев, добиться, чтобы АФХ разомкнутой системы охватывала точку с координатами $-1, i0$, что соответствует неустойчивой системе в замкнутом состоянии;
- 12) определить частоту среза ω_c и фазовый сдвиг для неустойчивой системы.

Лабораторная работа №4

Анализ и синтез САУ методом корневого годографа

Цель работы: Проанализировать поведение замкнутой системы в зависимости от расположения ее корней на корневом годографе и выбрать оптимальный коэффициент усиления пропорционального регулятора.

Постановка задачи. Дана модель разомкнутой системы, записанная в виде отношения произведений типовых звеньев..

Необходимо:

- 1) построить корневой годограф;
- 2) получить коэффициент усиления, при котором система находится на границе устойчивости;
- 3) вычислить частоту $\omega^{кр}$, при которой в системе возникают незатухающие колебания;
- 4) нанести на ветви корневого годографа значения полюсов замкнутой системы, соответствующие $0.5K^{кр}$ и $0.25K^{кр}$;
- 5) привести выражения для $W_3(p)$ в виде произведения типовых звеньев.

Порядок выполнения лабораторной работы

Для выполнения лабораторной работы используется пакет прикладных программ ControlSystemToolbox системы MatLab.

Работа выполняется в следующей последовательности:

- 1) изучить теоретические сведения;
- 2) запустить систему MATLAB;

- 3) создать объект в соответствии с заданием;
- 4) построить корневой годограф;
- 5) выбрать на корневом годографе несколько точек, соответствующих неустойчивой системе, устойчивой системе и системе, находящейся на границе устойчивости, определить соответствующие значения коэффициента K ;
- 6) для различных коэффициентов усиления построить логарифмические частотные характеристики и определить запас по фазе и амплитуде;
- 7) определить переходную характеристику замкнутой системы для различных коэффициентов усиления;
- 8) связать запасы устойчивости с качеством переходного процесса и сделать выводы;
- 9) оформить отчет и защитить лабораторную работу.

Лабораторная работа №5

Расчет комбинированной системы автоматического управления

Цель работы: научиться рассчитывать комбинированные системы автоматического управления.

Постановка задачи. Удовлетворительное качество регулирования в простейшей одноконтурной системе с использованием стандартных законов регулирования можно обеспечить лишь при благоприятных динамических характеристиках объекта. Однако большинству промышленных объектов химической технологии свойственны значительное чистое запаздывание и большие постоянные времени. В таких случаях даже при оптимальных настройках регуляторов одноконтурные АСР характеризуются большими динамическими ошибками, низкой частотой регулирования и длительными переходными процессами.

Необходимо:

- 1) перейти от одноконтурной АСР к комбинированной системе с дополнительным корректирующим импульсом;
- 2) провести расчет настроек регулятора;
- 3) получить передаточную функцию динамического компенсатора.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1) рассчитать настройки регулятора и определить рабочую частоту в одноконтурной системе регулирования;
- 2) вывести передаточную функцию идеального компенсатора из условия инвариантности и анализ его реализуемости;
- 3) выбрать реальный компенсатор и определить его параметры из условия приближенной инвариантности в наиболее существенном для системы диапазоне частот;
- 4) построить переходные процессы в одноконтурной АСР и в системе с дополнительным импульсом по возмущению;
- 5) сравнить полученные переходные процессы между собой.

Лабораторная работа №6

Расчет каскадных систем автоматического регулирования

Цель работы: научиться рассчитывать каскадные АСР по известным передаточным функциям объекта.

Постановка задачи: каскадные системы применяют для автоматизации объектов, обладающих большой инерционностью по каналу регулирования, если можно выбрать менее инерционную по отношению к наиболее опасным возмущениям промежуточную координату и использовать для нее то же регулирующее воздействие, что и для основного выхода объекта.

Необходимо определить настройки основного и вспомогательного регуляторов при заданных динамических характеристиках объекта по основному и вспомогательному каналам.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1) рассчитать приближенные настройки основного ПИ-регулятора, используя передаточную функцию эквивалентного объекта;
- 2) рассчитать приближенные настройки вспомогательного П-регулятора, используя передаточную функцию эквивалентного объекта;
- 3) уточнить настройки основного и вспомогательного регуляторов, используя передаточные функции эквивалентных объектов;
- 4) построить графики переходных процессов вспомогательной координаты (основной регулятор отключен), основной координаты в одноконтурной АСР и в каскадной АСР.




Лабораторная работа №7










Проектирование регулятора для линейной системы

Цель работы: освоение методов проектирования регулятора для одномерной линейной непрерывной системы с помощью среды MATLAB.

Постановка задачи: научиться строить модели соединений линейных звеньев; научиться использовать модуль SISOTool для проектирования простейших регуляторов.

Порядок выполнения лабораторной работы

| Этап выполнения задания | Команды MATLAB |
|---|---|
| 1. Введите передаточную функцию модели объекта $P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}$ как объект tf . | $P = \text{tf} (K, [T_s \ 1 \ 0])$ |
| 2. Введите передаточную функцию интегрирующего звена $R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$ | $R0 = \text{tf}(1, [TR \ 0])$ |
| 3. Постройте передаточную функцию привода, замкнув интегратор единичной отрицательной обратной связью. | $R = \text{feedback} (R0, 1)$ |
| 4. Постройте передаточную функцию последовательного соединения объекта с приводом. | $G = P * R$ |
| 5. Постройте переходную характеристику для полученной модели и скопируйте ее в отчет через буфер обмена. Объясните, почему функция бесконечно возрастает и стремится к прямой. Каков коэффициент наклона этой прямой? Закройте окно с графиком. | $\text{step} (G)$ |
| 6. Постройте передаточную функцию измерительного устройства $H(s) = \frac{1}{T_{oc} s + 1}$ | $H = \text{tf} (1, [Toc \ 1])$ |
| 7. Постройте передаточную функцию разомкнутого контура. | $L = G * H$ |
| 8. Постройте ЛАФЧХ разомкнутой системы. | bode (L) |
| 9. Отметьте точки, определяющие пересечение ЛАЧХ с прямой 0 дБ и пересечение ЛФЧХ с прямой -180°. |  Figure No. 1 ПКМ – Characteristics – Stability (Minimum Crossing) |
| 10. Определите, является ли замкнутая система устойчивой? Каковы запасы устойчивости по амплитуде (<i>Gainmargin</i>) и фазе (<i>Phasemargin</i>)? Какой регулятор неявно используется в этом случае? Скопируйте график ЛАФЧХ в отчет. |  Figure No. 1 ЛКМ на метках-кружках |
| 11. Найдите максимальный коэффициент усиления разомкнутой системы. Объясните этот результат. |  Figure No. 1 ПКМ – Characteristics – Peak Response |
| 12. Закройте окно с ЛАФЧХ и запустите модуль SISO- | sisotool |

| Этап выполнения задания | Команды MATLAB |
|--|---|
| Tool. | |
| 13. Импортируйте передаточную функцию G как модель объекта (<i>Plant</i>) и H как модель датчика (<i>Sensor</i>). Блоки F (предфильтр) и C (регулятор) оставьте без изменений (равными 1). |  SISO Design Tool File - Import |
| 14. Отключите изображение корневого годографа так, чтобы в окне осталась только ЛАФЧХ. |  SISO Design Tool View – Root Locus (отключить) |
| 15. Для того, чтобы сразу видеть изменения переходных процессов, запустите LTIVIEWER из верхнего меню окна SISOTool . Расположите два окна рядом, чтобы они не перекрывали друг друга. |  SISO Design Tool Analysis – Response to Step Command |
| 16. Оставьте только график переходного процесса на выходе, отключив вывод сигнала управления. |  LTI Viewer ПКМ – Systems – Closed loop r to u |
| 17. Определите перерегулирование σ и время переходного процесса T_p . Скопируйте график в отчет. |  LTI Viewer ПКМ – Characteristics – <ul style="list-style-type: none"> • Peak Response • Settling Time |
| 18. Перейдите в окно SISOTool . Определите коэффициент усиления, при котором перерегулирование примерно равно 10%. Как изменилось время переходного процесса? Каковы запасы устойчивости в этом случае? Скопируйте график в отчет. |  SISO Design Tool перетаскивание мышью ЛАЧХ, редактирование в поле <i>Current-Compensator</i> |
| 19. Перейдите в окно среды MATLAB и введите передаточную функцию пропорционально-дифференциального (ПД) регулятора $C_{pd}(s) = 1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1}$, где $T_v = 1$ сек, T_s – постоянная времени объекта. | $C_{pd} = 1 + tf ([Ts \ 0], [Tv \ 1])$ |
| 20. Перейдите в окно SISOTool . Импортируйте регулятор C_{pd} как базовую модель для блока C . |  SISO Design Tool File – Import, Cpd -> C |
| 21. Определите дополнительный коэффициент усиления, при котором перерегулирование примерно равно 10%. Найдите время переходного процесса и запасы устойчивости. Сравните пропорциональный и ПД-регуляторы. Скопируйте в отчет график переходного процесса. |  SISO Design Tool перетаскивание мышью ЛАЧХ, редактирование в поле <i>Current-Compensator</i> |
| 22. Определите дополнительный коэффициент усиления, при котором время переходного процесса минимально. Скопируйте в отчет график переходного процесса. |  SISO Design Tool перетаскивание мышью ЛАЧХ, редактирование в поле <i>Current-Compensator</i> |
| 23. Постройте передаточную функцию полученной замкнутой системы. | $W = C * G / (1 + C * G * H)$ |
| 24. Постройте минимальную реализацию передаточной функции W . | $W = \text{minreal}(W)$ |
| 25. Определите полюса передаточной функции замкнутой системы. Что означает близость некоторых полюсов к мнимой оси? Верно ли, что в этом случае будет малый запас устойчивости? | $\text{pole} (W)$ |
| 26. Найдите коэффициент усиления системы в | $\text{dcgain} (W)$ |

| Этап выполнения задания | Команды MATLAB |
|---|---------------------------------------|
| установившемся режиме. Объясните результат. Есть ли у такой системы статическая ошибка при отслеживании постоянного сигнала? | |
| 27. Постройте минимальную реализацию передаточной функции замкнутой системы от входа к сигналу управления (выходу регулятора). | $W_u = \minreal(C / (1 + C * G * H))$ |
| 28. Постройте изменение сигнала управления при единичном ступенчатом входном сигнале и скопируйте график в отчет. Объясните, почему сигнал управления стремится к нулю. | <code>step (Wu)</code> |

Лабораторная работа №8

Определение настроек регулятора методом расширенных частотных характеристик

Цель работы: научиться рассчитывать настроечные параметры регуляторов методом расширенных частотных характеристик.

Постановка задачи: в качестве объекта исследования выступает объект управления, который описывается апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием.

Необходимо:

- 1) рассчитать расширенные частотные характеристики объекта для заданной степени колебательности m ;
- 2) определить настроечный параметр P – регулятора;
- 3) рассчитать и построить кривую равной колебательности в плоскости параметров $C1$ и $C0$ для ПИ – регулятора;
- 4) рассчитать и построить кривую равной колебательности в плоскости параметров $C1$ и $C2$ для ПД – регулятора;
- 5) выбрать рабочую частоту и соответствующие ей оптимальные настройки;
- 6) построить переходные процессы в системе с П-, ПИ-, ПД – регуляторами.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1) по графику кривой разгона объекта определить передаточную функцию объекта;
- 2) рассчитать расширенные частотные характеристики объекта для заданной степени колебательности $m = 0.221$;
- 3) определить настроечный параметр P – регулятора;
- 4) рассчитать и построить кривую равной колебательности в плоскости параметров $C1$ и $C0$ для ПИ – регулятора;
- 5) выбрать оптимальную пару настроек, соответствующие рабочей частоте;
- 6) рассчитать и построить кривую равной колебательности в плоскости параметров $C1$ и $C2$ для ПД – регулятора;
- 7) выбрать оптимальную пару настроек, соответствующие рабочей частоте;
- 8) запустить систему MatLab;
- 9) получить передаточные функции замкнутых систем, состоящих из заданного объекта и полученных регуляторов;
- 10) построить переходные процессы в системе с П-, ПИ-, ПД – регуляторами.

Критерии оценки: Количество баллов, которое можно получить за лабораторную работу, представлено в табл.

| Лабораторная работа | Балл | |
|---------------------|-----------|-----------|
| | 4 семестр | 5 семестр |
| №1 | 12-18 | |
| №2 | 12-18 | |
| №3 | 12-18 | |
| №4 | 12-18 | |

| | | |
|-------|-------|-------|
| №5 | 12-18 | |
| №6 | | 12-16 |
| №7 | | 12-17 |
| №8 | | 12-17 |
| ИТОГО | 60-90 | 36-50 |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Информационных технологий
Кафедра Информационных систем и технологий

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
Профиль: Системы и средства автоматизации технологических процессов

Комплект заданий для курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления»

Расчет и исследование параметров САУ

Порядок выполнения лабораторной работы

Для структурной схемы САУ, соответствующей выбранному варианту, выполнить следующие действия:

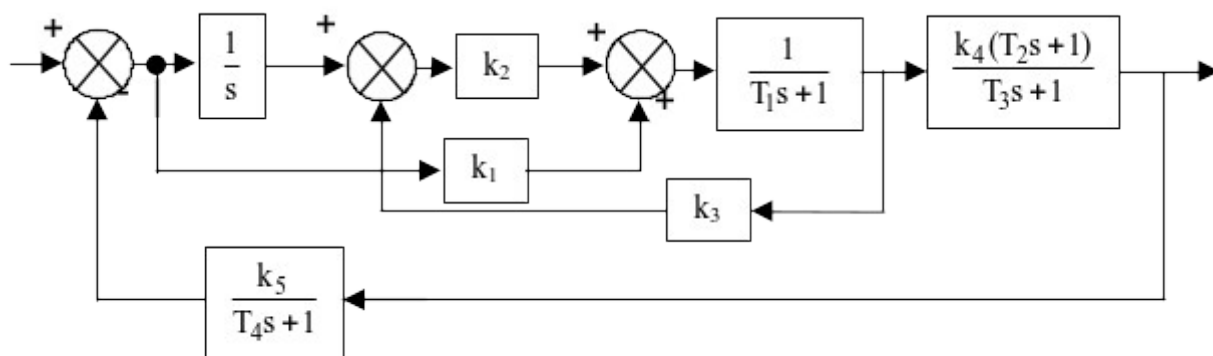
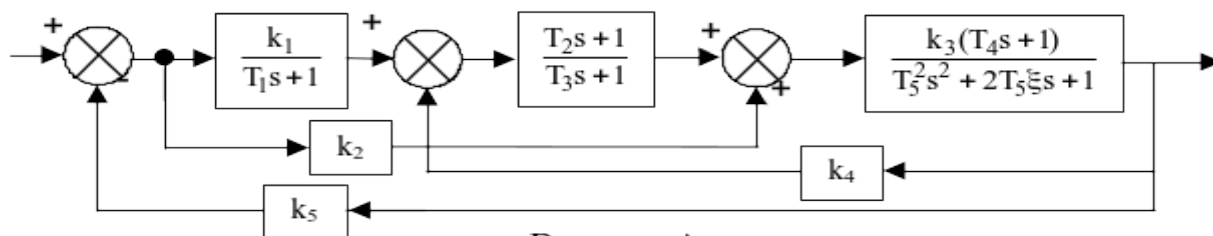
1. Избавиться от всех перекрестных параллельных и обратных связей, привести структурную схему к стандартному виду. Определить передаточную функцию разомкнутой системы, записать ее в стандартной форме. Определить степень астатизма системы.
2. Определить амплитудно-фазовую, вещественную и мнимую частотные характеристики разомкнутой системы.
3. Построить годограф АФЧХ разомкнутой системы.
4. Найти выражения для асимптотической ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
5. Построить в масштабе ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
6. Определить устойчивость замкнутой САУ с помощью критерия Найквиста и логарифмических частотных характеристик.
7. Найти запасы устойчивости системы по фазе и по амплитуде.
8. Найти передаточную функцию замкнутой системы и проверить выводы пункта 6 с помощью частотного критерия Михайлова.
9. Определить величину поправочного коэффициента усиления, при котором статическая ошибка замкнутой системы будет не больше 0.1; перерегулирование в системе составит 12 %; время переходного процесса будет минимальным.
10. Построить с переходную функцию замкнутой системы и оценить основные показатели качества регулирования (перерегулирование и время регулирования) в системе.
11. Преобразовать полученную систему в цифровую форму и построить переходные процессы для различных значений шага квантования.

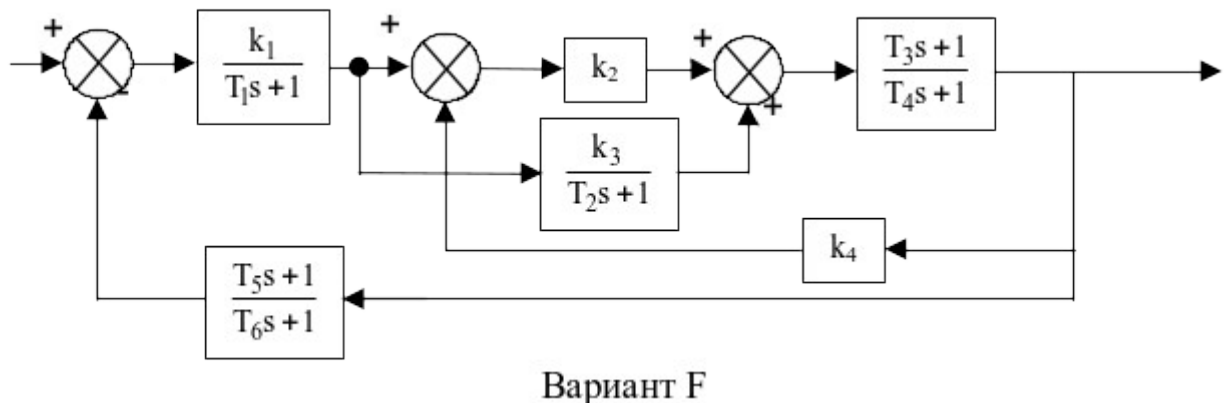
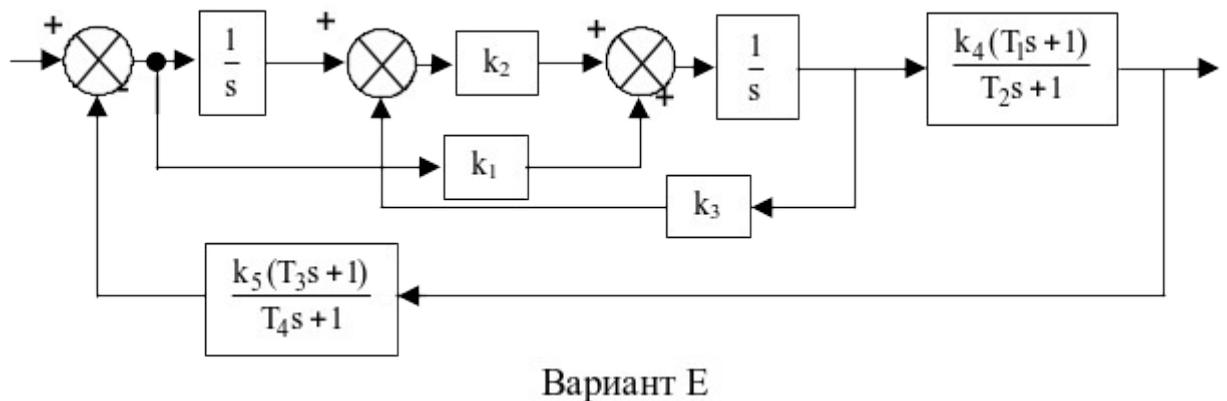
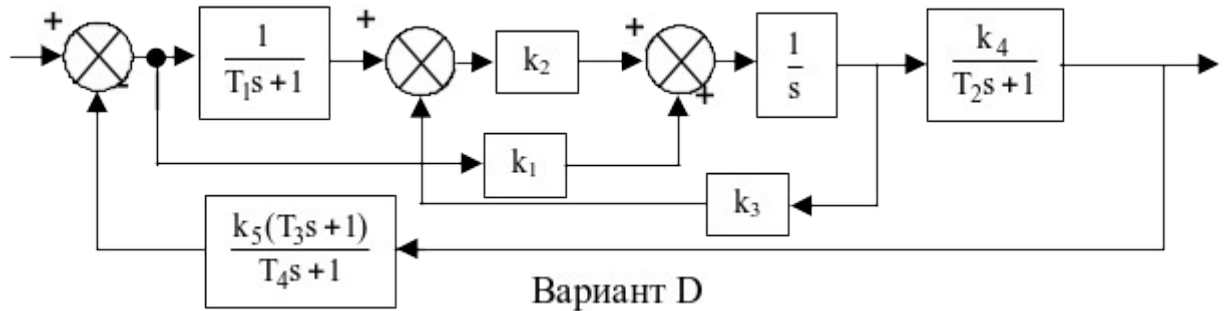
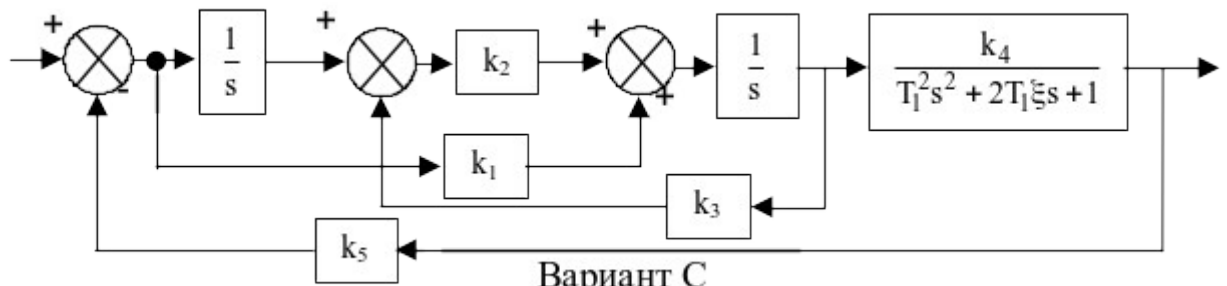
Исходные данные

| Вариант | Схема | k_1 | k_2 | k_3 | k_4 | k_5 | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 | ξ |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. | (f) | 7 | 5 | 10 | 6 | | 0.9 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 0.3 | |
| 2. | (a) | 5 | 1 | 2 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.8 | | 0.5 |
| 3. | (e) | 0.2 | 2 | 2 | 30 | 2 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.75 | | | |

| Вариант | Схема | k_1 | k_2 | k_3 | k_4 | k_5 | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_6 | ξ |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4. | (b) | 2 | 0.2 | 2 | 10 | 3 | 0.5 | 0.5 | 0.9 | 0.75 | | | |
| 5. | (c) | 0.5 | 5 | 4 | 10 | 0.25 | 0.8 | | | | | | 0.5 |
| 6. | (d) | 0.7 | 2 | 2 | 9 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.55 | | | |
| 7. | (f) | 2 | 2 | 15 | 19 | | 0.5 | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.15 | 0.75 | |
| 8. | (c) | 0.2 | 4 | 5 | 10 | 0.25 | 0.7 | | | | | | 0.5 |
| 9. | (a) | 1 | 5 | 2 | 4 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.25 | 0.922 | | 0.5 |
| 10. | (b) | 0.5 | 6 | 3 | 25 | 0.3 | 0.1 | 0.01 | 0.3 | 0.25 | | | |
| 11. | (e) | 1.1 | 3 | 5 | 12 | 0.7 | 0.1 | 0.95 | 0.3 | 0.6 | | | |
| 12. | (a) | 2 | 0.8 | 4 | 15 | 2 | 0.75 | 0.15 | 0.95 | 0.1 | 0.6 | | 0.4 |
| 13. | (d) | 1.5 | 5 | 0.5 | 5 | 2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.75 | | | |
| 14. | (f) | 5 | 7 | 15 | 4 | | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.2 | 0.7 | |
| 15. | (b) | 0.7 | 10 | 2 | 20 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.5 | | | |

Структурные схемы САУ





Критерии оценки

При оценке результатов выполнения курсовой работы в рамках дисциплины «Теория автоматического управления» используется рейтинговая система.

Максимальное значение оценки курсовой работы равно 100 б. Курсовая работа считается сданной, если студент получил за нее не менее – 60 б. Критерии оценки представлены в табл.

| Критерии оценки | Количество баллов |
|--|-------------------|
| Корректность составления математической модели | 0-20 |
| Программная реализация | 0-20 |

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Графическое представление результатов | 0-20 |
| Правильность численных результатов | 0-20 |
| Оформление отчета | 0-10 |
| Своевременность сдачи курсовой работы | 0-10 |
| ИТОГО | 0-100 |

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Информационных технологий
Кафедра Информационных систем и технологий

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах
Профиль: Системы и средства автоматизации технологических процессов

Комплект тестовых заданий по дисциплине «Теория автоматического управления»

Вариант №1

Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов

1.1. Основные принципы автоматического управления:

- 1) разомкнутое управление;
- 2) принцип максимума;
- 3) принцип компенсации;
- 4) допустимое управление;
- 5) принцип обратной связи.

1.2. Примеры автоматических систем:

- 1) автомат, выбрасывающий какие-либо предметы (билеты, шоколад) при опускании в него определенной комбинации монет;
- 2) регулятор скорости вращения двигателя независимо от внешней нагрузки;
- 3) автомат включения освещения, в котором имеется фотоэлемент, реагирующий на силу дневного света, и специальное устройство для включения освещения, срабатывающее от определенного сигнала фотоэлемента;
- 4) автопилот, поддерживающий определенный курс и высоту полета самолета без помощи летчика и пр.;
- 5) система поддержания уровня в емкости на неизменном значении.

1.3. Какие характеристики применяются для описания динамических свойств линейных звеньев (объектов):

- 1) временные (переходные);
- 2) качественные;
- 3) частотные;
- 4) периодические;
- 5) количественные.

1.4. Частотные характеристики:

- 1) амплитудно-частотная характеристика;
- 2) переходная характеристика;
- 3) фазо-частотная характеристика;
- 4) амплитудно-фазовая характеристика;
- 5) передаточная функция.

1.5. Частотные критерии устойчивости:

- 1) Критерий Кохрена;
- 2) критерий Михайлова;
- 3) амплитудно-фазовый критерий Найквиста;
- 4) критерий Стюдента;
- 5) критерий Фишера.

1.6. Частотные оценки запаса устойчивости:

- 1) запас устойчивости по амплитуде;
- 2) запас устойчивости по времени;
- 3) запас устойчивости по модулю;
- 4) запас устойчивости по фазе;
- 5) запас устойчивости по знаку.

1.7. Какие из нижеперечисленных являются типовыми законами регулирования:

- 1) пропорциональный;
- 2) дифференциальный;
- 3) интегральный;
- 4) пропорционально - интегральный;
- 5) интегрально - дифференциальный.

1.8. Теоретические методы синтеза систем автоматического управления:

- 1) градиентный метод;
- 2) метод корневых годографов;
- 3) метод логарифмических амплитудных характеристик;
- 4) метод устойчивости;
- 5) адаптивный метод.

1.9. Методика расчета оптимальных настроек ПИ – регулятора сводится к следующему:

- 1) расчет расширенных частотных характеристик объекта для заданной степени колебательности m^* ;
- 2) расчет и построение кривой равной колебательности $m = m^*$ в плоскости параметров C_1 и C_0 по формулам;
- 3) выбор рабочей частоты ω_r и соответствующих ей оптимальных настроек;
- 4) расчет корней характеристического уравнения;
- 5) расчет алгоритма адаптации.

1.10. В методе незатухающих колебаний:

- 1) на первом этапе подбирается такая настройка пропорционального регулятора (т.е. исключаются интегральная и дифференциальная составляющие), при которой в замкнутой системе устанавливаются незатухающие колебания, т.е. система находится на границе устойчивости;
- 2) на третьем этапе решается задача оптимизации;
- 3) на втором этапе рассчитываются рабочие настройки выбранного регулятора по

приближенным формулам в зависимости от величины $C_1^{кр}$ и периода незатухающих колебаний T^* ;

- 4) рабочие настройки любого регулятора рассчитываются в два этапа;
- 5) на четвертом этапе проводится анализ устойчивости системы.

Часть II. Задание с выбором одного верного ответа

2.1. Автоматизированным называют процесс управления, в котором:

- 1) часть функций выполняется человеком, другая часть – автоматическими устройствами;
- 2) все функции процесса выполняются человеком – оператором;
- 3) все функции выполняются автоматическими устройствами;
- 4) все функции выполняются механическими устройствами.

2.2. Воздействие, вызывающее нежелательное изменение управляемой величины:

- 1) управление;
- 2) возмущение;
- 3) рассогласование;
- 4) задающее воздействие.

2.3. Графическая модель системы, в которой каждому элементу ставится в соответствие его динамическая характеристика:

- 1) технологическая схема;
- 2) структурная схема;
- 3) принципиальная схема;
- 4) функциональная схема.

2.4. Пример интегрирующего звена:

- 1) статическое звено второго порядка;
- 2) интегрирующее звено с запаздыванием;
- 3) идеальное дифференцирующее звено;
- 4) статическое звено первого порядка (апериодическое).

2.5. Система называется управляемой, если:

- 1) не существует такое управление, которое из любого начального состояния переведет систему в любое конечное положение;
- 2) существует такое управление, которое из любого начального состояния переведет систему в любое конечное положение;
- 3) в системе не существует возмущений;
- 4) система нестационарная.

2.6. Показатели качества переходных процессов:

- 1) точность и адекватность;
- 2) ошибка регулирования, быстродействие, перерегулирование;
- 3) производительность и качество конечных продуктов;
- 4) устойчивость системы.

2.7. Интегральный закон регулирования:

1)
$$U(t) = C_0 \cdot \int_0^t [y(\lambda) - y_0] \cdot d\lambda$$
 ;

2)
$$U(t) = C_2 \cdot y'(t)$$
 ;

3)
$$U(t) = C_1 \cdot [y(t) - y_0]$$
 ;

4)
$$U(t) = C_2 \cdot \delta(t)$$
 .

2.8. Дифференциальный закон регулирования:

1)
$$U(t) = C_0 \cdot \int_0^t [y(\lambda) - y_0] \cdot d\lambda$$
 ;

- 2) $U(t) = C_2 \cdot y'(t)$;
- 3) $U(t) = C_1 \cdot [y(t) - y_0]$;
- 4) $U(t) = C_2 \cdot \delta(t)$.

2.9. Настройки ПИ – регулятора:

- 1) $C_1 = \frac{1}{A_{ог}(m, \omega)} \left| m \sin[-\phi_{ог}(m, \omega)] - \cos[-\phi_{ог}(m, \omega)] \right|$;
- 2) $C_1 = \frac{1}{A_{ог}(m, \omega)} \left| m \sin[-\phi_{ог}(m, \omega)] - \cos[-\phi_{ог}(m, \omega)] \right|$;
- $C_0 = \frac{1}{A_{ог}(m, \omega)} \left| \omega \sin[-\phi_{ог}(m, \omega)] (m^2 + 1) \right|$;
- 3) $C_2 = \frac{\omega}{A_{ог}(m, \omega)} \sin[-\phi_{ог}(m, \omega) - \pi]$;
- 4) $C_0 = \frac{1}{A_{ог}(m, \omega)} \left| \omega \sin[-\phi_{ог}(m, \omega)] (m^2 + 1) \right|$;

2.10. Сколько параметров настроек имеет ПИД – регулятор:

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.

Вариант №2

Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов

1.1. Дискретные САУ:

- 1) релейные;
- 2) непрерывные;
- 3) импульсные;
- 4) цифровые;
- 5) аналоговые.

1.2. Цифровые системы строятся на базе комплекса средств вычислительной техники, основными элементами которого являются:

- 1) ЦВМ;
- 2) устройства печати;
- 3) устройства ввода;
- 4) устройство анализа;
- 5) устройства вывода.

1.3. Обобщенная структурная схема САУ может содержать:

- 1) измерительное устройство;
- 2) задающее устройство;
- 3) сравнивающее устройство;
- 4) управляющее устройство;
- 5) возмущающее устройство.

1.4. Основные виды систем автоматического управления:

- 1) механические системы;
- 2) системы стабилизации;
- 3) программные системы;
- 4) следящие системы;
- 5) экстремальные системы.

1.5. Основные способы разработки моделей:

- 1) аналитический;
 - 2) экспериментальный;
 - 3) программный;
 - 4) алгоритмический;
 - 5) комбинированный.
- 1.6. Виды переходных процессов по характеру изменения во времени:
- 1) апериодический;
 - 2) колебательный затухающий;
 - 3) статический;
 - 4) незатухающий колебательный;
 - 5) расходящийся колебательный.
- 1.7. Виды временных характеристик:
- 1) апериодическая;
 - 2) переходная характеристика;
 - 3) частотные;
 - 4) импульсная переходная характеристика;
 - 5) количественные.
- 1.8. Статические звенья:
- 1) статическое идеальное звено;
 - 2) статическое звено первого порядка (апериодическое);
 - 3) статическое колебательное звено II-го порядка;
 - 4) статическое звено второго порядка (апериодическое II-го порядка);
 - 5) статическое интегральное звено.
- 1.9. Алгебраические критерии устойчивости:
- 1) критерий Кохрена;
 - 2) критерий Михайлова;
 - 3) амплитудно-фазовый критерий Найквиста;
 - 4) критерий Стюдента;
 - 5) критерий Рауса.
- 1.10. Быстродействие системы:
- 1) время от начала процесса до первого момента достижения установившегося значения $U_{уст}$;
 - 2) время останова;
 - 3) время достижения первого максимума;
 - 4) время от начала переходного процесса до момента, когда отклонение выходной величины становится близким к установившемуся значению с заданной точностью ϵ ;
 - 5) время ожидания.

Часть II. Задание с выбором одного верного ответа

2.1. Интегральный критерий качества:

- 1)
$$I_4 = \int_0^{\infty} [y(t) - y_0]^2 \cdot dt$$
 ;
- 2) $y_{дин} = y_{max}(t) - y_{уст}$;
- 3) $\Delta y(t) = y_0 - y(t)$;
- 4)
$$U(t) = C_0 \cdot \int_0^t [y(\lambda) - y_0] \cdot d\lambda$$
 .

2.2. Пример дифференцирующего звена:

- 1) статическое звено второго порядка;
- 2) интегрирующее звено с запаздыванием;

- 3) идеальное дифференцирующее звено;
 - 4) статическое звено первого порядка (апериодическое).
- 2.3. Настройки П – регулятора:

$$1) C_1 = \frac{1}{A_{\phi\delta}(m, \omega)} \left(m \sin[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] - \cos[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] \right)$$

$$2) C_1 = \frac{1}{A_{\phi\delta}(m, \omega)} \left(m \sin[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] - \cos[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] \right)$$

$$C_0 = \frac{1}{A_{\phi\delta}(m, \omega)} \left(\omega \sin[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] (m^2 + 1) \right);$$

$$3) C_2 = \frac{\omega}{A_{\phi\delta}(m, \omega)} \sin[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega) - \pi];$$

$$4) C_0 = \frac{1}{A_{\phi\delta}(m, \omega)} \left(\omega \sin[-\phi_{\phi\delta}(m, \omega)] (m^2 + 1) \right)$$

2.4. Система является инвариантной по отношению к возмущению:

- 1) если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы зависят от этого возмущения;
- 2) если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы не зависят от этого возмущения;
- 3) если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы равна возмущению;
- 4) если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы отсутствуют;
- 5) если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы равны между собой.

2.5. Пропорциональный закон регулирования:

$$1) U(t) = C_0 \cdot \int_0^t [y(\lambda) - y_0] \cdot d\lambda;$$

$$2) U(t) = C_2 \cdot y'(t);$$

$$3) U(t) = C_1 \cdot [y(t) - y_0];$$

$$4) U(t) = C_2 \cdot \delta(t).$$

2.6. Расчет настроек промышленных регуляторов методом РАФХ основан на введении:

- 1) степени разобшенности;
- 2) степени колебательности;
- 3) степени устойчивости;
- 4) степени отклонения.

2.7. Типовые динамические звенья, описываемые дифференциальными уравнениями 1-го, 2-го порядка или передаточной функцией, называются:

- 1) простыми;
- 2) обыкновенными;
- 3) особыми;
- 4) сложными.

2.8. Способность системы возвращаться к состоянию установившегося равновесия после снятия возмущения, нарушившего это равновесие, называется:

- 1) инерционностью;
- 2) точностью;
- 3) устойчивостью;

4) прочностью.

2.9. Z-преобразование:

$$1) \quad F(z) = \sum_{i=0}^{\infty} f(i)z^{-i} ;$$

$$2) \quad C_0 = \frac{1}{A_{\sigma\sigma}(m, \omega)} \left\{ \omega \sin \left[-\Phi_{\sigma\sigma}(m, \omega) \right] (m^2 + 1) \right\} ;$$

$$3) \quad F^*(p) = D[f(i)] ;$$

$$4) \quad f(i) = \sum_{v=1}^N c_v f_v(i) .$$

2.10. Разложение в ряд Лорана:

$$1) \quad F(z) = \sum_{i=0}^{\infty} f(i)z^{-i} = f(0) + f(1)z^{-1} + \dots + f(k)z^{-k} + \dots ;$$

$$2) \quad c_n y(i+n) + c_{n-1} y(i+n-1) + \dots + c_0 y(i) = b_m u(i+m) + b_{m-1} u(i+m-1) + b_m u(i) ;$$

$$3) \quad Z[y(i-n)] = z^{-n} \left[Y(z) + \sum_{r=1}^n y(-r)z^r \right] ;$$

$$4) \quad W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{B(z)}{C(z)} .$$

Критерии оценки

При оценке результатов выполнения тестовых заданий в рамках дисциплины «Теория автоматического управления» используется рейтинговая система. Согласно рейтинговой системе оценка результатов тестирования формирует текущий рейтинг $R^{\text{тек}}$.

Максимальное значение оценки равно 10 б. Тест считается пройденным, если студент получил за него не менее – 6 б. Критерии оценки представлены в табл.

| Критерии оценки | Количество баллов |
|--|-------------------|
| Часть I. Задание с выбором нескольких верных ответов | 0-5 |
| Часть II. Задание с выбором одного верного ответа | 0-5 |
| ИТОГО | 0-10 |