МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра систем автоматического управления

Утверждено на заседании кафедры
«Системы автоматического управления»
«09» декабря 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

_____О.В.Горячев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю))

«Теория импульсных и цифровых систем управления»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы специалитета

по специальности
24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

со специализацией
Системы управления беспилотными летательными аппаратами

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240506-01-22

Тула 2023 год

Разработчик методических указаний

Горячев Олег Владимирович, зав. каф. САУ, д.т.н., проф.
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

Курсовая работа (КР) выполняется с целью закрепления теоретических знаний по курсу «Теория импульсных и цифровых систем управления», развития практических навыков решения задач анализа и синтеза цифровых систем управления динамическими объектами, овладения навыками использования пакетов моделирования для решения задач анализа характеристик систем с цифровым управлением и синтеза алгоритмов управления.

ЗАДАНИЕ

Задана структурные схемы некорректированной цифровой системы управления (рис.1.) и варианты скорректированной системы управления (рис.2.а-в).

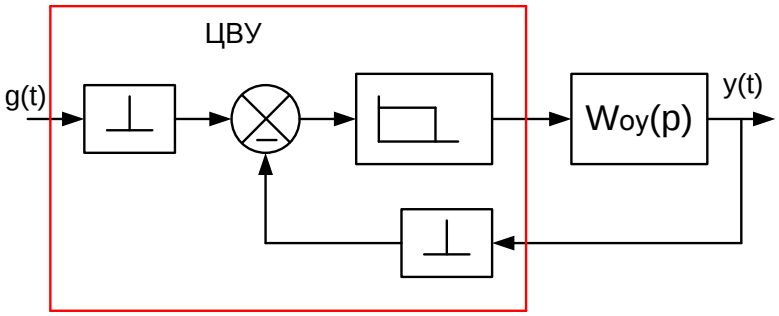

Рис.1.

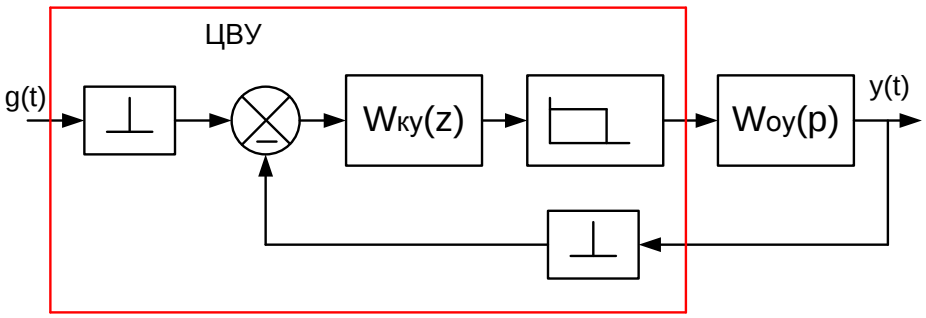

Рис.2а

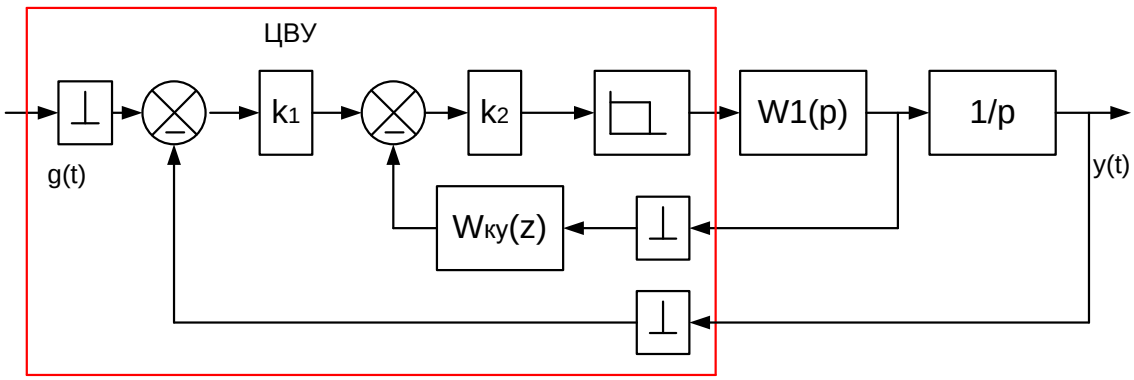

Рис.2б

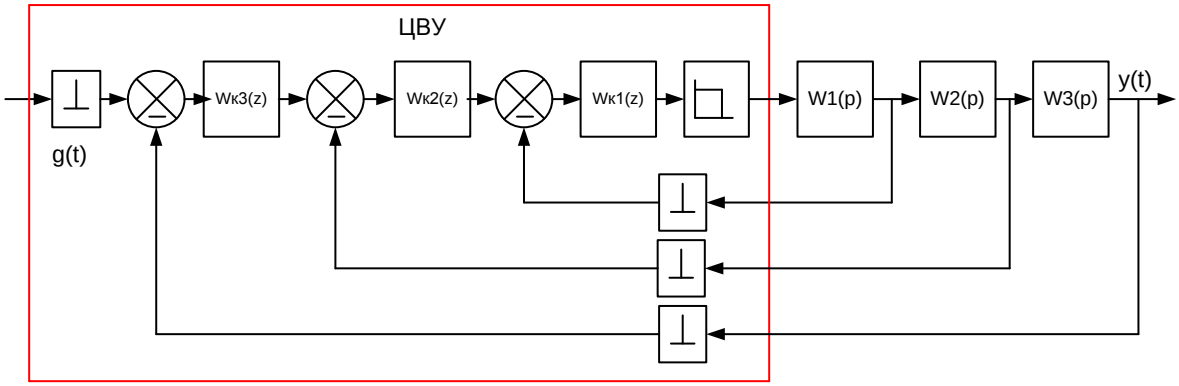

Рис.2.в

В качестве методов коррекции предлагается один из трех классических методов коррекции: последовательная коррекция методом ЛАФЧХ, параллельная коррекция методом глубокой отрицательной обратной связи и коррекция методом подчиненного регулирования и одним из методов пространства состояний (конечное число шагов управления).

Исходные данные:

Параметры объекта управления, входного сигнала и исходные требования (по точности, быстродействию), метод синтеза корректирующего устройства определяются вариантом задания, который выдается преподавателем.

Варианты задания по указанным пунктам представлены в таблицах 1.1-1.6.

Таблица 1.1.

№	Тип объекта управления
1	$\frac{k_{oy}}{p(T_1 p+1)}$
2	$\frac{k_{oy}}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)}$
3	$\frac{k_{oy}}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)(T_\mu p+1)}$
4	$\frac{k_{oy}}{p(T_1^2 p+2\xi T_1 p+1)}$
5	$\frac{k_{oy}(T_3 p+1)}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)}$
6	$\frac{k_{oy}}{p^2(T_\mu p+1)}$

Таблица 1.2.

№	Входной сигнал
1	A_0
2	A_0+A_1*t
3	$A_0\sin(\omega t)$
4	ω_{max}, $\dot{\omega}_{max}$

Таблица 1.3.

№	Тип программирования
1	прямое
2	параллельное
3	последовательное

Таблица 1.4.

№	Метод синтеза
1	Метод логарифмических частотных характеристик
2	Метод глубокой отрицательной обратной связи
3	Метод подчиненного регулирования
4	Методами пространства состояний (конечная длительность переходного процесса)

Таблица 1.5.

Таблица параметров входных сигналов

№	A_0 рад	A_1 рад/с	ω рад/с
1	0,2	0,06	18
2	0,02	0,3	25
3	0,1	0,8	10
4	0,4	0,2	20
5	1,1	0,2	15

Таблица 1.6.

Таблица параметров объекта управления

№	T_0 с	T_1 с	T_2 с	T_μ с	Коу	ξ
1	0,005	0,3	0,08	0,001	20,0	0.6
2	0,01	0,15	0,06	0,001	15,0	0.4
3	0,005	0,018	0,0075	0,001	12,0	0.8
4	0,002	0,025	0,0067	0,001	16,0	0.5
5	0,00075	0,018	0,0035	0,0005	17,0	0.7
6	0,001	0,021	0,0055	0,001	10,0	0.6

Таблица 1.7.

Таблица требований технического задания

№	ω_{max} рад/с	$\dot{\omega}_{max}$ рад/с^2	ε_{max} рад	M
1	0,45	1,15	0,001	1,2
2	1,1	2,7	0,001	1,1
3	0,9	1,8	0,0005	1,3
4	0,2	0,7	0,003	1,2
5	0,3	0,8	0,001	1,1

Таблица 2
индивидуальных заданий курсовой работы –

№ п/п	Фамилия И.О.	Тип ОУ	Входной сигнал (контроль)	Тип программирования	Метод синтеза	Параметры входного сигнала	Таблица параметров ОУ	ТТЗ
1		1	4	3	4	3	1	5
2		2	3	2	4	1	2	4
3		3	2	1	3	1	3	3
4		4	4	1	1	3	4	2
5		5	3	2	2	2	6	1
6		6	2	1	3	2	2	1
7		1	4	1	3	2	2	2
8		2	2	2	1	1	3	3
9		4	3	1	4	3	2	4
10		3	4	3	3	2	5	4
11		4	1	2	2	3	1	5
12		5	2	1	1	2	2	1
13		1	3	2	4	1	5	4
14		6	3	3	1	1	4	2
15		1	2	2	3	4	3	3
16		2	1	3	1	5	2	4
17		3	3	1	2	3	6	5
18		4	2	3	1	2	5	1
19		5	1	3	3	5	4	2
20		6	4	2	1	3	3	3

Внимание!

Записка выполняется без применения текстовых редакторов (вручную). Допускается вставки рисунков выполненных с помощью специализированных пакетов (Matcad, MatLab)

ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Формирование задания в соответствии с конкретным вариантом задания.
2. Построение ЛАФЧХ ОУ.
3. Расчет переходных процессов и определение динамических характеристик ОУ.
4. Нахождение передаточной функции приведенной непрерывной части объекта управления (ОУ).
5. Проверка корректности задания величины такта квантования.
6. Определение z-передаточной функции ОУ. – аналитическими методами.
7. Определение z-передаточной функции ОУ с помощью пакета MatLab.
8. Определение выражения для расчета логарифмических псевдочастотных характеристик ОУ.
   - 8.1. Переход к новой комплексной переменной путем выполнения подстановки $z=\frac{1+w}{1-w}$;
   - 8.2. Замена комплексной переменной w абсолютной псевдочасотой λ по формуле $w=j\lambda\frac{T}{2}$.
   - 8.3. Расчет эквивалентных постоянных времени (коэффициентов при $j\lambda$).
   - 8.4. Сравнительный анализ псевдочастотных характеристик и АФЧХ, построенных с помощью инструментальных средств пакета MatLab.
9. Сравнительный анализ частотных характеристик объекта управления для непрерывного времени с частотными характеристиками, построенными с учетом такта квантования и с псевдочастотными характеристиками.
10. Подтверждение правильности выбора величины такта квантования по степени соответствия построенных частотных характеристик в рабочем диапазоне частот.
11. Синтез корректирующего алгоритма.
    - 11.1.Синтез корректирующих устройств методом ЛАФЧХ.
      - 11.1.1. Построение желаемой частотной характеристики.
      - 11.1.2. Построение запретной области исходя из заданных требованиях к точности системы.
      - 11.1.3. Построение среднечастотного участка желаемой частотной характеристики.
      - 11.1.4. Построение высокочастотного участка желаемой частотной характеристики.
      - 11.1.5. Определение передаточной функции корректирующего звена, как разности между располагаемой и желаемой частотными характеристиками.
      - 11.1.6.Определение передаточной функции аналогового прототипа корректирующего устройства.
      - 11.1.7. Определение z-передаточной функции корректирующего звена.
      - 11.1.8. Переход к конечно-разностным уравнениям, реализующим функцию корректирующего алгоритма во временной области одним из методов программирования в соответствии с заданием.
    - 11.2.Синтез корректирующих устройств ГОС.
      - 11.2.1. Построение запретной области исходя из заданных требованиях к точности системы.
      - 11.2.2. Определение коэффициента передачи разомкнутого контура.
      - 11.2.3. Построение обратных ЛАЧХ ГОС.
      - 11.2.4. Определение передаточной функции аналогового прототипа корректирующего звена в цепи обратной связи по скорости.
      - 11.2.5. Определение z-передаточной функции корректирующего звена.

11.2.6. Переход к конечно-разностным уравнениям, реализующим функцию корректирующего алгоритма во временной области одним из методов программирования в соответствии с заданием.

11.3.Синтез корректирующих устройств методом ПР.

11.3.1. Построение запретной области исходя из заданных требованиях к точности системы.
11.3.2. Определение коэффициента передачи разомкнутого контура.
11.3.3. Синтез первого (внутреннего) контура.
11.3.4. Синтез второго контура.
11.3.5. Синтез третьего контура (при наличии).
11.3.6. Определение z- передаточных функций аналоговых прототипов корректирующих звеньев.
11.3.7. Переход к конечно-разностным уравнениям, реализующим функцию корректирующего алгоритма во временной области одним из методов программирования в соответствии с заданием.

11.4.Синтез корректирующих устройств методом МПС.

11.4.1. Формирование системы дифференциальных уравнений объекта управления.
11.4.2. Определение собственной матрицы объекта управления.
11.4.3. Разработка программы в среде SimuLink, рассчитывающей коэффициенты матрицы обратных связей в каноническом базисе.
11.4.4. Переход от канонического базиса к естественному.
11.4.5. Разработка программы, моделирующей поведение скорректированной системы.
11.4.6. Разработка программы, рассчитывающий коэффициенты алгоритма наблюдающего устройства для случая измерений только выходной координаты.
11.4.7. Разработка программы, моделирующей поведение скорректированной системы с учетом алгоритма наблюдения.

12. Построение алгоритма работы цифрового вычислительного устройства в реальном времени.
13. Расчет переходных процессов в скорректированной системе, при подаче на вход сигнала с амплитудой единичной ступеньки. (*).
14. Расчет установившегося процесса в системе при подаче на вход заданного входного сигнала. (*) Анализ полученных характеристик.
15. Расчет переходных процессов в скорректированной системе МПС, при подаче на вход ступенчатого сигнала с амплитудой A_0 (*).
16. Выводы.
17. Оформление отчета по ККР.

(Отчет должен содержать описание всех перечисленных выше пунктов).

(*) пункт рекомендуется выполнять с помощью системы моделирования SimuLink.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им.В.П.Грязева

Кафедра «Системы автоматического управления»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (Вариант ____)
по дисциплине «Теория импульсных и цифровых систем управления»

Выдано студенту _____

группы __ _____.

1. Наименование работы: «Анализ и синтез динамической системы с компьютерным управлением»

2. Срок представления к защите «__» _____ 20__г.

3. Исходные данные для КР:
   - Определяются заданным номером варианта КР

4. Пояснительная записка должна включать разделы, соответствующие заданному методу синтеза системы.

5. Перечень графического материала: Структурная схема системы компьютерного управления, блок схема программы, реализующий синтезированный алгоритм, схема моделирования в среде SimuLink, расчетные переходные процессы в скорректированной системе – листы формата А4.

Руководитель КР _____/ Горячев О.В.
(подпись,дата)

Задание принято
к исполнению _____/_____
(подпись,дата)

Отчетность о выполнении этапов КР

N п/п	Наименование этапа	Отметка о выполнении
1.	Формирование задания в соответствии с конкретным вариантом задания.	
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.	Оформление отчета по КР.	
	Защита ККР	

Требования к отчету

1. Отчет выполняется без применения текстовых редакторов (вручную).

2. Допускается вставки рисунков выполненных с помощью специализированных пакетов (Matcad, MatLab)

3. Содержание отчета:

   3.1. Титульный лист
   3.2. Лист задания
   3.3. Содержание
   3.4. Текст по соответствующим пунктам задания с пояснительными формулами, выводами, графиками и т.д.
   3.5. Вывод.
   3.6. Список использованных источников.

Пример титульного листа

МИНОБРНАУКИ РФ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П.Грязева

Кафедра "Системы автоматического управления"

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
ТЕОРИЯ ИМПУЛЬСНЫХ И ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Специальность: _____
Формы обучения *(очная)*

*Выполнил: студент гр.*_____
_____/____*ФИО*_____

Проверил:
_____/_*Горячев О.В.*_

Тула 2021 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления : [Учебное издание] / В.А.Бесекерский,Е.П.Попов .— 4-е изд.,перераб.и доп. — СПб. : Профессия, 2004 .— 752с. : ил. — (Специалист) .— Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-93913-035-6 /в пер./ : 176.00.
2. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления: учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев – 3-е изд. доп. и переработ. – СПб.: Лань, 2010. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-1034-7. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=538. – ЭБС Biblio onlane (Издательство «Лань») по паролю
3. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие / А.А. Первозванский. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2015. – 624 с. – ISBN 978-5-8114-0995-2. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460. – ЭБС Biblio onlane (Издательство «Лань») по паролю

4. Горячев О.В. Основы теории компьютерного управления : учеб. пособие / О. В. Горячев, С. А. Руднев; ТулГУ .— Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. — 220 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1194-3. — <URL: https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/20130409143421284999000012 65
5. Макаров Н.Н., Феофилов С.В. Анализ и синтез систем автоматического управления с использованием системы MATLAB: учеб. пособие / Н. Н. Макаров, С. В. Феофилов; ТулГУ .— Тула: Изд-во ТулГУ, 2010 .— 68 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7679-1805-8
6. Макаров Н.Н. Математический пакет MATHCAD и его применение в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления: учеб. пособие / Н.Н. Макаров. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. –189 с. (10 экз.)
7. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы : учебное пособие для вузов / И.В. Мирошник .— М.и др. : Питер, 2006 .— 272с. (23 экз.)
8. Теория автоматического управления : учебник для вузов. Ч.2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / А.А.Воронов [и др.]; под ред. А.А. Воронова .— 2-е изд.,перераб. и доп. — М. : Высш.шк., 1986 .— 504с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN /В пер./ : 1,10.
9. Фалдин Н.В., Морозова Е.В. Специальные разделы математики (для специалистов по автоматическому управлению) : учебное пособие / Н.В. Фалдин, Е.В. Морозова; ТулГУ . — 2-е изд., перераб. и доп. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2018 .— 174 с. : ил. — Библиогр.: 173 с. — ISBN 978-5-7679-4175-9 .— <URL:https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/20180927092449375407000030 76