

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (ВГТУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
Курсового проекта
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Теория автоматического управления

Воронеж 2023

Оглавление

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	3
1.1. Варианты заданий на выполнение курсовой работы	3
1.2. Состав пояснительной записки	4
1.3. Краткие теоретические сведения	9
1.3.1. Синтез систем по требованиям к точности подавления постоянно действующих возмущений.....	9
1.3.2. Синтез систем по требованиям к точности подавления гармонических возмущений	11
1.3.3. Синтез систем управления по заданным перерегулированию и времени регулирования.....	13
1.3.4. Синтез систем с компенсатором возмущающего воздействия	16
1.3.5. Синтез систем с полной обратной связью при наличии входных воздействий	17
2. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	19

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Equation Chapter 1 Section 3

Целью курсовой работы является усвоение студентами навыков синтеза систем автоматического управления технологическим оборудованием и производственными процессами.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части, выполненной с использованием средств моделирования динамических процессов (Matlab, MatCad, Classik и т.д.) и машинной (компьютерной) графики (Компас, AutoCad).

1.1. Варианты заданий на выполнение курсовой работы

Вариант задания (Табл. 1.1) на курсовую работу определяется суммой последних двух цифр зачетной книжки студента, причем, если сумма цифр больше 10, учитывается только последняя цифра (например,66 и 6+6=12. Тогда выбирается вариант №2 и т.д.).

Табл. 1.1

Варианты заданий на выполнение курсовой работы

Вариант	$W_{oy}(s)^*$			$W_f(s)^{**}$		f_{max}	ε_{max}	A	ω рад/с	t_{pmax} с	σ_{max} %
	T_1	T_2	ξ	T_1	T_2						
0	1,8	0,3	0,42	0,1	0,9	4,1	0,01	3,8	0,2	15	5
1	20	5	0,5	8	10	3	0,1	3,5	0,02	100	5
2	30	4	0,4	12	14	5	0,05	4	0,01	120	8
3	10	2	0,4	3	5	2	0,01	3,2	0,03	80	10
4	15,5	7,3	0,6	8	4	3,6	0,05	4,3	0,03	90	5
5	22	15	0,45	10	7,5	4,8	0,02	3,7	0,02	120	3
6	16	7	0,52	8,2	4,7	2,8	0,01	3,4	0,01	70	6
7	5	1,2	0,52	1,6	3,1	4,1	0,02	3,7	0,1	40	4
8	4	0,8	0,7	1	0,6	2,6	0,01	3,4	0,04	20	7
9	2	0,3	0,32	0,7	1	1,8	0,01	2,3	0,2	15	10

$$* W_{oy}(s) = \frac{1}{(T_1^2 s^2 + 2\xi T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}, \quad ** W_f(s) = \frac{1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

1.2. Состав пояснительной записки

Пояснительная записка составляется в соответствии с заданием на выполнение курсовой работы и содержит:

Титульный лист

Содержание,

где приводятся, указанием страниц: введение, тематические разделы курсовой работы, заключение, список использованных источников, приложения.

Введение,

где формулируются цели и задачи курсовой работы, приводятся заданные передаточные функции объекта по каналам управления и возмущения, параметры этих передаточных функций, заданные показатели качества регулирования, а так же заданные параметры возмущающих воздействий.

К тематическим разделам курсовой работы относятся:

1. Синтез инвариантных систем автоматического управления, предусматривающий выполнение следующих пунктов задания:

1.1. Для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.1 (см. раздел 1.3.1) рассчитать значение критического коэффициента передачи пропорционального регулятора $W_p(s)=K_{кр}$, при котором система находится на границе устойчивости. Передаточные функции $W_{oy}(s)$ и $W_f(s)$ определяются по Табл. 1.1 в соответствии с номером варианта. Для расчета $K_{кр}$ воспользоваться критерием Найквиста.

1.2. Рассчитать значение коэффициента передачи регулятора K_p обеспечивающего при воздействии возмущения $f(t)=f_{max}$ установившуюся ошибку в замкнутой системе $\varepsilon(\infty)$ не превышающую допустимую ε_{max} . Значения f_{max} и ε_{max} определяются по Табл. 1.1 в соответствии с номером варианта.

1.3. Если рассчитанный в п. 1.2 коэффициент передачи больше критического $K_p > K_{кр}$, то принять $K_p = 0,9K_{кр}$.

1.4. Рассчитать переходной процесс в замкнутой системе по каналу возмущения при $W_p(s)=K_p$, $g(t) = 0$ и $f(t) = f_{max}$. По полученной переходной характеристике определить установившуюся ошибку $\varepsilon(\infty)$.

1.5. Повторить п.п. 1.2 – 1.4 для возмущающего воздействия $f(t)=Asin(\omega t)$. Амплитуда A и частота ω возмущающего воздействия определяются по Табл. 1.1 в соответствии с номером варианта.

1.6. Для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.1 (см. раздел 1.3.1) рассчитать порядок характеристического уравнения замкнутой системы и порядки полиномов числителя и знаменателя передаточной функции регулятора при условии, что к системе предъявлено требование подавления гармонического возмущающего воздействия $f(t)=Asin(\omega t)$ с нулевой установившейся ошибкой.

1.7. Назначить желаемые полюсы замкнутой системы и составить ее характеристическое уравнение. *Указание:* допустимую область размещения полюсов замкнутой системы назначить из условия ее устойчивости.

1.8. Рассчитать параметры передаточной функции регулятора $W_p(s)$ и построить переходной процесс в замкнутой системе по каналу возмущения при $f(t)=Asin(\omega t)$ и $g(t)=0$. По полученной переходной характеристике определить ошибку $\varepsilon(\infty)$. Сделать вывод о ее соответствии/не соответствии заданной.

В соответствии с заданием в разделе приводится структурная схема рассчитываемой системы управления, расчет критического коэффициента передачи регулятора, расчет коэффициента передачи регулятора, обеспечивающего подавление постоянного и гармонического возмущающих воздействий с заданной точностью. Кроме того проводится синтез закона регулирования обеспечивающего подавление гармонического возмущающего воздействия частотой ω с нулевой установившейся ошибкой. Все расчеты сопровождаются необходимыми графиками и пояснениями. Формулируется общий вывод.

2. Синтез системы управления по заданным перерегулированию и времени регулирования, предусматривающий выполнение следующих пунктов задания:

2.1. По заданным (см. Табл. 1.1) времени регулирования t_{pmax} и максимально допустимому перерегулированию σ_{max} построить допустимую область расположения полюсов замкнутой системы, структурная схема которой

приведена на Рис. 1.1 (см. раздел 1.3.1), а передаточные функции по каналам управления и возмущения определены в п. 1.1.

2.2. Рассчитать порядок характеристического уравнения замкнутой системы и порядки полиномов числителя и знаменателя передаточной функции регулятора, при условии, что к системе, наряду с требованиями п. 2.1, предъявлено требование нулевой установившейся ошибки при $g(t)=g_{max} \times 1(t)$.

2.3. Назначить желаемые полюсы замкнутой системы и составить ее желаемое характеристическое уравнение.

2.4. Рассчитать параметры передаточной функции регулятора $W_p(s)$ и построить переходной процесс в замкнутой системе по каналу управления при $f(t)=0$ и $g(t)=1(t)$. По полученной переходной характеристике определить время регулирования t_p , перерегулирование σ и значение установившейся ошибки $\varepsilon(\infty)$. Сделать вывод об их соответствии/не соответствии заданным.

2.5. Построить амплитудо-фазо-частотную (АФЧХ) характеристику разомкнутой системы и определить запасы устойчивости по модулю и фазе.

В соответствии с заданием в разделе приводится структурная схема, рассчитываемой системы, допустимая область размещения полюсов, желаемое характеристическое уравнение замкнутой системы, расчет параметров регулятора и результаты моделирования переходных процессов в замкнутой системе. Все расчеты сопровождаются необходимыми графиками и пояснениями. Формулируется общий вывод.

3. Синтез системы с компенсатором возмущающего воздействия, предусматривающий выполнение следующих пунктов задания:

3.1. Для системы, синтезированной в п. 2 построить совмещенный график переходных процессов по каналам управления и возмущения при $g(t)=1(t)$ и $f(t)=f_{max}1(t-\tau)$, где параметр τ выбирается равным утроенному значению времени регулирования по каналу управления.

3.2. Для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.2 рассчитать передаточную функцию компенсатора возмущения $W_k(s)$. *Указание: если в результате расчета передаточной функции компенсатора $W_k(s)$ порядок числителя*

окажется больше порядка знаменателя, то передаточную функцию компенсатора необходимо дополнить быстрыми полюсами.

3.3. Для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.2 построить совмещенный переходной процесс по каналам управления и возмущения при $g(t)=1(t)$ и $f(t)=f_{max}1(t-\tau)$, где параметр τ выбирается равным утроенному значению времени регулирования по каналу управления. Сравнить результаты моделирования по п. 3.2 и п. 3.3. Сделать выводы о возможности компенсации возмущения.

3.4. Повторить п. 3.3 для $g(t)=1(t)$ и $f(t)=A\sin(\omega t)1(t-\tau)$.

3.5. Для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.2 (см. раздел 1.3.4) построить совмещенный переходной процесс по каналам управления и возмущения при $g(t)=1(t)$ и $f(t)=f_{max}1(t-\tau)$, при вариации постоянной времени T_I передаточной функции объекта по каналу управления в диапазоне $0.6T_{In}<T_I<1,4T_{In}$, где T_{In} - заданная постоянная времени объекта.

3.6. Повторить п. 3.5 при вариации постоянной времени T_I передаточной функции объекта по каналу возмущения в диапазоне $0.6T_{In}<T_I<1,4T_{In}$, где T_{In} - заданная постоянная времени объекта по каналу возмущения.

3.7. Сделать вывод о влиянии вариации параметров объекта управления на качество компенсации возмущающего воздействия.

В соответствии с заданием в разделе приводится структурная схема, рассчитываемой системы, расчет передаточной функции компенсатора возмущения, совмещенные переходные процессы по каналам управления и возмущения в системах без и с компенсацией возмущения, а так же переходные процессы в системе снабженной компенсатором возмущения при вариации заданных параметров передаточных функций объекта по каналам управления и возмущения. Все расчеты сопровождаются необходимыми графиками и пояснениями. Формулируется общий вывод.

4. Синтез системы с полной обратной связью при наличии входных воздействий, предусматривающий выполнение следующих пунктов задания:

4.1. По передаточной функции объекта управления $W_{oy}(s)$ получить его

математическую модель в виде $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$, $y(t) = Cx(t)$, где $x(t)$ – вектор переменных состояния, $y(t)$ – выход объекта, $u(t)$ – входной сигнал объекта, A , B и C – матрицы соответствующей размерности.

4.2. Для объекта, модель которого получена в п. 4.1, рассчитать порядок характеристического уравнения замкнутой системы с полной обратной связью, к которой предъявляется требование воспроизведения задающего воздействия вида $g(t)=1(t)$ с нулевой установившейся ошибкой.

4.3. Используя допустимую область расположения полюсов, построенную в п. 2.1, назначить желаемые полюсы замкнутой системы и составить ее желаемое характеристическое уравнение.

4.4. Рассчитать вектор коэффициентов обратной связи и построить переходной процесс в замкнутой системе по каналу управления при $g(t)=1(t)$ для структурной схемы, приведенной на Рис. 1.3 (см. раздел 1.3.5) и определить показатели качества замкнутой системы во временной области.

4.5. Для объекта, модель которого получена в п. 4.1, синтезировать наблюдатель состояния и построить переходной процесс в замкнутой системе с наблюдателем состояния при $g(t)=1(t)$ и коэффициентах обратной связи, рассчитанных в п. 4.4. Определить показатели качества замкнутой системы во временной области. *Указание: см. лабораторную работу № Ошибка! Источник ссылки не найден..*

4.6. Сравнить результаты моделирования по п.п. 4.4 и 4.5. Сделать вывод о возможности применения наблюдателя состояния.

4.7. Построить переходные процессы в замкнутой системе, полученной в п. 4.5, при вариации постоянной времени T_I передаточной функции объекта по каналу управления в диапазоне $0.6T_{In} < T_I < 1,4T_{In}$, где T_{In} - заданная постоянная времени объекта.

4.8. Сделать вывод о возможности применения наблюдателя состояния при вариации параметров объекта управления.

В соответствии с заданием в разделе приводится структурная схема

системы управления с полной обратной связью, желаемое характеристическое уравнение замкнутой системы, расчет вектора коэффициентов обратной связи, расчет наблюдателя состояния, структурная схема системы с наблюдателем состояния, результаты моделирования переходных процессов, в том числе и при вариации заданных параметров объекта. Все расчеты сопровождаются необходимыми графиками и пояснениями. Формулируется общий вывод.

5. Заключение.

В разделе формулируется общий вывод о применимости изученных методов синтеза для проектирования систем управления с заданными свойствами.

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 и представляется на проверку в сброшюрованном виде.