Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра проектирования технологических машин

Паспорт
расчетно-графического задания

по дисциплине «Теория автоматического управления», 5 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине Теория автоматического управления студенты в течение 5 семестра, на основании исходных данных, выполняют анализ текущего состояния линейной непрерывной САУ с последующим синтезом регулятора.

На начальном этапе выполнении расчетно-графического задания составляется структурная схема системы, осуществляется ее преобразование, проверяется необходимое и достаточное условие устойчивости по корням характеристического уравнения, а также определяются численные значения прямых показателей качества переходных процессов и статической точности регулирования на основании метода цифрового моделирования. Во второй части РГЗ выполняется синтез САУ в соответствии с принципом управления по отклонению и последовательной коррекции на основе метода желаемой ЛАЧХ.

Примерный перечень обязательных структурных частей РГЗ включает в себя:

1. Титульный лист.
2. Исходные данные.
3. Содержание.
4. Анализ линейной непрерывной САУ.
5. Синтез последовательного корректирующего устройства на основании частотного метода (желаемой ЛАЧХ).
6. Заключение.
7. Список используемой литературы.

Оцениваемые позиции:

Расчетно-графическое задание оценивается по балльно-рейтинговой системе в количестве 15 – 30 баллов по результатам выполнения пунктов задания и защиты РГЗ, которая длится в течение 15-20 минут и включает в себя обсуждение следующих тем:

– математическое описание и структурные преобразования исходной линейной непрерывной системы;

– исследование устойчивости нескорректированной САУ;

– анализ результатов цифрового моделирования переходных и установившихся процессов в исходной системе;

– определение требуемого коэффициента передачи последовательного корректирующего устройства;

– синтез линейной САУ на основании метода желаемых логарифмических частотных характеристик;

– анализ результатов цифрового моделирования скорректированной САУ.

Временные критерии начисление баллов:

- Все пункты РГЗ успешно выполнены, но отдельные задания завершены и защищены после 16-ой недели – 15 баллов.

• Все пункты РГЗ успешно выполнены и защищены в течение 16 недель учебного семестра, но с нарушением временного графика – 25 баллов.

• Все пункты РГЗ успешно выполнены и защищены в установленные сроки – 30 баллов.

2. Критерии оценки

• Работа считается **не выполненной,** если выполнены не все пункты РГЗ, связанные с анализом и синтезом линейной непрерывной стационарной САУ. Общее количество баллов составляет менее 15.

• Расчетно-графическое задание считается выполненным на **пороговом** уровне, если студент выполнил все задания не в срок и с существенными ошибками, а также защитил работу на оценку удовлетворительно. Общее количество баллов 15.

• Расчетно-графическое задание считается выполненным на **базовом** уровне, если студент выполнил все задания в срок, без существенных ошибок, но защитил работу на оценку удовлетворительно или хорошо. Общее количество баллов 25.

• Расчетно-графическое задание считается выполненным на **продвинуто**м уровне, если студент, выполнил все задания в срок без существенных ошибок, а также защитил работу на оценку отлично. Общее количество баллов 30.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Структура расчетно-графического задания

Расчетно-графическое задание на тему:
“Анализ и синтез линейной непрерывной системы автоматического управления”

4.1. Исходные данные

4.1.1. Структура и параметры исходной нескорректированной САУ

Таблица 1. Алгебраические уравнения исходной САУ

№ варианта	**Уравнения связей структурной схемы САУ**			
1	$x_3 = v - y$	$x_4 = y_3$	$x_2 = y_4$	$x_1 = y_2 - f$
2	$x_3 = v - y$	$x_4 = v - y$	$x_2 = y_3 + y_4$	$x_1 = y_2 - f$
3	$x_3 = v - y$	$x_4 = y_3$	$x_2 = y_3 + y_4$	$x_1 = y_2 - f$
4	$x_3 = v - y$	$x_4 = v - y$	$x_2 = y_3$	$x_1 = (y_2 + y_4) - f$
5	$x_3 = v - y$	$x_4 = x_2 = y_3$	$x_4 = x_2 = y_3$	$x_1 = (y_2 + y_4) - f$
6	$x_3 = v - y$	$x_4 = y_2$	$x_2 = y_3 - y_4$	$x_1 = y_2 - f$
7	$x_3 = (v - y) - y_4$	$x_4 = y_2$	$x_2 = y_3$	$x_1 = y_2 - f$
8	$x_3 = v - y$	$x_4 = y_3 - y_2$	$x_2 = y_4$	$x_1 = y_2 - f$
9	$x_3 = v - y$	$x_4 = y_3 - y_4$	$x_2 = y_4$	$x_1 = y_2 - f$
10	$x_3 = (v - y) - y_4$	$x_4 = x_2 = y_3$	$x_4 = x_2 = y_3$	$x_1 = y_2 - f$

Таблица 2. Параметры динамических звеньев исходной САУ

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_1	1,3	1,5	1,3	1,2	1,8	1,2	1,2	1,8	1,7	1,5
τ_1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
T_1	0,4	1,1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	1,2	0,9	0,9
k_{01}	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
k_2	0,5	1,0	1,5	1,8	1,2	1,5	1,0	1,3	1,0	1,8
τ_2	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0	0,4	0,0	1,0	0,7	0,8
T_2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
k_{02}	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0
k_3	0,5	1,5	1,9	1,4	1,5	1,4	1,6	1,3	1,2	1,0
T_3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2
k_4	0,5	0,8	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9	0,6
τ_4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
T_4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

Примечание*:* v *– задающее воздействие;* f *– возмущающее воздействие;* x_i *– входная переменная* i*-ого звена;* y_i *– выходная переменная* i*–ого звена;* $y=y_1$ *– выходная (управляемая) переменная САУ.*

Система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая динамику звеньев исходной САУ:

$$T_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + \frac{dy_1}{dt} = k_1 \left(\tau_1 \frac{dx_1}{dt} + k_{01} x_1 \right), \tag{1}$$

$$T_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + \frac{dy_2}{dt} = k_2 \left(\tau_2 \frac{dx_2}{dt} + k_{02} x_2 \right), \tag{2}$$

$$T_3 \frac{dy_3}{dt} + y_3 = k_3 x_3, \tag{3}$$

$$T_4 \frac{dy_4}{dt} + y_4 = k_4 \left(\tau_4 \frac{dx_4}{dt} + x_4 \right). \tag{4}$$

Желаемые показатели качества переходных процессов и статическая точность регулирования:

– допустимая статическая (скоростная) ошибка регулирования $\Delta y_{\text{доп}}(\infty) = 0{,}001...0{,}005$;

– максимально-допустимое время регулирования $t_{\text{р}} = 0{,}5...1{,}5$ с;

– максимально-допустимое перерегулирование $\sigma_{\max}\% = (20...30)\%$.

4.2. Порядок выполнения расчетно-графического задания

1. Анализ линейной непрерывной САУ

1.1. В соответствии с таблицей 1 составить структурную схему исходной нескорректированной САУ.

1.2. На основании дифференциальных уравнений (1)–(4) и таблицы 2 записать дифференциальные уравнения в операторной форме записи в общем виде и с учетом численных значений.

1.3. Получить передаточные функции типовых звеньев структурной схемы.

1.4. Воспользовавшись правилами структурного преобразования линейных систем определить передаточную функцию САУ в разомкнутом состоянии, отдельно выделив коэффициент передачи системы $k_{\text{раз}}$.

1.5. Записать передаточные функции замкнутой САУ по задающему v и возмущающему f воздействиям.

1.6. При помощи алгебраического критерия устойчивости А. Гурвица проверить условие устойчивости нескорректированной САУ.

1.7. Методом цифрового моделирования определить прямые показатели качества переходных процессов и статическую точность регулирования (ошибку) нескорректированной САУ.

2. Синтез последовательного корректирующего устройства на основании частотного метода (желаемой ЛАЧХ)

2.1. Изобразить асимптотическую ЛАЧХ нескорректированной системы $L_{\text{нс}}(\omega)$ с использованием логарифмического масштаба ω или $\lg\omega$. Поперечную ось $L(\omega)$ провести через единичную частоту $\omega = 1$.

2.2. Построить желаемую ЛАЧХ скорректированной САУ $L_{\text{жел}}(\omega)$, обеспечивающую заданные показатели качества переходных процессов $\sigma_{\max}\%$, $t_{\text{р}}$ и требуемую статическую (скоростную) ошибку $\Delta y_{\text{доп}}(\infty)$, которая состоит из низкочастотной (НЧ), среднечастотной (СЧ) и высокочастотной (ВЧ) областей (см. рисунок).

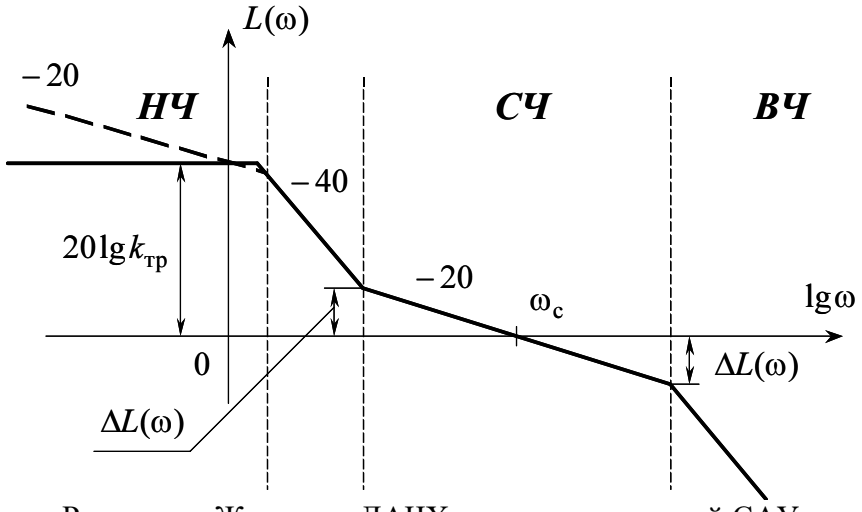


Рисунок – Желаемая ЛАЧХ скорректированной САУ

Наклон НЧ области желаемой ЛАЧХ в зависимости от степени астатизма исходной системы принять равным 0 дБ/дек или –20 дБ/дек. Требуемый разомкнутый коэффициент передачи $k_{\text{тр}}$ скорректированной системы в первом случае определить как

$$k_{\text{тр}} = \frac{1}{\Delta y_{\text{доп}}(\infty)} - 1,$$

а во втором

$$k_{\text{тр}} = \frac{1}{\Delta y_{\text{доп}}(\infty)}.$$

По номограммам, задавшись требуемым значением перерегулирования $\sigma_{\max}\,\%$ (см. исходные данные), определить максимальное значение вещественной частотной характеристики $P_{\max}$. По найденной величине $P_{\max}$ найти частоту среза $\omega_{\text{с}}$ и необходимый запас устойчивости по модулю СЧ зоны $\Delta L(\omega)$, имеющий наклон –20 дБ/дек, а также запас устойчивости по фазе $\Delta\gamma(\omega)$.

Соединить НЧ и СЧ области $L_{\text{жел}}(\omega)$ асимптотической прямой с наклоном –20 дБ/дек или –40 дБ/дек.

ВЧ область желаемой ЛАЧХ $L_{\text{жел}}(\omega)$ в целях простоты реализации последовательного корректирующего устройства (регулятора) строится параллельно ЛАЧХ исходной САУ $L_{\text{нс}}(\omega)$, причем ее наклон в целях фильтрации высокочастотных помех должен составлять не менее –20 дБ/дек.

Построить ЛАЧХ последовательного корректирующего устройства, воспользовавшись формулой

$$L_{\text{ку}}(\omega) = L_{\text{жел}}(\omega) - L_{\text{нс}}(\omega).$$

2.3. По асимптотической ЛАЧХ корректирующего устройства $L_{\text{ку}}(\omega)$ восстановить передаточную функцию с учетом численных значений. Полученное значение коэффициента передачи регулятора сравнить с расчетным значением, найденным по формуле

$$k_{\text{ку}} = \frac{k_{\text{тр}}}{k_{\text{раз}}}.$$

2.4. Составить структурную схему синтезированной САУ с учетом последовательного корректирующего устройства.

2.5. Методом цифрового моделирования исследовать скорректированную САУ при единичном ступенчатом (линейно-возрастающем) задающем воздействии v, а также при приложении единичного ступенчатого возмущающего воздействия f.

2.6. Сделать выводы о результатах анализа и синтеза стационарной линейной непрерывной системы автоматического управления.