МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ

Кафедра «Автоматизации и управления технологическими процессами»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсовой работы по дисциплине
Теория автоматического управления
на тему: Исследование устойчивости многоконтурной системы автоматического управления и анализ качества САУ.

Для специальности 5521800 – Автоматизация и управление

ТАШКЕНТ – 2011 г

Методическое указание рассмотрено и утверждено Учебно–методическим советом Ташкентского института ирригации и мелиорации, протокол № 2 от 7 января 2011 г.

Методические указания предназначены для студентов специальности 5521800 – «Автоматизация и управление». Указания отражают типовые решения по определению передаточных функций, преобразованию структурных схем и исследованию системы автоматического управления (САУ) на устойчивость. Они призваны закрепить теоретические знания полученные при изучении линейных САУ.

Составители:

Усманов А.М., доцент, к.т.н.

Газиева Р.Т., доцент, к.т.н.

Пиримов О.Ж. ст. преподаватель.

Рецензенты: А.Абдукадыров профессор кафедры автоматизации ПП ТашГТУ, д.т.н.

В.М. Сидельников доцент, к.т.н.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс Теории автоматического управления – ТАУ для студентов специальности 5521800 – «Автоматизация и управление» (в водном хозяйстве) имеет решающее значение, поскольку является фундаментальной и профилирующей дисциплиной. Знание ТАУ позволяет студентам владеть методикой решения задач определения устойчивости САУ, показателей качества работы САУ, синтеза автоматической системы. А эти задачи, как известно, находятся в поле конкретных проектных, эксплуатационных, производственных решений.

Изучение ТАУ имеет ввиду представление студента о статических и динамических характеристиках системы и параметрах, определяющих эти характеристики – коэффициент передачи, постоянная времен, и далее - представление им методики математического описания системы в виде математической модели САУ. В этой связи, настоящие методические указания призваны закрепить полученные теоретические знания по ТАУ в форме самостоятельного решения задач: определения передаточных функций звеньев САУ, составления характеристического уравнения замкнутой системы, исследования САУ на устойчивость алгебраическими и частотными методами.

Методические указания составлены в соответствии с типовой Программой курса Теории автоматического управления.

I. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

После изучения основного объема учебного материала по курсу «Теория автоматического управления» - линейные системы, для закрепления полученных знаний учебным планом предусматривается выполнение курсовой работы на тему: “Исследование устойчивости многоконтурной системы автоматического управления (САУ) и анализ качества регулирования САУ”.

Студент должен выполнить курсовую работу в соответствии со своим вариантом. Порядок выбора варианта указан в Приложении к настоящим методическим указаниям.

При выполнении курсовой работы необходимо:

1. Указать номер варианта и привести свое задание с численным значением заданных величин.
2. Расчеты выполнять с точностью до 5-го знака. Графики должны выполняться с помощью чертежных инструментов. Частотные характеристики следует выполнять на масштабно-координатной бумаге.
3. В конце работы обязательно указать используемую литературу, дату выполнения и поставить свою подпись.

Задание для выполнения курсовой работы

Работа посвящена исследованию устойчивости многоконтурной системы автоматического управления и анализу качества регулирования САУ.

Требуется:

1. Для системы автоматического управления, структурная схема которой в соответствии с номером варианта выбирается студентом по табл.1 Приложения, определить передаточные функции звеньев САУ и указать каким динамическим звеном является каждое из них.

2. Составить характеристическое уравнение замкнутой системы и, пользуясь алгебраическим критерием, исследовать устойчивость. Определить граничное значение передаточного коэффициента $K_{гр}$.

3. Исследовать устойчивость системы, используя частотный критерий. Определить граничное значение передаточного коэффициента $K_{гр}$ и сравнить его с $K_{гр}$, полученным при выполнении п.2.

4. Определить величину установившейся ошибки при задающем воздействии

$$q(t) = 1*(t) \text{ и } q(t) = A*\mathrm{Sin}\,\omega t,$$

где: A = 10-амплитуда входного гармонического воздействия; частота $\omega = 2c^{-1}$.

II. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Выполнение п.1 задания следует начинать с определения передаточных функций звеньев САУ по их дифференциальным уравнениям. Завершается выполнение п. 1 построением структурной схемы с найденными передаточными функциями звеньев.

2. Для составления характеристического уравнения необходимо преобразовать структурную схему и определить передаточную функцию замкнутой системы $W_{зам}(p)$. Последовательность преобразования схемы должна быть приведена в курсовой работе.

Рекомендуется избавиться от перекрестных связей в многоконтурной САУ, используя правила переноса и перестановки узлов и сумматоров. Затем с помощью правил преобразования структурных схем преобразовать исходную многоконтурную схему в одноконтурную. Все вычисления, связанные с определением $W_{зам}(p)$, проводятся в общем виде.

Выбор критерия устойчивости предлагается сделать студенту самостоятельно.

Граничное значение передаточного коэффициента системы $K_{гр}$ определяется из условий ,когда система находится на границе устойчивости.

3. Сравнить результаты п. 2 и 3 курсового задания. Если они не совпадают, то следует искать ошибку.

4. Для вычисления установившийся ошибки определяют передаточную функцию относительно ошибки

$$W_{\Delta x}(p) = 1 - W_{зам}(p) = \frac{1}{1 + W_{раз}(p)}$$

Формула для определения установившейся ошибки по задающему воздействию q(t) = 1*(t):

$$\Delta X_{YCT} = \lim_{p \to 0} pW_{\Delta x}(p) * X(p)$$

Для типового задающего воздействия q(t) = 1*(t) изображение по Лапласу X(p) = $\frac{1}{p}$.Для расчета ошибки при q(t) = A*Sinωt можно использовать приближенное выражение:

$$X_{max} \approx \frac{A}{A(\omega_k)}$$

III. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

Дана структурная схема системы автоматического управления (рис.1) и дифференциальные уравнения звеньев.

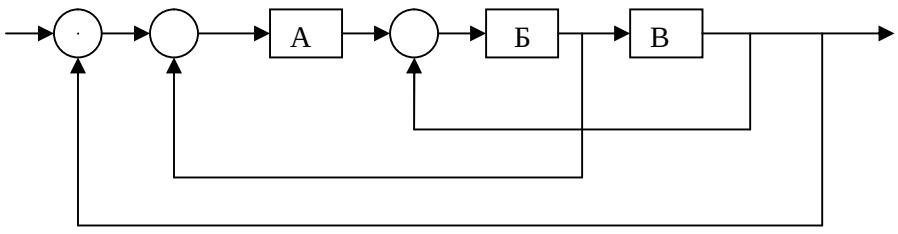


Рис.1.

З в е н о А:

$$T_2^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T_1 \frac{dy}{dt} + y = k \cdot x$$

$k = 5.0; T_1 = 1.0; T_2 = 0.05$

З в е н о Б:

$$T_1 \frac{dY}{dt} + Y = T_2 \frac{dX}{dt} + K*X$$

$K=10; \quad T_1=1.0; \quad T_2=15$

З в е н о В :

$$T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K*X$$

$K=1.5; \quad T=0.5$

1. Расчетная часть курсовой работы.

1.1. Звено А является апериодическим звеном 2-го порядка. Его передаточная функция:

$$W_1(p) = \frac{k}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1} = \frac{5}{(0.05)^2 p^2 + 1p + 1}$$

1.2. Звено Б является интегро- дифференцирующим (гибкое со статизмом) звеном. Его передаточная функция :

$$W_2(p) = \frac{K + T_2 p}{T_1 p + 1} = \frac{10 + 15p}{1 + p}$$

1.3. Звено В является апериодическим звеном 1-го порядка. Его передаточная функция :

$$W_3(p) = \frac{K}{Tp + 1} = \frac{1.5}{0.5p + 1}$$

Структурная схема системы показана на рис. 2

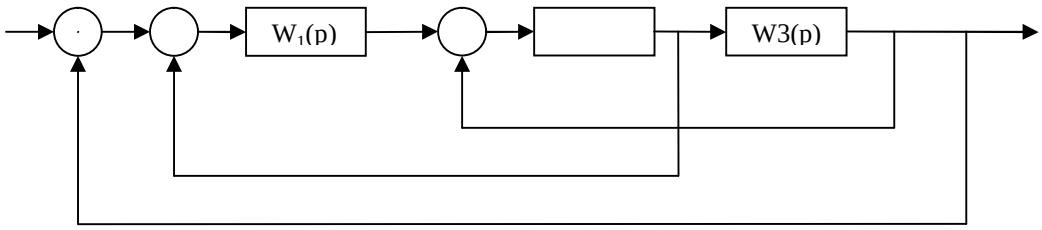


Рис.2.

2. Для того чтобы применить правила преобразования структурных схем, необходимо структурную схему, изображенную на рис. 2, преобразовать. С этой целью переносим узел 1 через звено, передаточная функция которого, и узел 2 (рис. 3). Структурная схема имеет три развязанных контура.

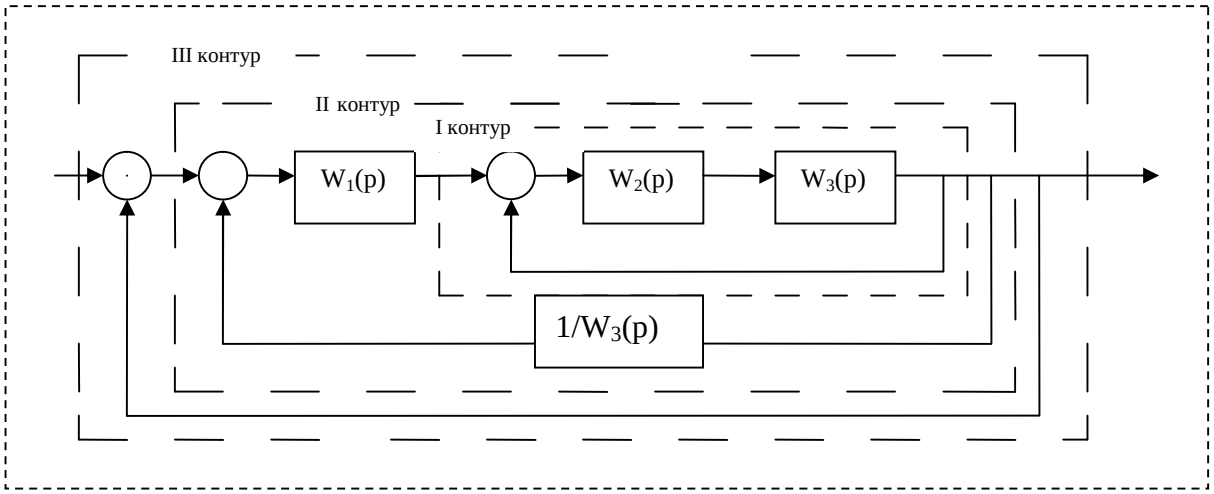


Рис. 3

Передаточная функция первого контура:

$$W_{1k}(p) = \frac{W_2(p)W_3(p)}{1+W_2(p)W_3(p)}$$

Передаточная функция 2-го контура :

$$W_{IIk}(p) = \frac{W_{Ik}(p)W_1(p)}{1+W_{Ik}(p)W_1(p)\dfrac{1}{W_3(p)}} = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1+W_2(p)W_3(p)+W_1(p)W_2(p)}$$

Для определения передаточной функции разомкнутой системы условно разомкнем конур 3. Тогда

$$W_{раз}(p) = W_{Пк}(p) = \frac{W_1(p)W_2(p)W_3(p)}{1+W_2(p)W_3(p)+W_1(p)W_2(p)} =$$

$$= \frac{\frac{5}{(0.05)^2 p^2 + p + 1} * \frac{10+15p}{1+p} * \frac{1.5}{0.5p+1}}{1+\frac{10+15p}{1+p} * \frac{1.5}{0.5p+1} + \frac{5}{(0.05)^2 p^2 + p + 1} * \frac{10+15p}{1+p}} =$$

$$= \frac{75+112.5p}{0.00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 110p + 127} = \frac{K+112.5p}{0.00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 110p + 127}. (1)$$

Передаточная функция замкнутой системы может быть определена по передаточной функции разомкнутой системы:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{раз}(p)}{1+W_{раз}(p)} \quad (2)$$

Для определения устойчивости системы необходимо составить характеристическое уравнение, которым является знаменатель передаточной функции замкнутой системы, приравненной к нулю:

$$W_{зам}(p) = \frac{K+112,5p}{0,00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 222.5p + (K+127)} =$$

$$= \frac{75+112,5p}{0,00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 222.5p + 202}; \quad (3)$$

$$0,00125p^4+0,56p^3+36,1p^2+222.5p+202=0. \quad (4)$$

Степень характеристического уравнения 4-я,поэтому целесообразно воспользоваться критерием Гурвица. Из коэффициентов характеристического уравнения составим определитель Гурвица:

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 0.56 & 222.5 & 0 & 0 \\ 0.00125 & 36.1 & 202 & 0 \\ 0 & 0.56 & 222.5 & 0 \\ 0 & 0.00125 & 36.1 & 202 \end{vmatrix}$$

Так как 2-й диагональный минор

$$\Delta_2 = 0.56 * 36.1 - 222.5 * 0.00125 \approx 19.9 > 0$$

3-й диагональный минор

$\Delta_3 = 222.5 * \Delta_2 - 0.56(0.56 * 202 - 0.00125 * 0) \approx 4364$ - положительное число

Следовательно, на основании критерия устойчивости Гурвица можно сказать, что исследуемая система устойчива.

Граничный коэффициент усиления вычисляем из условия, когда система находится на границе устойчивости. По критерию Гурвица вычисляем из условия

$$\Delta_3 = 0$$

Из коэффициентов характеристического уравнения

$$\begin{vmatrix} 0.56 & 222.5 & 0 \\ 0.00125 & 36.1 & (K_{гр}+127) \\ 0 & 0.56 & 222.5 \end{vmatrix} = 0$$

$$0.00125p^4+0.56p^3+36.1p^2+222.5p+ (K_{гр}+127)=0 \qquad (5)$$

Составим 3-й диагональный минор и приравняем его к нулю:

$$222,5* \Delta_2 - (K_{гр}+127)(0,56*0,56 - 222,5*0)=0$$

Отсюда предельный коэффициент усиления системы

$$K_{гр}=\frac{4369}{0.3136} \approx 14019$$

При значении коэффициента усиления системы $K_{гр}=14019$ в замкнутой системе возникают незатухающие колебания, т.е. система находится на границе устойчивости .

3. Для исследования устойчивости системы по частотному критерию выбираем критерий Михайлова. Для этого необходимо получить уравнение годографа Михайлова. Последнее можно получить, подставив в характеристическое уравнение (4) $p = j\omega$:

$$0.00125(j\omega)^4+0.56 (j\omega)^3+36.1(j\omega)^2+222.5(j\omega)+ 202 = 0 \qquad (6)$$

Напомним , что

$$j = \sqrt{-1}; \quad j^2= -1; \quad j^3= -j; \quad j^4 = 1$$

Выписываем отдельно действительную и мнимую часть уравнения (6):

$$\mathrm{Re}(\omega) = 0.00125\omega^4 - 36.1\omega^2 + 202;$$

$$\mathrm{I_m}(\omega) = -0.56\omega^3 + 222.5\omega.$$

Задаваясь значениями частоты в диапазоне $0 \le \omega \ge \infty$, вычисляем значения $\mathrm{Re}(\omega)$ и $\mathrm{I_m}(\omega)$. Результаты вычислений сведем в таблице 3

Таблица 3.

ω	0	1	2	3	5	10	100	500	∞
$\mathrm{Re}(\omega)$	202	166	58	- 123	-700	-3395			
$\mathrm{Im}(\omega)$	0	222	441	655	153	1665			

Если по данным табл. 3 построить на комплексной плоскости годограф Михайлова, то по его виду можно сделать вывод о том, что система устойчива так как при изменении угловой частоты от 0 до ∞ годограф начинается на вещественной положительной полуоси и поворачивается в положительном направлении (против часовой стрелки) на число квадрантов, равное порядку характеристического уравнения.

В данном случае целесообразно проверить выполнение условий критерия Михайлова для замкнутой автоматической системы аналитическим способом, т.е. проверить выполнение условия

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4,$$

Где ω_1, ω_2, ω_3, ω_4-корни уравнений:

$$\begin{cases} 0.00125\omega^4 - 36.1\omega^2 + 202 = 0 \\ -0.56\omega^3 + 222.5\omega = 0 \end{cases}$$

Из первого уравнения получаем:

$$\omega_2 = 2.8\ ; \omega_4 = 170$$

Из второго уравнения получаем:

$$\omega_1 = 0;\ \omega_3 = 19.93$$

Так как $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4$,т.е. корни перемежаются, то система устойчива, этот вывод совпадает с выводом, сделанным в п. 2

С помощью критерия устойчивости Михайлова определим $K_{гр}$.

Граничный коэффициент усиления системы определяется из условия :

$$\mathrm{Im}(\omega) = 0;\ \mathrm{Re}(\omega) = 0,$$

так как система находится на колебательной границе устойчивости, когда кривая Михайлова проходит через начало координат при частоте $\omega \neq 0$.

В уравнении (5) произведем замену p = j ω и представим его в виде:

$$D(j\omega) = \mathrm{Re}(\omega) + j\mathrm{Im}(\omega)$$

$$\begin{cases} \mathrm{Re}(\omega) = 0.00125\omega^4 - 36.1\omega^2 + (K_{гр} + 127) \\ \mathrm{Im}(\omega) = -0.56\omega^3 + 222.5\omega = 0 \end{cases}$$

Из последнего уравнения находим значение квадрата частоты, при которой кривая Михайлова проходит через начало координат.

После несложных преобразований из уравнения $\mathrm{Re}(\omega) = 0$ получаем:

$$K_{гр}=14019$$

Вычисленное значение $K_{гр}$ совпадает со значением $K_{гр}$, полученным в п. 2 расчета курсового задания.

4. Передаточная функция ошибки по каналу задающего воздействия

$$W_{\Delta x}(p) = 1 - W_{3am}(p) = 1 - \frac{75 + 112.5p}{0.00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 222.5p + 202}$$

Задающее воздействие в операторной форме

$$X(p) = 1/p, \text{ так как } q(t) = 1(t)$$

Следовательно, установившаяся ошибка

$$\Delta X_{уст} = \lim_{p\to 0} pW_{\Delta x}(p)X(p) = \lim_{p\to 0} p * \frac{1}{p}\left[1 - \frac{75+112.5p}{0.00125p^4 + 0.56p^3 + 36.1p^2 + 222.5p + 202}\right] = 0.63$$

Амплитудно-фазочастотную характеристику разомкнутой системы можно получить, подставив в уравнение (1) p = j ω:

$$W_{раз}(j\ \omega) = \frac{75 + 112.5(j\omega)}{0.00125(j\omega)^4 + 0.56(j\omega)^3 + 36.1(j\omega)^2 + 110.0(j\omega) + 127} \qquad (7)$$

Модуль частотной передаточной функции разомкнутой системы , или амплитудно-частотная характеристика

$$A(\omega)=\left|W_{раз}(j\omega)\right|=\sqrt{[\mathrm{Re}(\omega)]^2+[\mathrm{Im}(\omega)]^2} \qquad (8)$$

Где Re и Im - соответственно действительная и мнимая часть амплитудно-фазочастотной характеристики (7), представленной в виде:

$$W_{раз}(j\ \omega) = Re(\omega) + jIm(\omega)$$

Выделяем в знаменателе выражения (7) действительную и мнимую части и умножаем числитель и знаменатель дроби на число, сопряженное знаменателю.

Тогда

$$W_{раз}(j\omega)=\frac{75(0.00125\omega^4-36.1\omega^2+127)+112.5\omega(110\omega-0.56\omega^3)}{(0.00125\omega^4-36.1\omega^2+127)+(110\omega-0.56\omega^3)^2} -$$

$$-j\frac{75(110\omega-0.56\omega^3)+112.5\omega(0.00125\omega^4-36.1\omega^2+127)}{(0.00125\omega^4-36.1\omega^2+127)+(110\omega-0.56\omega^3)^2} \qquad (9)$$

Из уравнения (9) по формуле (8) получаем:

$$A(\omega)=\left|W_{раз}(j\omega)\right|=\sqrt{\frac{5625+12656.25\omega^2}{(0.00125\omega^4-36.1\omega^2+127)^2+(110\omega-0.56\omega^3)^2}} \qquad (10)$$

Амплитуда ошибки при гармоническом воздействии, поступающем на вход системы , определяется по формуле

$$X_{max}\approx\frac{A}{\left|W_{раз}(j\omega_k)\right|}$$

Где A=10 – амплитуда входного гармонического воздействия; ω_k - частота; $\left|W_{раз}(j\omega_k)\right|=A(\omega_k)$ -модуль частотной передаточной функции разомкнутой системы при $\omega=\omega_k=2$

$$X_{max}=\frac{10}{\sqrt{\frac{5625+12656.25(2)^2}{\left[(0.00125(2)^4-36.1(2)^2+127)\right]^2+\left[110*2-0.56(2)^3\right]^2}}}=\frac{10}{\sqrt{1.11}}\approx 9.5$$

IV. ПРИЛОЖЕНИЕ

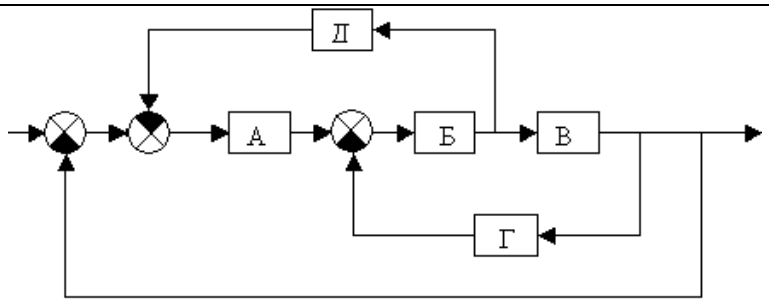
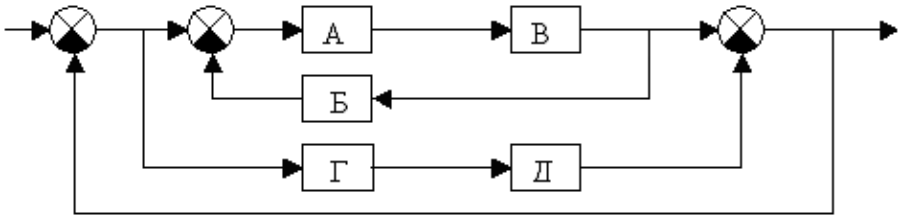
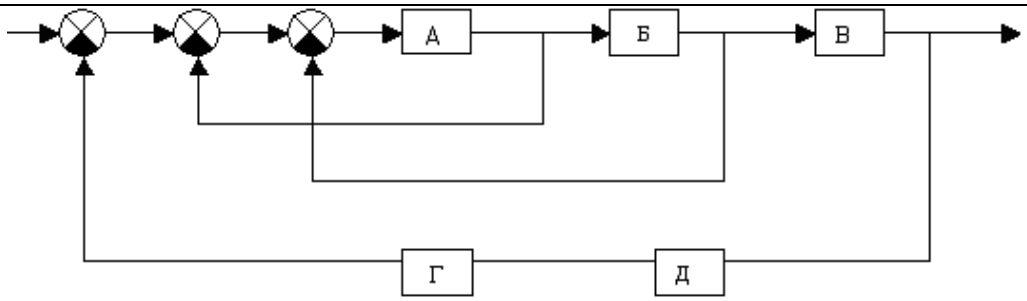
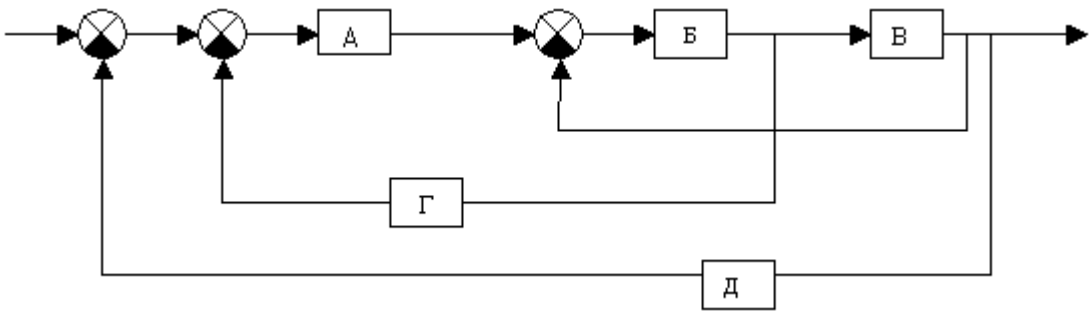
Выбор варианта.

Для каждого студента педагогом устанавливается двухзначный номер. Последняя цифра номера соответствует номеру варианта при выборе структурной схемы по таблице 1.

Предпоследняя цифра соответствует номеру варианта при выборе дифференциальных уравнений звеньев из таблицы 2 для своей структурной схемы.

Примечание: в таблице 2 символ X заменён на символ Y, а символ X на X.

Таблица 1.

вар	Структурная схема систем автоматического управления
0.	
1.	
2.	
3.	

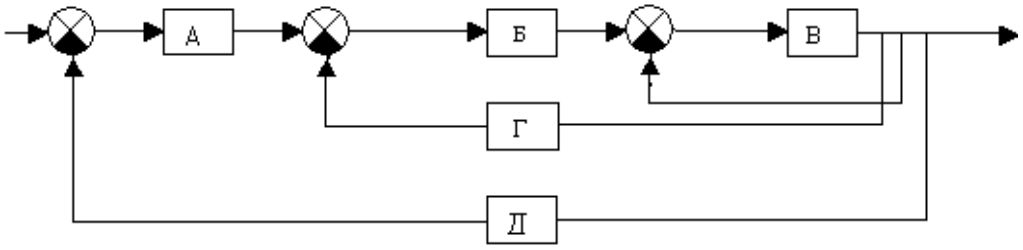
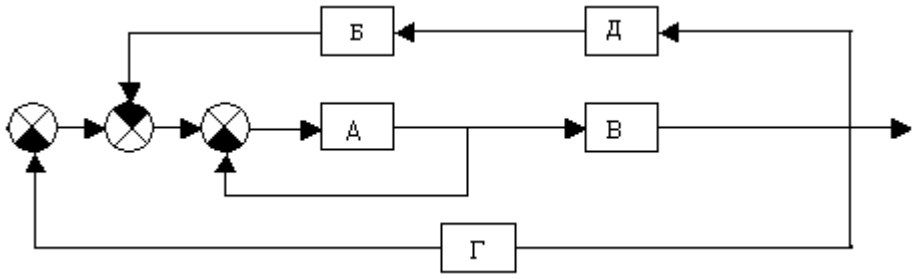
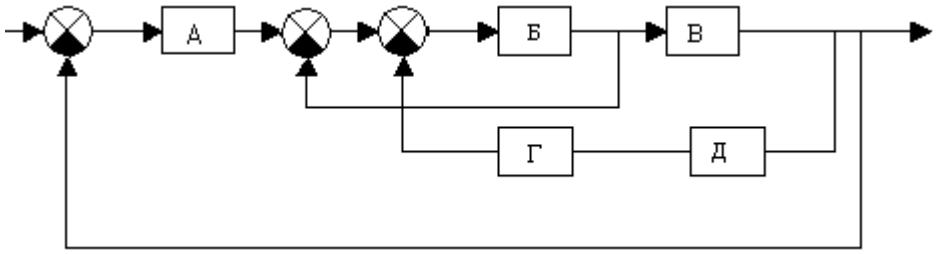
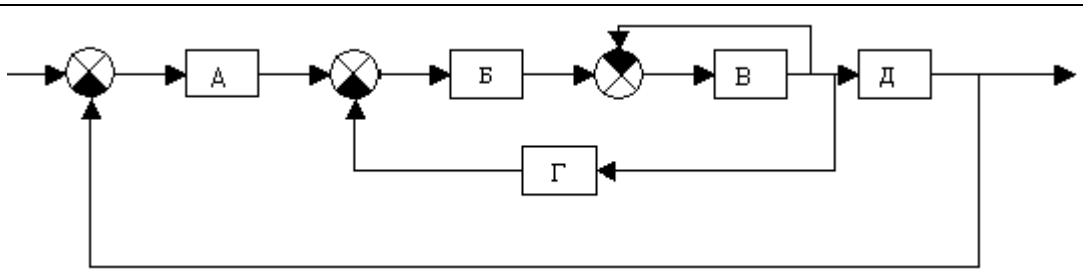
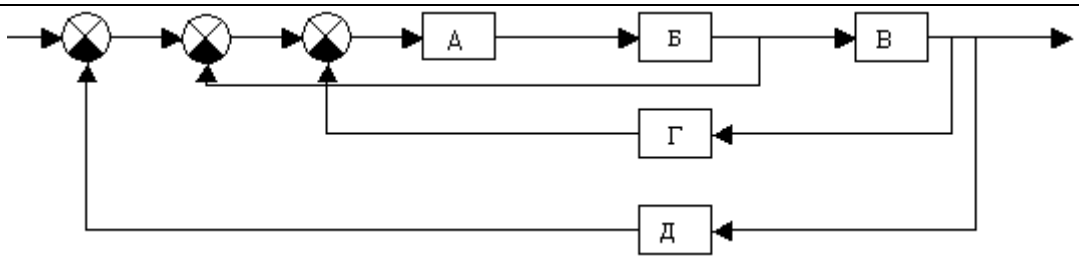
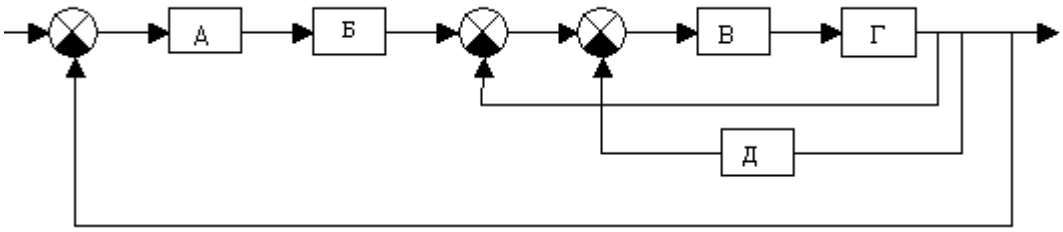
4.	 А Б В Г Д
5.	 Б Д А В Г
6.	 А Б В Г Д
7	 А Б В Д Г
8.	 А Б В Г Д
9.	 А Б В Г Д

Таблица 2.

вар	Усл. обоз.	Дифференциальное уравнение звена	Численное значение величин
1	2	3	4
0	А	$T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K\, T_2 \frac{dX}{dt}$	K=3; T_1=1; T_2=0,5
	Б	$T \frac{dY}{dt} + Y = K^* X$	K=1; T=1
	В	$T \frac{dY}{dt} = K^* X$	K=6; T=0,3
	Г	$Y = K^* X$	K=3
	Д	$T \frac{dY}{dt} + Y = K^* X$	K=5; T=0,5
1	А	$T_2^2 \frac{d^2Y}{dt^2} + T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K^* X$	K=1; T_1=0,2; T_2^2=0,02
	Б	$T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K^* T_2 \frac{dX}{dt}$	K=3; T_1=1; T_2=2
	В	$T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K^* T_2 \frac{dX}{dt} + K^* X$	K=2; T_1=1; T_2=0.5
	Г	$Y = K^* X$	K=6
	Д	$Y = K^* X$	K=0.5
2	А	$T_2^2 \frac{d^2Y}{dt^2} + T_1 \frac{dY}{dt} + Y = K^* X$	K=0.5; T_1=0.2; T_2^2=0.1
	Б	$T \frac{dY}{dt} + Y = K^* X$	K=10; T=1
	В	$T \frac{dY}{dt} = K^* X$	K=1; T=0.2
	Г	$Y = K^* X$	K=4
	Д	$T^*Y = K \frac{dX}{dt}$	K=1; T=0.3

3	А	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ +Y = K* X	K=4; T_2^2=0.6
	Б	Y = K*X	K=2
	В	$T_2\frac{dY}{dt}$ +Y = K* $T_1\frac{dX}{dt}$ +K*X	K=4; T_1=0.5; T_2=1.5
	Г	Y = K* X	K=7
	Д	$T\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=3; T=0.4
4	А	$T\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=5; T=0.5
	Б	$T\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=1; T=0.8
	В	$T\frac{dY}{dt}$ = K* X	K=2; T=1.0
	Г	Y = K* X	K=9
	Д	$T_2\frac{dY}{dt}$ +Y = K* $T_1\frac{dX}{dt}$ +K*X	K=0.5; T_1=0.2; T_2=0.5
5	А	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ + $T_1\frac{dY}{dt}$ +Y = K*X	K=2; T_1=0.3; T_2^2=0.14
	Б	$T\frac{dY}{dt}$ = K* X	K=5; T=2
	В	T*Y = K* $\frac{dX}{dt}$	K=1; T=0.5
	Г	Y = K* X	K=10
	Д	$T\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=4; T=1
6	А	$T\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=1; T=0.2
	Б	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ + $T_1\frac{dY}{dt}$ +Y = K*X	K=2; T_2^2=0.12
	В	$T_2\frac{dY}{dt}$ +Y = K* $T_1\frac{dX}{dt}$ +K*X	K=3; T_1=0.5; T_2=1
	Г	Y = K* X	K=0.5

	Д	Y = K* X	K=0.5
7	А	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ + $T_1\frac{dY}{dt}$ +Y = K*X	K=0.3; T_1=3; T_2^2 =0.05
	Б	T*Y = K* $\frac{dX}{dt}$	K=0.5; T=1
	В	$T_2\frac{dY}{dt}$ +Y = K* $T_1\frac{dX}{dt}$ +K*X	K=4; T_1=0.5; T_2=1
	Г	Y = K* X	K=6
	Д	Y = K* X	K=1
8	А	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ + $T_1\frac{dY}{dt}$ +Y = K*X	K=2; T_1=3; T_2^2=0.12
	Б	T $\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=8; T=1
	В	T $\frac{dY}{dt}$ = K* X	K=5; T=0.2
	Г	Y = K* X	K=12
	Д	T *Y = K* $\frac{dX}{dt}$	K=2; T=0.3
9	А	$T_2^2\frac{d^2Y}{dt^2}$ +Y = K*X	K=2; T_2^2 =0.2
	Б	T $\frac{dY}{dt}$ + Y = K* X	K=5; T=1.2
	В	$T_2\frac{dY}{dt}$ +Y = K* $T_1\frac{dX}{dt}$ +K*X	K=2.5; T_1=0.5; T_2=1
	Г	Y = K* X	K=1
	Д	T_1 *Y = K* $\frac{dX}{dt}$	K=2.5; T_1=1

ЛИТЕРАТУРА

1.А.А. Воронов. Теория линейных систем автоматического управления. М., «Высшая школа», 1990., 367 с.

2.В.А. Бессекерский. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. М., «Наука», 1987., 398 с.

Усманов Азиз Магдалиевич
Газиева Раъно Тешабаевна
Пиримов Одил Жураевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсовой работы по дисциплине
Теория автоматического управления

Редактор: М. Нуртаева

Подписано к печати _____20 г.
Формат бумаги 60 х 84 1/16
Объем 1,2 п.л., тираж 10 экз.
Заказ № .
Отпечатано в типографии ТИИМ.
Ул Кары-Ниязова 39.