

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ



КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра АПП и АСУ

**Курсовая работа по дисциплине
«Теория автоматического управления»**

Методические указания
для студентов специальности 220301

Кемерово 2008

Составитель:
Б.А. Федосенков, профессор, д-р техн. наук

*Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры АПП и АСУ
(Протокол № 2 от 18.09.2008)*

*Рекомендовано методической комиссией механического факультета
(Протокол № 12 от 20.09.2008)*

*Охраняется законом об авторском
праве, не может быть использовано
любым незаконным способом
без письменного договора*

Содержание

1 Исходные данные

- 1.1 Исходная блочно-структурная схема (БСС)
/зарисовать исходную БСС/
- 1.2 Фактическая расчетная БСС
/изобразить расчетную схему на основе исходной по заданному номеру конфигурации/
- 1.3 Заданные передаточные функции звеньев автоматики
/записать ПФ звеньев системы на основании заданных характеристик/
Внешние воздействия
/записать внешние воздействия $g(t)$ —задающее и $f(t)$ —возмущающее) в виде оригиналов и изображений/

2 Расчет скалярных передаточных функций

- 2.1 Расчет ПФ путем структурного преобразования исходной расчетной схемы
 - 2.1.1 По задающему воздействию $g(t)$
 - 2.1.2 По возмущающему воздействию $f(t)$
- 2.2 Расчет ПФ топологическим способом (по формуле Мэйсона)
/для этого в ходе анализа БСС выделяют:
 - а) число каналов (прямых цепей от входа к выходу)
 - б) число контуров (одиночных, двойных, тройных и т.д.)/
- 2.2.1 По задающему воздействию $g(t)$
- 2.2.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

Замечание

Получать ПФ следует в следующих формах:

- 1) общая дробно-рациональная функция

$$W(s) = f \{W_i(s)\} = \frac{f_1(W_i(s))}{f_2(W_i(s))} = \frac{G(s)}{D(s)}, \quad i = \overline{1, n}$$

- 2) в виде общих обозначений параметров ЗА САУ

$$W(s) = f \{k_i; T_i; \tau_i\} = \frac{f_1(k_i; T_i; \tau_i)}{f_2(k_i; T_i; \tau_i)} = \frac{G(s)}{D(s)}$$

- 3) в числовой форме

$$W(s) = \frac{g_0 s^m + g_1 s^{m-1} + \dots + g_{m-1} s^1 + g_m s^0}{d_0 s^n + d_1 s^{n-1} + \dots + d_{n-1} s^1 + d_n s^0}$$

$$g_i, \quad i = \overline{0, m}$$

$$d_j, \quad j = \overline{0, n}$$

2.3 Расчет ПФ на компьютере

/CLASSIC, MathCad/

2.3.1 По задающему воздействию $g(t)$

2.3.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

Замечание

Для определения ПФ САУ необходимо сформировать в моделирующем пакете структурную схему системы, а также задать вход и выход.

Поскольку определяются скалярные ПФ, то сначала рассчитывают ПФ по задающему воздействию $g(t)$, а затем – по возмущающему воздействию $f(t)$.

Другими словами:

$$1) W_{yg}(s) = \frac{G_{yg}(s)}{D_{yg}(s)} \quad \text{ПФ по каналу } g(t)$$

$$2) W_{yf}(s) = \frac{G_{yf}(s)}{D_{yf}(s)} \quad \text{ПФ по каналу } f(t)$$

3 Расчет нулей и полюсов ПФ

3.1 По задающему воздействию $g(t)$

3.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

4 Расчет переходных процессов (ПП)

4.1 Расчет ПП аналитическим способом

/по формуле Хевисайда/

4.1.1 По задающему воздействию $g(t)$

4.1.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

4.2 Расчет ПП графическим способом

/по методу Солодовникова/

4.2.1 По задающему воздействию $g(t)$

4.2.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

4.3 Расчет ПП машинным способом

4.3.1 По задающему воздействию $g(t)$

4.3.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

4.3.3 По векторному входу

Замечание

При входном сигнале $x_{\text{вх}} \neq [1]$, следует вводить формирующие фильтры с ПФ вида:

$$W_{ffg}(s) = \frac{L\{g(t)\}}{L\{[1]\}} = s \cdot L\{g(t)\} \quad \text{ПФ ПФ по } g(t)$$

$$W_{fff}(s) = \frac{L\{f(t)\}}{L\{[1]\}} = s \cdot L\{f(t)\} \quad \text{ПФ ПФ по } f(t)$$

5 Частотный анализ

/необходимо получить следующие характеристики/

5.1 Годограф частотной передаточной функции (ЧПФ) САУ

5.1.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.1.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

5.2 Фазо-частотная характеристика (ФЧХ) САУ

5.2.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.2.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

5.3 Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ) САУ

5.3.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.3.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

5.4 Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) САУ

/строится на основе годографа ЧПФ/

5.4.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.4.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

5.5 Вещественная частотная передаточная функция (ВЧПФ) САУ

/строится на основе годографа ЧПФ/

5.5.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.5.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

5.6 Мнимая частотная передаточная функция (МЧПФ) САУ

/строится на основе годографа ЧПФ/

5.6.1 По задающему воздействию $g(t)$

5.6.2 По возмущающему воздействию $f(t)$

Замечание

Для частотного анализа используется файл без формирующих фильтров

- 6 Оценка устойчивости САУ**
 - 6.1 Оценка устойчивости САУ по корням характеристического полинома ПФ
 - 6.2 Оценка устойчивости САУ по критерию Гурвица
 - 6.3 Оценка устойчивости САУ по методу Рауса
 - 6.4 Оценка устойчивости САУ по Михайлову
 - 6.5 Оценка устойчивости САУ методом D-разбиения
 - 7 Оценка параметров режима автоколебаний в нелинейной САУ**
 - 8 Расчет САУ по методу переменных состояния**
-
-

P.S. на компьютере рассчитываются пункты: 2.3; 3; 4.3; 5.1; 5.2; 5.3
остальные пункты рассчитываются вручную.

СХЕМА №1
 Варианты: 1, 2, 3
 Коды конфигурации: 1, 2, 3

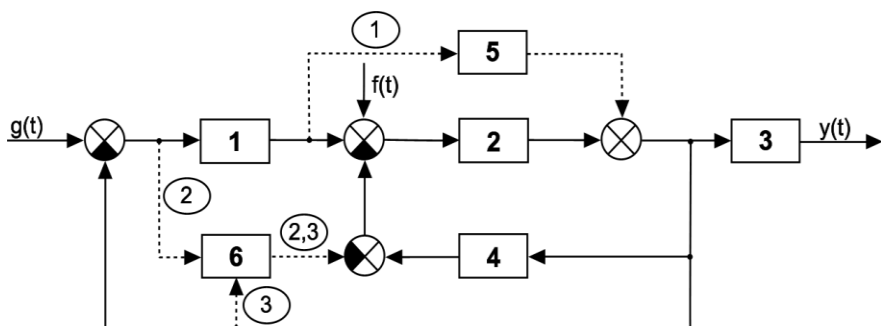


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена
1	$W_1(s) = \frac{k_1}{s \cdot (T_1 \cdot s + 1)}$
2	$W_2(s) = \frac{k_2}{T_2 \cdot s + 1}$
3	$(T_{32}^2 \cdot p^2 + T_{31} \cdot p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot x_3(t)$
4	
5	
6	$y_6(t) = k_6 \cdot \int_0^t x_6(t) dt$

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы		
	1	2	3
k_1	0,4	0,25	0,2
T_1	2,2	2,6	3,0
k_2	0,5	0,8	1,2
T_2	0,8	1,2	4,0
T_{31}	6,0	6,0	6,0
T_{32}	2,5	2,3	2,1
k_3	2,0	1,8	1,1
k_4	1,9	2,5	2,8
T_4	1,2	1,8	4,0
k_5	2,2	–	–
k_6	–	0,5	0,1
Xm_1	3,7	4,2	4,9
Xm_2	1,4	1,2	2,5
ω_1	5,0	6,5	12,5
ω_2	3,5	2,5	2,0
X_{01}	3,7	4,2	4,9
X_{02}	3,0	4,0	2,5
y_m	2,0	4,0	6,0

Задающее воздействие: $g(t) = Xm_1 \cdot \sin(\omega_1 t) + X_{01}$

Возмущающее воздействие: $f(t) = Xm_2 \cdot \cos(\omega_2 t) + X_{02}$

СХЕМА №2

Варианты: 4, 5, 6, 7
Коды конфигурации: 1, 2, 3, 4

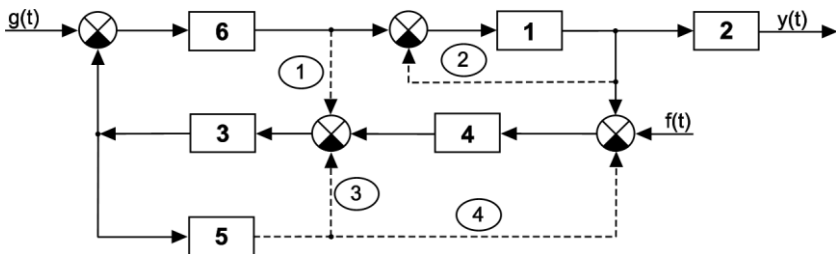


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена							
1	$W_1(s) = k_1$							
2	$W_2(s) = \frac{k_2}{T_2 \cdot s + 1}$							
3	$(T_3 \cdot p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot x_3(t)$							
4	$y_4(t) = k_4 \cdot \int_0^t x_4(t) dt$							
5	t	0	5	10	15	20	25	∞
	$h_5(t)$	0	k_5	k_5	k_5	k_5	k_5	k_5
6	$h_6(t) = k_6 \cdot (1 - e^{-t/T_6})$							

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы			
	1	2	3	4
k_1	3,5	3,8	4,2	4,5
k_2	7,3	8,3	9,3	10,3
T_2	0,8	0,7	0,6	0,5
k_3	1,8	1,9	2,05	2,1
T_3	0,2	0,25	0,35	0,3
k_4	0,2	0,25	0,3	0,4
k_5	–	–	1,3	1,5
k_6	1,2	1,1	1,0	0,95
T_6	2,0	1,5	1,25	1,1
X_{e1}	0,4	0,6	0,8	1,0
X_{e2}	0,8	1,0	1,6	2,5
T_1	5,0	4,5	4,0	3,0
T_2	2,0	2,5	2,75	3,5
y_m	2,0	3,0	4,0	5,0
a	1,0	2,0	3,0	4,0

Задающее воздействие: $g(t) = X_{e1} \cdot e^{-t/T_1}$

Возмущающее воздействие: $f(t) = X_{e2} \cdot e^{-t/T_2}$

СХЕМА №3
 Варианты: 8, 9
 Коды конфигурации: 1, 2

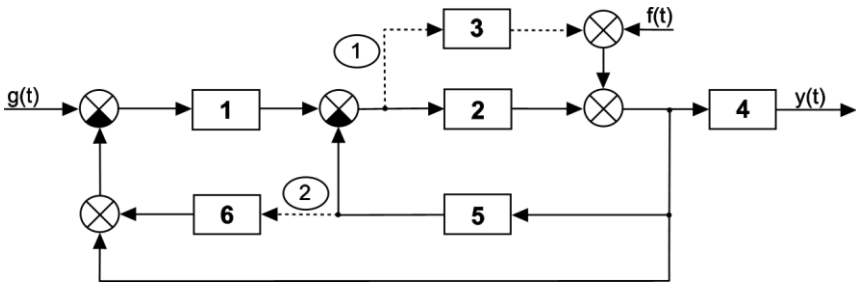


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена
1	$T_{12}^2 \frac{d^2 y_1(t)}{dt^2} + T_{11} \frac{dy_1(t)}{dt} + y_1(t) = k_1 \cdot x_1(t)$
2	$(T_2 p + 1) \cdot y_2(t) = k_2 p \cdot x_2(t)$
3	$W_3(s) = k_3$
4	$W_4(s) = \frac{k_4}{T_4 \cdot s + 1}$
5	
6	

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы	
	1	2
k_1	1,0	1,1
T_{11}	12,0	16,0
T_{12}	10,0	10,0
k_2	0,4	0,2
T_2	2,0	1,5
k_3	0,8	–
k_4	1,8	1,6
T_4	2,0	1,8
k_5	0,2	0,25
T_5	4,0	3,0
k_6	–	2,0
T_6	–	2,5
Xm	0,8	1,6
ω	6,5	10,0
k	0,5	2,0
y_m	2,0	4,0
a	1,0	2,0

Задающее воздействие: $g(t) = Xm \cdot \cos(\omega t)$

Возмущающее воздействие: $f(t) = k \cdot t$

СХЕМА №4

Варианты: 10, 11, 12
Коды конфигурации: 1, 2, 3

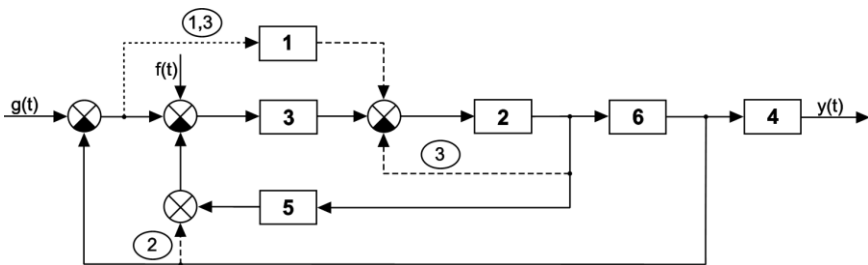


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена
1	$W_1(s) = \frac{1}{T_1 \cdot s}$
2	<p>Graph showing the step response $w_2(t)$ of block 2. The curve starts at the origin and asymptotically approaches a steady-state value k_2 with a time constant T_2.</p>
3	$(T_3 p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot x_3(t)$
4	$W_4(s) = \frac{k_4}{T_4 \cdot s + 1}$
5	$W_2(s) = k_2$
6	<p>Graph showing the step response $h_0(t)$ of block 6. The response is an instantaneous step function that jumps to a steady-state value k_0 at $t=0$.</p>

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы		
	1	2	3
T_1	2,5	–	4,0
k_2	0,35	0,2	0,15
T_2	2,0	2,4	2,8
k_3	0,5	1,0	1,6
T_3	0,5	0,8	1,2
k_4	8,5	6,5	4,2
T_4	6,0	10,0	16,0
k_5	1,6	1,8	2,0
k_6	1,1	1,2	1,3
Xm	1,5	2,0	2,5
ω	3,6	4,0	4,5
y_m	2,0	4,0	6,0
a	1,0	2,0	3,0

Задающее воздействие: $g(t) = Xm \cdot \cos(\omega t)$

Возмущающее воздействие: $f(t) = [1]$

СХЕМА №5

Варианты: 13, 14, 15
Коды конфигурации: 1, 2, 3

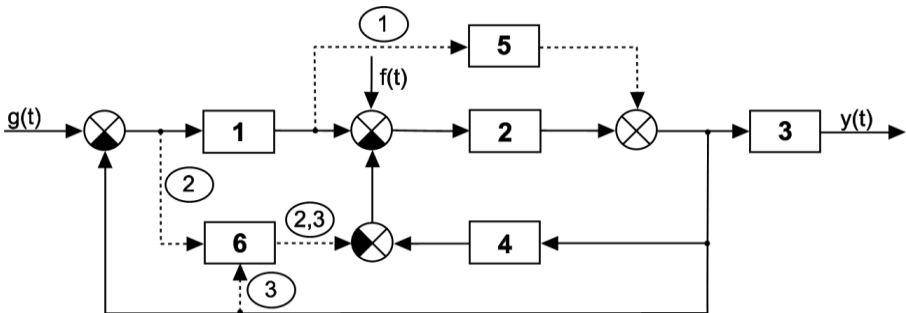


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена
1	$W_1(s) = \frac{k_1}{T_1 \cdot s + 1}$
2	$W_2(s) = \frac{k_2}{T_2 \cdot s + 1}$
3	$(T_{32}^2 \cdot p^2 + T_{31} \cdot p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot x_3(t)$
4	
5	
6	$y_6(t) = k_6 \cdot \int_0^t x_6(t) dt$

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы		
	1	2	3
k_1	1,9	2,5	2,8
T_1	1,2	1,8	2,5
k_2	0,5	0,8	1,2
T_2	0,8	1,2	1,5
T_{31}	8,0	8,0	8,0
T_{32}	3,5	3,0	2,85
k_3	1,2	1,4	1,6
k_4	0,4	0,35	0,45
T_4	2,2	2,6	3,0
k_5	2,0	–	–
k_6	–	0,2	0,4
X_e	0,9	1,2	1,5
T	1,25	1,5	1,75
Xm	2,2	2,0	1,6
ω	1,7	2,7	3,2
k	1,0	2,0	3,0
a	1,0	2,0	3,0

Задающее воздействие: $g(t) = X_e \cdot e^{-t/T}$

Возмущающее воздействие: $f(t) = Xm \cdot \sin(\omega t)$

СХЕМА №6

Варианты: 16, 17, 18
Коды конфигурации: 1, 2, 3

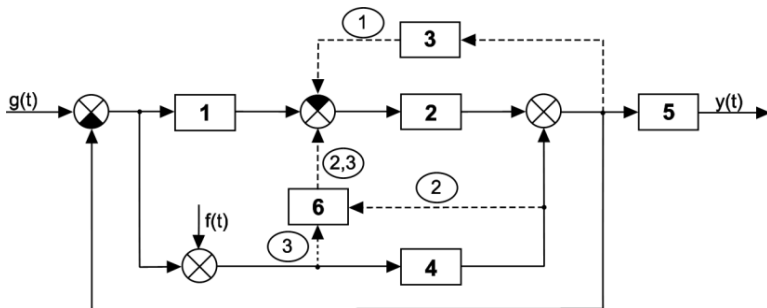


Таблица 1 – Характеристики звеньев

Номер звена	Характеристика звена
1	$W_1(s) = \frac{1}{T_1 \cdot s}$
2	$W_2(s) = k_2$
3	$(T_3 p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u p}\right) \cdot x_3(t)$
4	$y_4(t) = k_4 \cdot \int_0^t x_4(t) dt$
5	
6	

Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы		
	1	2	3
T_1	6,0	4,0	2,5
k_2	0,9	0,7	0,5
k_3	1,0	–	–
T_3	2,0	–	–
T_u	4,5	–	–
k_4	0,8	0,9	1,0
k_5	0,3	0,4	0,9
T_5	4,0	3,0	2,0
k_6	–	2,0	1,5
Xm	1,8	1,5	1,2
ω	7,5	6,0	4,5
X_0	5,0	4,0	3,0
k	1,8	1,5	1,2
k	1,0	2,0	3,0
a	1,0	2,0	3,0

Задающее воздействие: $g(t) = Xm \cdot \sin(\omega t) + X_0$

Возмущающее воздействие: $f(t) = k \cdot t$

СХЕМА №6.1

Варианты: 19, 20, 21

Коды конфигурации: 1,2; 1,3; 2,3

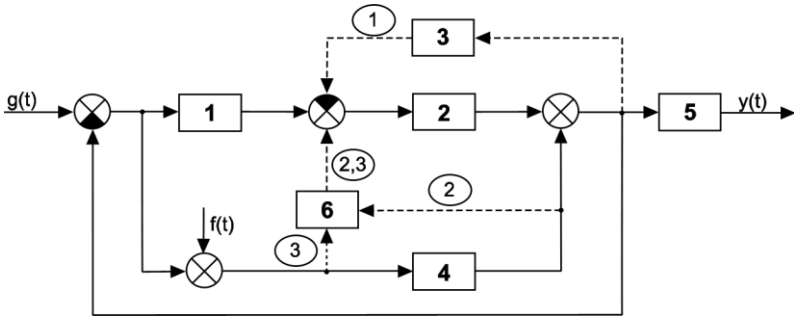


Таблица 1 – Характеристики звеньев

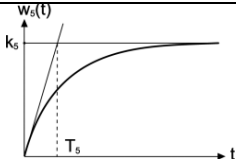
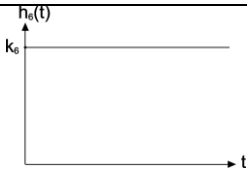
Номер звена	Характеристика звена
1	$W_1(s) = \frac{1}{T_1 \cdot s}$
2	$W_2(s) = k_2$
3	$(T_3 p + 1)y_3(t) = k_3 \cdot \left(1 + \frac{1}{T_u p}\right) \cdot x_3(t)$
4	$y_4(t) = k_4 \cdot \int_0^t x_4(t) dt$
5	
6	

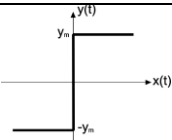
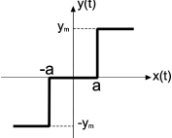
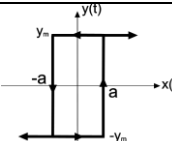
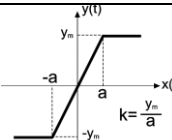
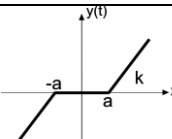
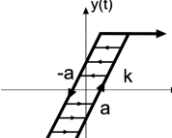
Таблица 2 – Численные значения параметров

Наименование параметра	Код конфигурации схемы		
	1,2	1,3	2,3
T_1	6,0	4,0	2,5
k_2	0,9	0,7	0,5
k_3	1,0	1,0	–
T_3	2,0	2,0	–
T_u	4,5	4,5	–
k_4	0,8	0,9	1,0
k_5	0,3	0,4	0,9
T_5	4,0	3,0	2,0
k_6	2,0	2,0	1,5
Xm	1,8	1,5	1,2
ω	7,5	6,0	4,5
X_0	5,0	4,0	3,0
k	1,8	1,5	1,2
k	1,0	2,0	3,0
a	1,0	2,0	3,0

Задающее воздействие: $g(t) = Xm \cdot \sin(\omega t) + X_0$

Возмущающее воздействие: $f(t) = k \cdot t$

Таблица 3 – Коэффициенты гармонической линеаризации типовых нелинейностей

№ НЭ	$y_H = f(x_H)$	$g(Xm)$	$b(Xm)$
1		$\frac{4y_m}{\pi \cdot Xm}$	0
2		$\frac{4y_m}{\pi \cdot Xm} \sqrt{Xm^2 - a^2}$ при $Xm > a$	0
3		$\frac{4y_m}{\pi \cdot Xm^2} \sqrt{Xm^2 - a^2}$ при $Xm > a$	$-\frac{4y_m a}{\pi \cdot Xm^2}$ при $Xm > a$
4		$\frac{2k}{\pi} \left(\arcsin \frac{a}{Xm} + \frac{a}{Xm^2} \sqrt{Xm^2 - a^2} \right)$ при $Xm > a$	0
5		$k - \frac{2k}{\pi} \left(\arcsin \frac{a}{Xm} + \frac{a}{Xm^2} \sqrt{Xm^2 - a^2} \right)$ при $Xm > a$	0
6		$\frac{k}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} + \arcsin \left(1 - \frac{2a}{Xm} \right) + 2 \left(1 - \frac{2a}{Xm} \right) \sqrt{\frac{a}{Xm} \left(1 - \frac{a}{Xm} \right)} \right]$	$-\frac{4ka}{\pi \cdot Xm} \left(1 - \frac{a}{Xm} \right)$ при $Xm > a$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления. – Мн.: Дизайн ПРО. – 2002. – 352с.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. М. – Л.: Энергия, 1965 – 396 с.
3. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал). – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.
4. Федосенков Б.А., Шебуков А.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. 2006г. – 156с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Курсовая работа по дисциплине
«Теория автоматического управления»**

Методические указания
для студентов специальности 220301

Составитель:
Федосенков Борис Андреевич

ЛР № 020524 от 02.06.97
Подписано в печать 20.10.08. Формат 60×84^{1/16}
Бумага типографская. Гарнитура Times
Уч.-изд. л. 1,4. Тираж 100 экз.
Заказ № 147

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

ПЛД № 44-09 от 10.10.99
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности
650010, г. Кемерово, ул. Красноармейская, 52