

Автоматика и управление

Тема 7. Синтез линейных стационарных автоматических систем

ПЗ 10 Синтез последовательного
корректирующего устройства ЛСС. ПИД -
регулятор.

Задача

№1
Передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

$$\tilde{W}(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$$

Определить значения параметров системы, при которых коэффициент статизма $S_0 = 0,02$, время регулирования $t_p \leq 0,3c$ и перерегулирование $\Delta h_m \leq 10\%$.

Решение:

$$|S_0| = \left| -\frac{1}{1+K} \right|, \Rightarrow K = \frac{1-S_0}{S_0}$$

Метод стандартных коэффициентов (МСК)

n	$t_p \Omega$	a_1	a_2	a_3	
2	2,9	$\frac{1,38(1+K)}{\Omega}$	$\frac{1+K}{\Omega^2}$	-	-
3	4,4	$\frac{2,39(1+K)}{\Omega}$	$\frac{2,05(1+K)}{\Omega^2}$	$\frac{1+K}{\Omega^3}$	-
4	4,6	$\frac{2,8(1+K)}{\Omega}$	$\frac{3,8(1+K)}{\Omega^2}$	$\frac{2,6(1+K)}{\Omega^3}$	$\frac{1+K}{\Omega^4}$
5	...				

$$\Omega = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n |p_i|}$$

Решени

Определим необходимое значение K :

$$K = \frac{1 - S_0}{S_0} = \frac{1 - 0,02}{0,02} = 49.$$

Вычислим значение среднегеометрического корня характеристического уравнения второго порядка разомкнутой системы:

$$\Omega = \frac{t_p \Omega}{t_p} = \frac{2,9}{0,3} \approx 10.$$

$$\tilde{W}(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}.$$

n	$t_p \Omega$	a_1	a_2	a_3	
2	2,9	$\frac{1,38(1+K)}{\Omega}$	$\frac{1+K}{\Omega^2}$	-	-
3	4,4	$\frac{2,39(1+K)}{\Omega}$	$\frac{2,05(1+K)}{\Omega^2}$	$\frac{1+K}{\Omega^3}$	-
4	4,6	$\frac{2,8(1+K)}{\Omega}$	$\frac{3,8(1+K)}{\Omega^2}$	$\frac{2,6(1+K)}{\Omega^3}$	$\frac{1+K}{\Omega^4}$
5	...				

Вычислим необходимые значения коэффициентов a_i по формулам

для $n=2$:

$$a_1 = \frac{1,38(1+K)}{\Omega} = \frac{1,38(1+49)}{10} = 6,9;$$

$$a_2 = \frac{1+K}{\Omega^2} = \frac{1+49}{100} = 0,5.$$

Следовательно
но

$$W(p) = \frac{49}{0,5p^2 + 6,9p + 1}.$$

$$\tilde{W}(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$$

$$W(p) = \frac{49}{0,5p^2 + 6,9p + 1}$$

Составим алгебраическое уравнение, приравняв коэффициенты при одинаковых степенях p характеристических полиномов $W(p)$ и $\tilde{W}(p)$

$$T^2 p^2 + 2T\xi p + 1 = 0,5p^2 + 6,9p + 1$$

$$T^2 = 0,5; \quad 2T\xi = 6,9; \quad T = 0,7; \quad \xi = \frac{6,9}{2T} = \frac{6,9}{1,4} \approx 5.$$

Ответ: $K=49$; $T \approx 0,7$;

$$\xi = 5$$

Задача

4 Передаточная функция разомкнутой АС имеет вид:

$$\tilde{W}(p) = \frac{K}{p(Tp + 1)}$$

Выбрать K и T так, чтобы время регулирования $t_p \leq 0,5c$, а перерегулирование $\Delta h_m \leq 15\%$

Решени

Задано время регулирования t_p . Вычисляется $\Omega = t_p \Omega / t_p$, где произведение $t_p \Omega$ выбирается из табл. при известном порядке синтезируемой системы n . K определяется из той же таблицы.

Определим значение коэффициента усиления

$$K_{n=2}; t_p \Omega = 2,9$$

$$\Omega = \frac{2,9}{t_p} = \frac{2,9}{0,5} = 5,8.$$

n	$t_p \Omega$	K	a_2	a_3	a_4
2	2,9	$\frac{\Omega}{1,38}$	$\frac{1}{1,38\Omega}$	-	-
3	4,4	$\frac{\Omega}{2,39}$	$\frac{0,858}{\Omega}$	$\frac{1}{2,39\Omega^2}$	-
4	4,6	$\frac{\Omega}{2,8}$	$\frac{1,357}{\Omega}$	$\frac{0,929}{\Omega^2}$	$\frac{1}{2,8\Omega^3}$

$$K = \frac{\Omega}{1,38} = \frac{5,8}{1,38} \approx 4,2.$$

n	$tp\Omega$	K	a_2	a_3	a_4
2	2,9	$\frac{\Omega}{1,38}$	$\frac{1}{1,38\Omega}$	-	-
3	4,4	$\frac{\Omega}{2,39}$	$\frac{0,858}{\Omega}$	$\frac{1}{2,39\Omega^2}$	-
4	4,6	$\frac{\Omega}{2,8}$	$\frac{1,357}{\Omega}$	$\frac{0,929}{\Omega^2}$	$\frac{1}{2,8\Omega^3}$

$$\tilde{W}(p) = \frac{K}{p(Tp + 1)}$$

Коэффициент a_2 определим по формуле таблицы

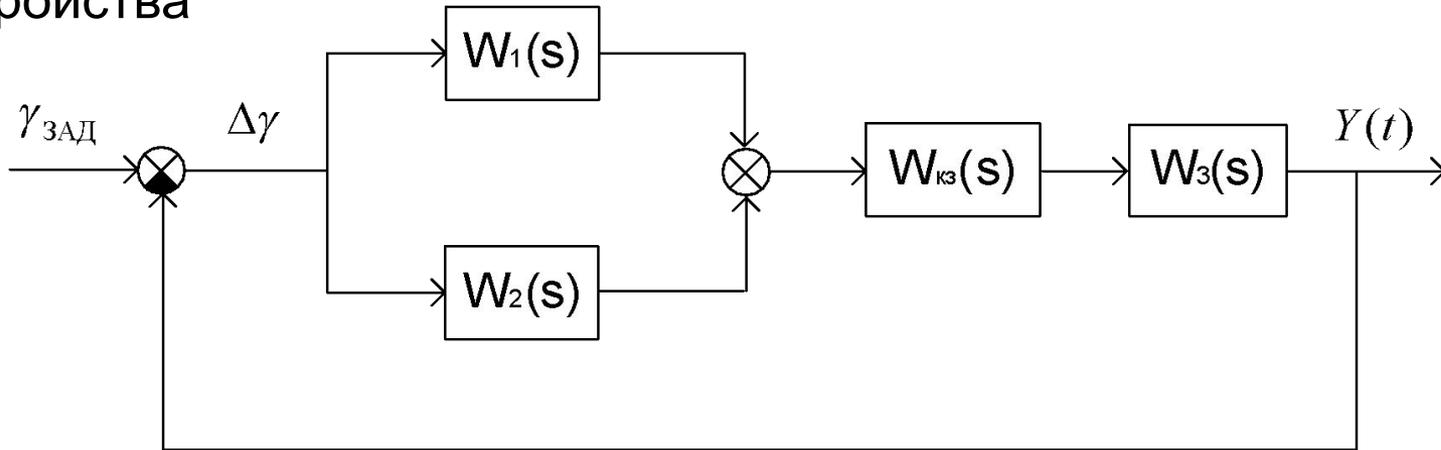
$$a_2 = \frac{1}{1,38\Omega} = \frac{1}{1,38 \cdot 5,8} \approx 0,125.$$

Ответ $W(p) = \frac{4,2}{p(0,125p + 1)}$; $T=0,125c$
:

Задача

№3

Задана структурная схема стабилизации гироскопического устройства



$$W_1(s) = k_1$$

$$W_2(s) = k_2 s$$

$$W_3(s) = \frac{k_3}{s(T_3^2 s^2 + 2T_3 \xi s + 1)}$$

ПАРАМЕТРЫ	НОМЕРА ЗАДАНИЙ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_1	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
k_2	1,2	1,4	1,6	1,8	2	1,2	1,4	1,6	1,8	2
k_3	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
T_3, c	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

1-10 вариант

$\xi = 0,8$

11-20 вариант

$\xi = 0,4$

21-30 вариант

$\xi = 0,6$

Синтезировать передаточную функцию последовательного корректирующего звена так, чтобы система стабилизации гироскопического устройства обладала следующими свойствами и показателями качества:

- ошибкой

$$\delta_{\varepsilon} \leq 0,01$$

стабилизации

-

$$\sigma_{\max} \leq 20\%$$

перерегулирование

Временем переходного

$$t_p \leq 0,1 \div 0,2 \text{ с}$$

процесса

Построить переходной процесс скорректированной системы стабилизации и показать, что система удовлетворяет заданным требованиям

Синтез желаемой

ЛАХ

$$S_0 = \frac{1}{K+1}$$

$$K = \frac{1-S_0}{S_0}$$

$$S_1 = \frac{e(t)}{x_{\max}^{(1)}(t)}$$

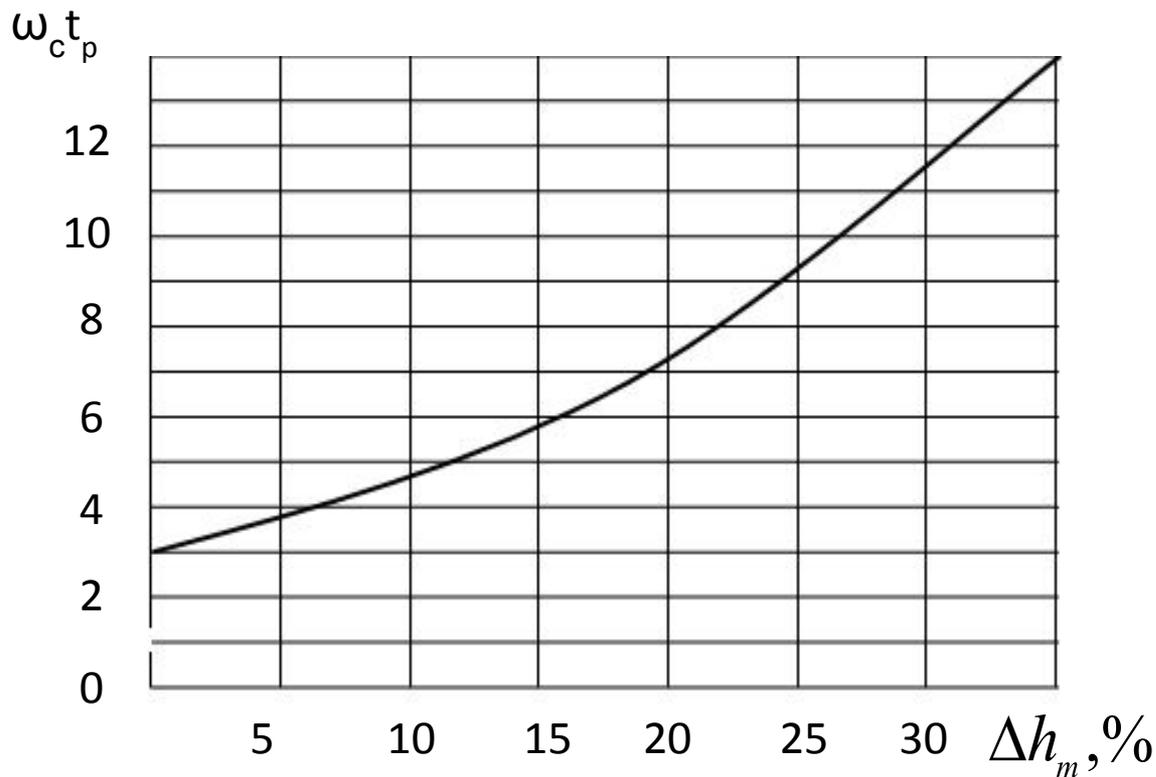
$$K = \frac{1}{S_1}$$

$$K = \frac{x_{\max}^{(1)}}{e(t)}$$

$$L(1) = 20 \lg K_{\text{ж}}$$

$$\omega_3 = (2 \dots 4)$$

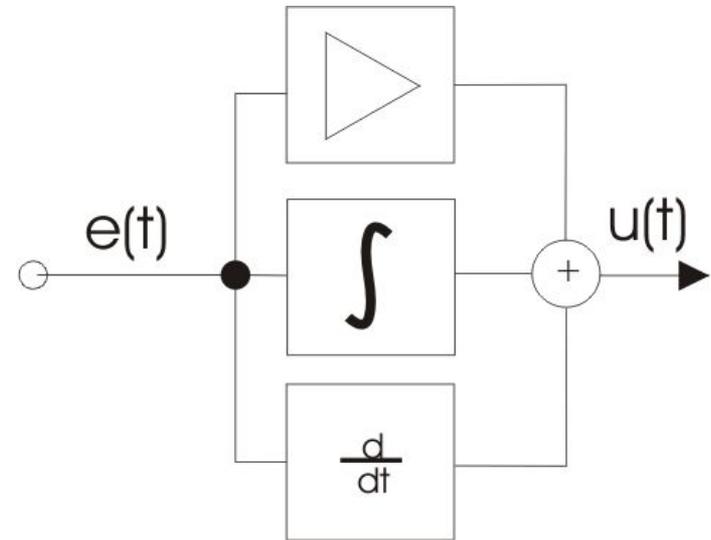
$$\omega_c \leq 0,1 \omega_3$$



Настройка ПИД-регулятора по методу Зиглера-Никольса

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Все. Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:



$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8$$