

В.П. Кривошеев, Б.А. Кан.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕМИНИМАЛЬНОФАЗОВОГО КОМПЕНСИРУЮЩЕГО ЗВЕНА В ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ.

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Владивосток, Россия (690014, Владивосток, ул. Гоголя 41), e-mail:
krivosheev@vvsu.ru

В комбинированных автоматических системах регулирования (АСР) реализованы принципы управления по отклонению и по возмущению. Компенсация контролируемого возмущения осуществляется компенсатором.

В основе расчета компенсаторов лежит принцип инвариантности [1]. Применительно к рассматриваемым системам в соответствии с этим принципом отклонение выходной координаты $y(t)$ под действием возмущения $x(t)$ должно быть тождественно равно нулю.

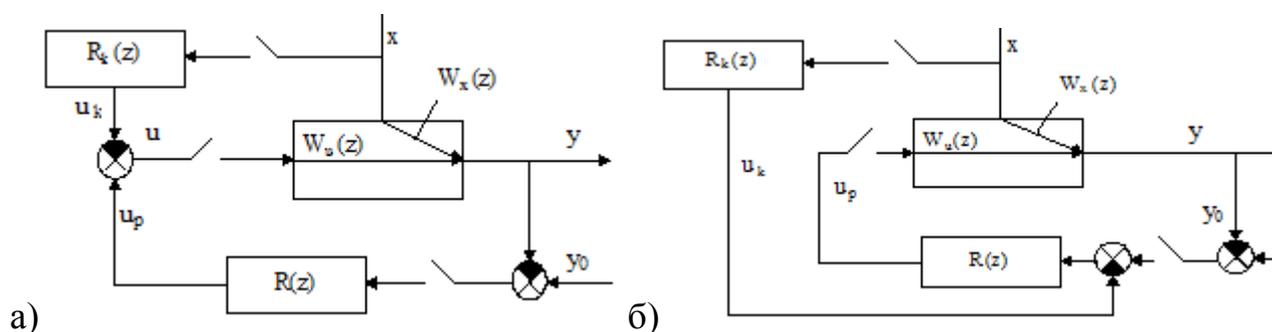


Рисунок 1 – Структурная схема цифровой комбинированной системы управления при подаче компенсирующего сигнала: а) на вход объекта, б) на вход стабилизирующего регулятора.

Для случая, когда сигнал от компенсатора подается на вход объекта [2] (рисунок 1, а) передаточная функция компенсатора $R_k(z)$ имеет вид:

$$R_k(z) = \frac{W_x(z)}{W_u(z)} \quad (1)$$

При подаче компенсирующего сигнала на вход стабилизирующего регулятора (рисунок 1, б) условие инвариантности обеспечивается

компенсатором с передаточной функцией

$$R_k(z) = \frac{W_x(z)}{W_u(z) \cdot R(z)} \quad (2)$$

Рассматривается параметрический синтез цифрового реального компенсатора, взятого в виде неминимальнофазового звена.

Неминимальнофазовое компенсирующее звено имеет вид:

$$1) \text{ В аналоговых системах: } W_k^P(s) = k \cdot \frac{1 - T_B S}{1 + TS} \quad (3)$$

$$2) \text{ В цифровых системах: } W_k^P(z) = k \frac{(T_0 - 2T_B) \cdot z + T_0 + 2T_B}{(2T + T_0) \cdot z + T_0 - 2T} \quad (4)$$

Тип реального компенсатора выбирают для выполнения следующих условий:

$$W_k(j \cdot 0) - W_k^P(j \cdot 0) = 0, \quad (5)$$

$$W_k(j \cdot \omega_p) - W_k^P(j \cdot \omega_p) = 0; \quad (6)$$

или

$$W_k(j \cdot 0) - W_k^P(j \cdot 0) = 0, \quad (7)$$

$$W_k(j \cdot \omega_p) - W_k^P(j \cdot \omega_p) \rightarrow \min_{\vec{a}, \vec{b}}; \quad (8)$$

или

$$W_k(j \cdot 0) - W_k^P(j \cdot 0) \rightarrow \min_{\vec{a}, \vec{b}}, \quad (9)$$

$$W_k(j \cdot \omega_p) - W_k^P(j \cdot \omega_p) = 0, \quad (10)$$

Для определения настроечных параметров неминимальнофазового звена в аналоговой системе управления при соблюдении условий (5) и (6) используются следующие формулы[3]:

$$T = \frac{1}{\omega_p} \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{Re}_k(0) - \operatorname{Re}_k(\omega_p)}{\operatorname{Re}_k(\omega_p) - \operatorname{Re}_k^P(\infty)}}, \quad (11)$$

$$T_B = T \cdot \frac{\operatorname{Re}_k^P(\infty)}{\operatorname{Re}_k(0)}, \quad (12)$$

$$k = \operatorname{Re}_k(0), \quad (13)$$

где $k = \operatorname{Re}_k(0)$, - значение АФХ идеального компенсатора на $\omega = 0$;

$\operatorname{Re}_k(\omega_p)$ - значение АФХ идеального компенсатора на $\omega = \omega_p$; $\operatorname{Re}_k^P(\infty)$ - значение АФХ идеального компенсатора на $\omega = \infty$;

Рассматривается комбинированная система управления объектом с передаточными функциями:

$$W_u(s) = 200 \cdot \frac{e^{-0.5 \cdot s}}{10 \cdot s + 1}, \quad W_x(s) = 100 \cdot \frac{e^{-s}}{50 \cdot s^2 + 20 \cdot s + 1}.$$

С помощью подстановки Тастина[2] получен дискретный вид передаточных функций:

$$W_u(z) = 4.878 \frac{(z+1)}{(z-0.9512)} \cdot z^{-1}, \quad W_x(z) = \frac{0.11351 \cdot (z+1)^2}{z^2 - 1.8138 \cdot z + 0.81834597} \cdot z^{-2}.$$

При построения АФХ аналоговой АСР выполняется подстановка $s = j\omega$.

Для цифровой системы выполняется билинейное преобразование [2]

$$z = \frac{1+w}{1-w} \text{ с переходим к круговой частоте по выражению } w = j \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega T_0}{2}$$

для $\omega \leq \frac{\pi}{T_0}$. При выборе шага квантования T_0 использованы рекомендации [2].

В рассматриваемой АСР сигнал от компенсирующего устройства подается на вход объекта по каналу управления. Передаточная функция идеального компенсатора в этом случае рассчитывается по формуле (1) и имеет вид: а) для аналогового варианта

$$W_k(s) = 0.5 \cdot \frac{(10 \cdot s + 1)e^{-0.5 \cdot s}}{50 \cdot s^2 + 20 \cdot s + 1}$$

б) для цифрового варианта

$$W_k(z) = 0.02327 \cdot \frac{(z^3 + 1.0488 \cdot z^2 - 0.9024 \cdot z - 0.9512)}{(z^3 - 0.8138 \cdot z^2 - 0.99545403 \cdot z + 0.81834597)} \cdot z^{-2}$$

Получена передаточная функция реального компенсатора в аналоговом варианте:

$$W_k^P(s) = 0.5 \cdot \frac{-0.646 \cdot s + 1}{8.264 \cdot s + 1}$$

Вычислены настроечные параметры аналогового неминимальнофазового компенсирующего звена по формулам [3] для выполнения условий (5) и (6) ($k = 0.5$, $T_B = 0.646$ и $T = 8.264$).

Для цифрового варианта передаточная функция реального компенсатора имеет вид

$$W_k^P(z) = -0.021687 \cdot \frac{z - 2.232}{z - 0.9465}$$

Значения настроечных параметров для цифрового варианта ($k = 0.499$, $T_B = 0.655$ и $T = 9.099$) так же вычислялись по формулам[3].

На рисунках 2 и 3 приведены графики переходных процессов комбинированной системы в аналоговом и цифровом вариантах.

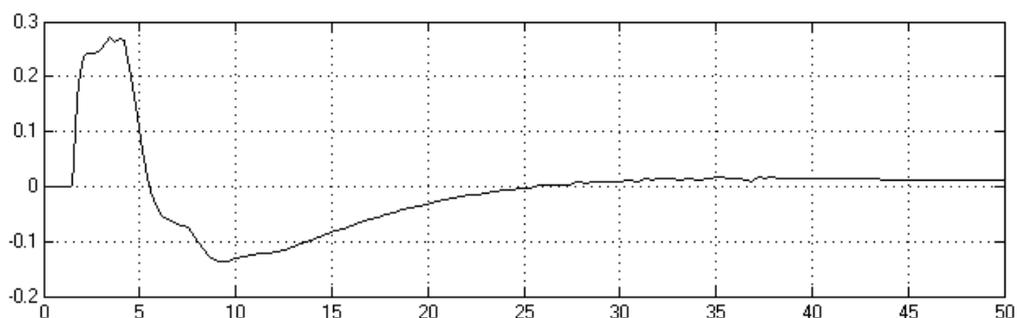


Рисунок 2 – переходной процесс аналоговой комбинированной системы управления.

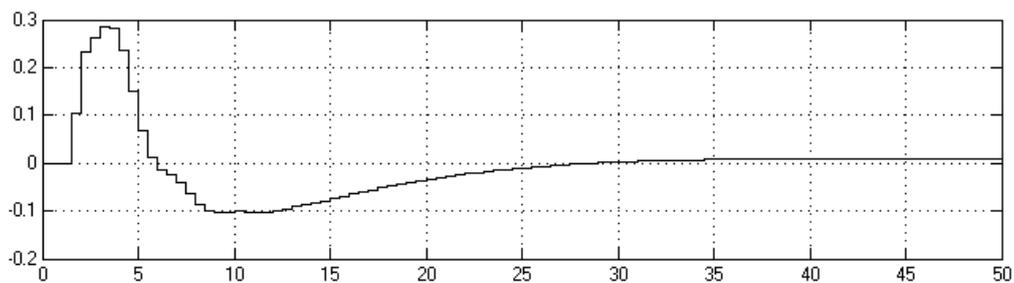


Рисунок 3 – Переходной процесс цифровой комбинированной системы управления.

Переходные процессы аналоговой и цифровой АСР близки, что свидетельствует о возможности расчета параметров неминимальнофазового компенсирующего звена в цифровых системах по формулам, полученным для неминимальнофазового компенсирующего звена в аналоговых системах.

Список литературы

1. Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования - М.; Л.: Энергоиздат, 1961. 344 с.
2. Изерман Р. Цифровые системы управления – М.: Мир, 1984. 541с.
3. Кривошеев В.П., Сачко М.А. Аналитический метод расчета типовых компенсаторов и развязывающих устройств. III // Информатика и системы управления. 2010. № 26. С. 127-136.