

ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАСКАДНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Б.А. Кан, V курс, Институт информатики, инноваций и бизнес систем ВГУЭС
В.П. Кривошеев – руководитель проекта, профессор кафедры ИСПИ ВГУЭС

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток*

Введение

При автоматизации сложных технологических объектов управления (ТОУ) часто возникает задача применения многоконтурных автоматических систем регулирования (АСР), одними из представителей которых являются каскадные АСР. Такие АСР обеспечивают достаточно высокое качество регулирования ТОУ, имеющих помимо выходных регулируемых координат, еще и дополнительные промежуточные координаты, которые могут быть использованы для организации вспомогательных контуров стабилизации. Вследствие этого каскадные АСР всегда имеют многоконтурную структуру и включают в свой состав два и более регулятора. При автоматизации химико-технологических объектов чаще всего используют двухконтурные каскадные системы.

На рисунке 1 изображена схема двухконтурной каскадной АСР в общем виде. На практике, как правило, рассматривается каскадная АСР с подачей возмущающего воздействия на вход ТОУ по каналу управления (базовый случай), схема которой изображена на рисунке 2. Каскадная АСР общего вида может быть приведена к базовому виду, если взять передаточные функции по каналам возмущения равными:

$$W_g(s) = W_o(s), \quad (1)$$

$$W_{e1}(s) = W_{o1}(s). \quad (2)$$

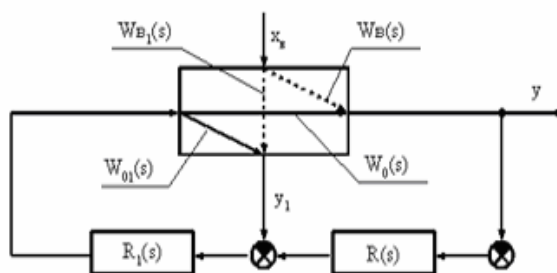


Рис. 1. – Схема каскадной АСР в общем виде

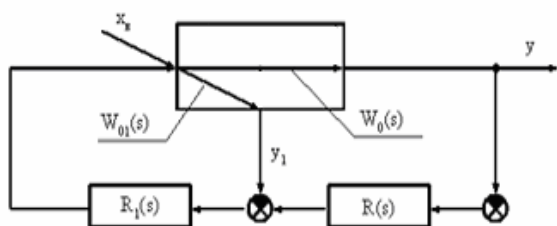


Рис. 2. – Схема каскадной АСР при подаче возмущающего воздействия на вход ТОУ по каналу управления.

Параметрический синтез каскадных аналоговых систем управления.

Для получения передаточной функции замкнутой каскадной АСР по каналу возмущения используется формула Мейсона [1].

Для получения передаточной функции для расчета основной регулируемой переменной был построен соответствующий ей сигнальный граф (рис. 3), на котором отображены основные узлы системы и переходы между ними.

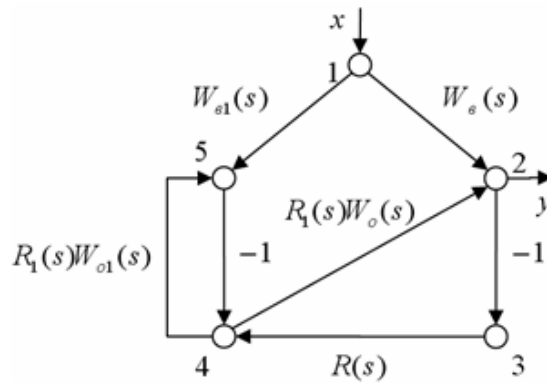


Рис. 3. – Сигнальный граф каскадной АСР.

На построенном графе были выделены графы двух прямых каналов (рис. 4) и двух замкнутых цепей (рис. 5).

Т.к. все контуры соприкасаются (имеют общие ветви или вершины), то парные произведения и триады в формуле отсутствуют. Нет также в сигнальном графе контуров, не соприкасающихся с прямыми каналами, поэтому $\Delta_I(s) = 1$ и $\Delta_{II}(s) = 1$.

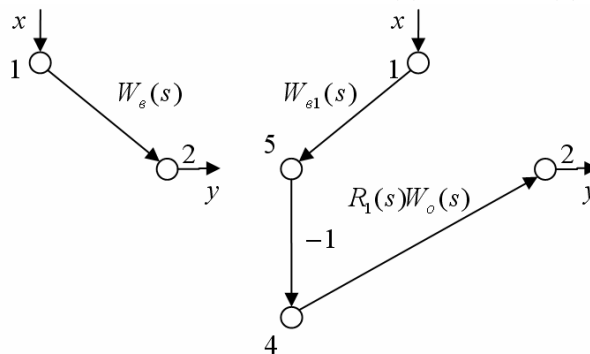


Рис. 4. – Сигнальные графы прямых каналов

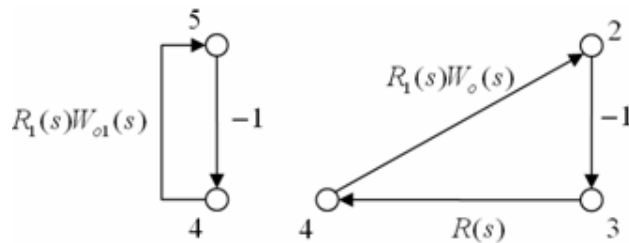


Рис. 5. – Сигнальные графы замкнутых цепей

Таким образом:

$$W_I(s) = W_e(s), \quad (3)$$

$$W_{II}(s) = -W_{e1}(s)R_1(s)W_o(s), \quad (4)$$

$$\Delta(s) = 1 + R(s)W_{e1}(s) + R_1(s)W_{o1}(s), \quad (5)$$

$$\Delta_I(s) = \Delta_{II}(s) = 1. \quad (6)$$

Подставив (3), (4), (5) и (6) в формулу Мейсона[1] получим передаточную функцию замкнутой каскадной АСР:

$$W(s) = \frac{W_e(s) - W_{e1}(s)R_1(s)W_o(s)}{1 + R(s)R_1(s)W_o(s) + R_1(s)W_{o1}(s)}. \quad (7)$$

После подстановки

Аналогичным образом была получена передаточная функция для расчета вспомогательной регулируемой переменной. Был построен сигнальный граф (рис. 6) и выделены графы прямых каналов (рис. 7). Графы замкнутых контуров для этого случая те

же, что и при расчете передаточной функции для основной переменной. В результате была получена передаточная функция каскадной АСР для расчета вспомогательной регулируемой переменной:

$$W(s) = \frac{W_{o1}(s) - W_e(s)R(s)R_1(s)W_{o1}(s)}{1 + R(s)R_1(s)W_o(s) + R_1(s)W_{o1}(s)} \quad (8)$$

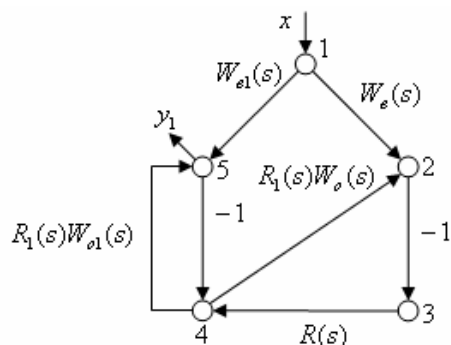


Рис. 6. – Сигнальный граф каскадной АСР

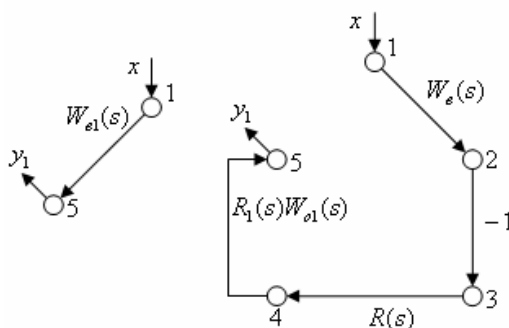


Рис. 7. – Сигнальные графы прямых каналов

Эффективность работы АСР, как правило, определяют с помощью графика переходного процесса, качестве примера рассмотрена каскадная АСР со следующими характеристиками:

$$W_o = 0,5 \frac{1}{1+4S} e^{-4S}, \quad W_{o1} = 0,5 \frac{1}{1+12S} e^{-0,4S}, \quad W_e = 0,5 \frac{1}{1+5S} e^{-3S}, \quad W_{e1} = 0,5 \frac{1}{1+10S} e^{-0,3S}$$

Для данной АСР были рассчитаны параметры регуляторов по методике, описанной в книге [3]:

$$R = \frac{0,434 + 1,81S}{S}, \quad R_1 = \frac{0,122 + 1,024S}{S}$$

После этого был построен переходной процесс каскадной аналоговой АСР (рис. 8):

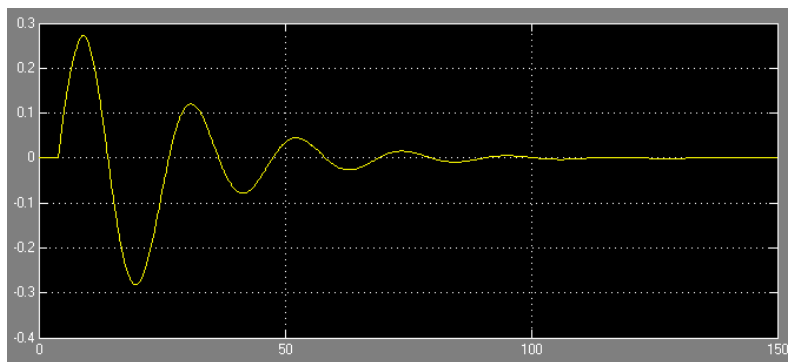


Рис. 8. – Переходной процесс каскадной аналоговой АСР.

Параметрический синтез каскадных цифровых систем с использованием формулы Тастина.

Непрерывная часть цепи задана в обычном виде передаточной функцией $W(s)$. Для отыскания дискретной передаточной функции $W(z)$ необходимо предварительно находить весовую функцию $w(t)$ из передаточной функции $W(s)$, а затем воспользоваться выражением:

$$w(z) = \sum_{k=0}^{\infty} w(kT) \cdot z^{-k} \quad (9)$$

К дискретной передаточной функции от непрерывной можно перейти через таблицы соответствия изображения по Лапласу и Z-изображения. Этому непосредственному переходу от $W(s)$ к $W(z)$ соответствует условная запись:

$$W(z) = Z\{W(s)\}. \quad (10)$$

Способы получения дискретной передаточной функции по формулам (9) и (10) являются точными, но их применение для реальных систем второго порядка и выше затруднительно. Поэтому в практических расчетах импульсных систем используют приближенные способы перехода от передаточной функции $W(s)$ к дискретной передаточной функции $W(z)$. Эти способы основаны на замене производной во времени, фигурирующей в уравнении непрерывной части, первой разностью. Наиболее точный переход от непрерывной системы к дискретной обеспечивает подстановка Тастина[2]:

$$s = \frac{2(z-1)}{T(z+1)}. \quad (11)$$

Используя формулу Тастина передаточные функции каскадной аналоговой АСР, рассмотренной выше, были приведены к дискретному виду.

$$W_o = 0,5 \frac{T(z+1)}{9z-7} z^{-\frac{4}{T}}, \quad W_{o1} = 0,5 \frac{T(z+1)}{25z-23} z^{-\frac{0,4}{T}}, \quad W_e = 0,5 \frac{T(z+1)}{11z-9} z^{-\frac{3}{T}}, \quad W_{e1} = 0,5 \frac{T(z+1)}{21z-19} z^{-\frac{0,3}{T}}$$

$$R = \frac{(3,62T + 0,434T^2)z^2 + 0,868T^2z + 4 - 3,62T + 0,434T^2}{2Tz^2 - 2T} \quad (25)$$

$$R_1 = \frac{(2,048T^2 + 0,122T)z^2 + 0,244T^2z + 4 - 2,048T + 0,122T^2}{2z - 2} \quad (23)$$

Переходной процесс каскадной цифровой АСР, при $T=1$ (рис. 9)

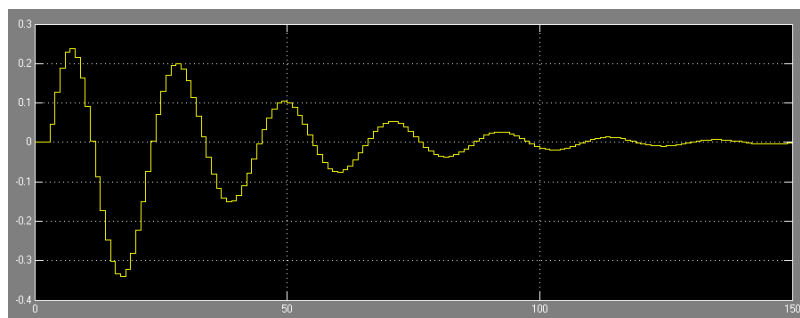


Рис. 9 – Переходной процесс каскадной цифровой АСР.

1. Лукас В.А. Теория автоматического управления. М.: Недра, 1990. -416с.
2. Поляков К.Ю. Основы теории цифровых систем управления. Санкт-Петербург, 2006. - 260с.
3. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности. М.; Химия, 1987. 368 с.