

## **СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНО- ВРЕМЕННЫМ ОПЕРАТОРНЫМ МЕТОДОМ**

**А. В. Козлов<sup>1</sup>, А. И. Рожков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

<sup>2</sup>*ОАО «Белорусский металлургический завод», г. Жлобин*

Замкнутые системы автоматического управления (САУ), имеющие блоки с про-изведениями сигналов, синтезировать с помощью классического преобразования Лап-ласа достаточно трудно, так как приходится сталкиваться с необходимостью взятия интегралов свертки в комплексной области. Многомерно-временной операторный ме-тод [1] позволяет решать такие задачи, но и в этом случае имеются ограничения.

Аналитически получать многомерно-временные передаточные функции для та-ких САУ не представляется возможным, так как в этом случае число независимых комплексных переменных  $p_1, p_2, \dots, p_n$  стремится к бесконечности. Поэтому аналити-ческий синтез регуляторов в подобных САУ представляет значительные трудности и без ряда допущений, накладываемых в процессе синтеза, попросту невозможен [1].

Удобным подходом к синтезу регуляторов в таких САУ может быть метод вы-бора из типовых регуляторов для нахождения оптимального с точки зрения получе-ния желаемого переходного процесса, так называемый инженерный синтез.

Критериями такого подхода синтеза могут служить следующие положения:

1) для обеспечения требуемого быстродействия системы в регуляторе должна происходить компенсация больших постоянных времени;

2) в САУ должна быть обеспечена устойчивость и точность как по управляю-щим, так и по возмущающим воздействиям.

Для реализации такого подхода синтеза регуляторов были взяты две нелиней-ных системы: следящая САУ с трактом «сельсины–демодулятор» (рис. 1) и нелиней-

ная двухконтурная САУ температуры печи (рис. 2). Для первой САУ задача была полностью решена, для второй системы были обоснованы преимущества такого способа регулирования температуры печи и сформулировано техническое задание.

**Следящая САУ с трактом «сельсины–демодулятор».** Сформулируем задачу синтеза регулятора для следящей САУ с модуляцией сигналов: требуется синтезировать регулятор таким образом, чтобы отсутствовала статическая ошибка по управлению и возмущению, при этом быстродействие САУ нужно обеспечить на уровне не более 0,15 с при перерегулировании не более 20 %.

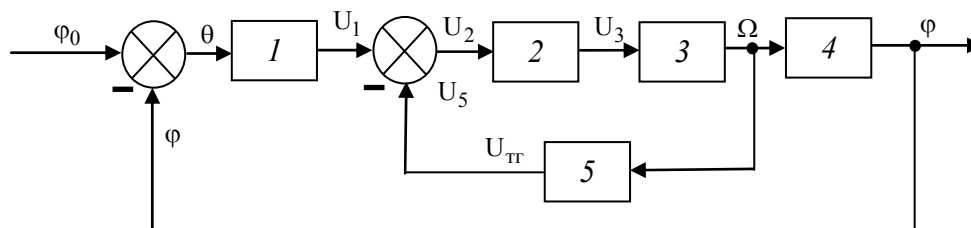


Рис. 1. Структурная схема следящей системы с модуляцией:

1 – тракт «сельсины–демодулятор»; 2 – регулятор слежения;

3 – электродвигатель постоянного тока (ДПТ); 4 – редуктор; 5 – тахогенератор

Синтез регуляторов для следящей САУ был проведен многомерно-временным операторным методом [1] в программной среде MATLAB SIMULINK, используя библиотеку многомерно-временных динамических звеньев [3] со следующими исходными параметрами:  $K_{\text{дв}} = 100$  град/Вс,  $T_{\text{дв}} = 0,106$  с,  $K_{\text{тр}} = 0,002$  Вс/град,  $T_{\text{тр}} = 0,0175$  с.

Для анализа выбран режим отработки следящей системой скачкообразного сигнала  $\varphi_0 = 5$  град. Синтез выполнялся при значениях несущей частоты от 50 до 400 Гц.

Используем вышеприведенные критерии инженерного синтеза и критерий синтеза регуляторов на технический оптимум, подберем регулятор слежения, удовлетворяющий требуемым показателям качества САУ. В результате проделанной работы имеем регулятор слежения со следующей многомерной передаточной функцией:

$$W_{\text{рег}}(p_1, p_2, p_3) = \frac{2900(0,0175(p_1 + p_2 + p_3) + 1)}{0,106(p_1 + p_2 + p_3) + 1}.$$

Согласно теореме об ассоциации переменных [2] многомерная передаточная функция регулятора в одномерной операторной области будет иметь вид, удобный для технической реализации:

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{2900(0,0175p + 1)}{0,106p + 1}.$$

Инженерный синтез регулятора следящей САУ и дальнейшее ее исследование показало, что достигнуты желаемые показатели качества САУ. Работа системы на малых несущих частотах, меньших 100 Гц, хуже, чем на больших, более 200 Гц. Это связано с тем, что как электродвигатель, так и синтезированный регулятор лучше подавляют высокие частоты.

**Нелинейная двухконтурная САУ температуры печи.** В печах, работающих на жидком или газообразном топливе, нашли широкое применение двухконтурные системы регулирования температуры с подчиненным контуром расхода топлива.

Расход топлива пропорционален тепловой мощности, поэтому можно говорить о том, что подчиненный контур регулирует не расход, а мощность. В таких системах объект управления, чаще всего печь, представляется аperiodическим звеном, а регулятор температуры чаще всего ПИ-типа.

В электрических печах подобная удобная система регулирования не нашла применения из-за того, что мощность является произведением силы тока на напряжение. Поэтому используется одноконтурная система регулирования температуры, которая легче с точки зрения решения задачи синтеза регулятора, но имеющая худшие показатели качества.

Предлагаемая двухконтурная система регулирования температуры печи (рис. 2), по мнению авторов, будет иметь лучшие эксплуатационные и технические характеристики.

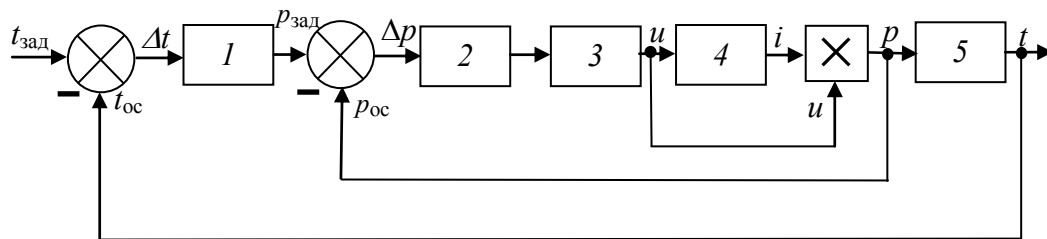


Рис. 2. Структурная схема двухконтурной САУ температурой печи:  
 1 – регулятор температуры; 2 – регулятор мощности; 3 – преобразователь;  
 4 – нагревательный элемент; 5 – печь

#### Литература

1. Козлов, А. В. Многомерно-временной операторный метод анализа элементов систем автоматического управления с нелинейностями типа «произведение»: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / А. В. Козлов; Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2007. – 20 с.
2. Chen, C. F. New theorems of association of variables in multiple dimensional Laplace Transform / C. F. Chen, R. F. Chiu. – INT. J. SYSTEM CSI. – 1973. – Vol. 4, № 4. – P. 647–664.