XXXIV Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции.
Ч.IV: С.67-69, 2006.
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2006.

УДК 662.642:621.926.7

Н.И.Меницкая (6 курс, каф. МПУ), Л.М.Яковис, д.т.н., проф.

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ИНЕРЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ, ПОДВЕРЖЕННЫХ СЛУЧАЙНЫМ ВОЗМУЩЕНИЯМ

Для управления непрерывными технологическими процессами широко применяются пропорционально-интегральные регуляторы (ПИ-регуляторы). В работе [1] был предложен так называемый компенсационный метод настройки параметров регуляторов данного типа для распространенного класса инерционных объектов с запаздыванием. Позволяя определить близкие к оптимальным значения параметров типовых промышленных регуляторов, этот метод положительно отличается от известных методик предельной простотой. Определенным недостатком обсуждаемого метода является, однако, отсутствие учета случайного характера возмущающих воздействий на объект управления. В данной работе делается попытка преодолеть данный недостаток.

Компенсационный метод настройки параметров типовых регуляторов опирается на широко используемую в автоматике идею динамической компенсации. Суть метода состоит в расчете таких параметров настройки регулятора, которые обеспечивают идентичность поведения замкнутой системы определенному эталонному образцу.

В системе управления с отрицательной обратной связью выходная переменная $y(t)$ связана с задающим воздействием $y^*(t)$ и приведенным к выходу возмущающим воздействием $n(t)$ известным соотношением

$$y = H_{замк}(p)n + (1 - H_{замк}(p))y^*, \tag{1}$$

где передаточная функция замкнутой системы $H_{замк}(p)$ выражается через передаточные функции объекта управления $H_{об}(p)$ и регулятора $H_{рег}(p)$ в виде

$$H_{замк}(p) = \frac{1}{1 + H_{об}(p)H_{рег}(p)}. \tag{2}$$

Отсюда можно заключить, что вид переходных процессов отработки возмущающих и задающих воздействий в замкнутой системе управления полностью определяется произведением передаточных функций объекта и регулятора. Следовательно, чтобы обеспечить заданное поведение некоторого управляемого объекта , идентичное поведению эталонного объекта $H_{об}^{эт}(p)$ при подаче на него управляющих воздействий от выбранного по тем или иным соображениям эталонного регулятора $H_{рег}^{эт}(p)$, достаточно рассчитать передаточную функцию регулятора по формуле

$$H_{рег}(p) = \frac{H_{об}^{эт}(p)H_{рег}^{эт}(p)}{H_{об}(p)}. \tag{3}$$

Рассмотрим инерционный объект с запаздыванием, динамика которого обычно моделируется передаточной функцией

$$H_{об}(p) = k\ \exp(-p\tau\ )/(T\ p + 1), \tag{4}$$

управляемый с помощью ПИ-регулятора с передаточной функцией

$$H_{рег}(p) = k_n + k_и / p, \tag{5}$$

и выберем для него в качестве эталонного поведение безынерционного объекта ($T = 0$) с единичным коэффициентом усиления $k = 1$ и с тем же запаздыванием τ, управляемого с помощью оптимально настроенного И-регулятора $(k_n = 0,\ k_u = k_u^{эт})$. Тогда из (3) получим настройки ПИ-регулятора (5) для объекта (4)

$$k_u = k_u^{эт} / k,\ k_n = k_u^{эт} T / k = k_u T. \qquad (6)$$

Таким образом исходная задача поиска двух настроек ПИ-регулятора сводится к более простой задаче оптимизации одного коэффициента $k_u^{эт}$ И-регулятора для безынерционного объекта с запаздыванием, функционирующего в условиях случайных возмущений.

В дальнейшем конкретизируем эту задачу, считая целью управления минимизацию дисперсии выходной переменной D_y. Минимизация дисперсии D_y по $k_u^{эт}$ может производиться двумя принципиально разными способами. Первый способ использует известное соотношение

$$D_y = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S_{nn}(i\varpi)}{\left|1 + H_{рег}(i\varpi) H_{об}(i\varpi)\right|^2} d\varpi. \qquad (7)$$

Примем (как это обычно делается в инженерных расчетах) модель спектральной плотности приведенных к выходу случайных возмущений в виде

$$S_{nn}(i\varpi) = 2 D_n T_k / [1 + (T_k \varpi)^2], \qquad (8)$$

чему соответствует убывающая по экспоненте корреляционная функция со временем спада корреляции T_k. Тогда можно показать, что

$$D_y = f(\tau k_u^{эт}, \tau / T_k), \qquad (9)$$

где значения функции f могут быть определены путем численных расчетов интеграла (7).

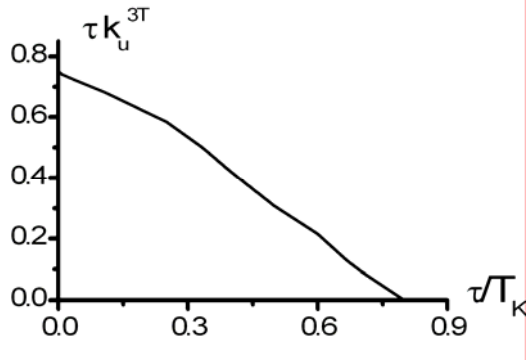

Рис. 1. Зависимость $k_u^{эт} \cdot \tau$ от τ / T_K

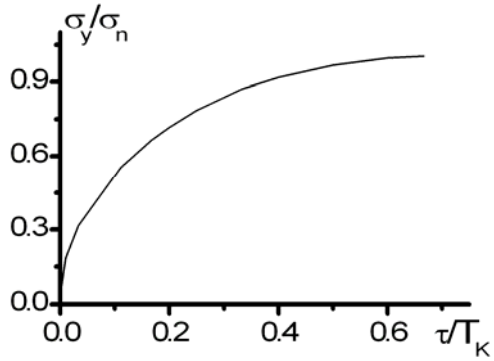

Рис. 2. Зависимость σ_y / σ_n от τ / T_K

В данной работе был применен другой способ, опирающийся на имитационное статистическое моделирование работы замкнутой эталонной системы управления в среде Simulink. В результате была получена зависимость (рис. 1), позволяющая определить оптимальное значение $k_u^{эт}$ при заданных значениях τ и T_k, а затем по формулам (6) – коэффициенты k_u и k_n ПИ-регулятора (5) для исходного инерционного объекта (4). На рис. 2 приведена зависимость отношения среднеквадратических отклонений выходной переменной и возмущений, позволяющая оценить качество управления.

Как показало моделирование, найденные настройки обеспечивают устойчивую работу систем и приемлемое качество управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кондрат А.М., Яковис Л.М. XXXII Неделя науки СПбГПУ: Материалы межвуз. научно-техн. конф., Ч.IV - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. С. 27-28.