

УДК 662.642:621.926.7

А.М.Кондрат (5 курс, каф. МиПУ), Л.М.Яковис, д.т.н., проф.

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ИНЕРЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Для широкого класса технологических объектов характерны явления инерционности и транспортного запаздывания. Данная работа посвящена проблеме настройки параметров алгоритмов управления для такого рода объектов применительно к наиболее широко используемым так называемым типовым законам регулирования.

В настоящее время существует большое количество методик [1] и программных продуктов [2] для исследования и синтеза управляемых динамических систем. Освоение этих универсальных методик и программ требует, однако, значительного времени и достаточно высокой квалификации. В силу сказанного актуальна задача создания простых расчетных схем и соответствующих программ, ориентированных на определенный класс управляемых процессов, которые позволили бы инженеру, задав параметры упрощенной модели объекта и указав один из общепринятых критериев оценки качества управления, быстро получить рекомендации по настройке выбранного им типа регулятора.

Применительно к классу инерционных объектов с запаздыванием данная задача может быть решена на основе применения предлагаемого в данной работе компенсационного метода настройки параметров типовых регуляторов. Он опирается на широко используемую в автоматике идею динамической компенсации [3]. Суть метода состоит в расчете таких параметров настройки регулятора, которые обеспечивают идентичность поведения замкнутой системы определенному эталонному образцу, который, в свою очередь, автоматически выбирается в зависимости от структуры модели объекта, заданного типа регулятора и заданного вида критерия оценки качества управления.

В системе управления с отрицательной обратной связью выходная переменная $x(t)$ связана с задающим воздействием $x^*(t)$ и приведенным к выходу возмущающим воздействием $n(t)$ известным соотношением [3]:

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

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

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

Отсюда можно заключить, что вид переходных процессов обработки 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 выбранного по тем или иным соображениям эталонного объекта $H_{\text{об}}^{\text{эм}}(p)$ при подаче на него управляющих воздействий от выбранного по тем или иным соображениям эталонного регулятора $H_{\text{рег}}^{\text{эм}}(p)$, достаточно рассчитать передаточную функцию регулятора по формуле:

$$H_{\text{рег}}(p) = \frac{H_{\text{об}}^{\text{эм}}(p)H_{\text{рег}}^{\text{эм}}(p)}{H_{\text{об}}(p)}.$$

В соответствии с рассмотренной схемой компенсационного метода получены соотношения для расчета параметров типовых регуляторов для трех распространенных структур систем управления, а именно:

1) инерционного объекта первого порядка с запаздыванием, управляемого пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором;

2) инерционного объекта первого порядка с запаздыванием, управляемого пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) регулятором;

3) астатического инерционного объекта с запаздыванием, полученного последовательным соединением объекта типа 1) с интегрирующим звеном, управляемого пропорционально-дифференциальным (ПД) регулятором.

При этом в качестве эталонной системы фигурирует безынерционный объект с чистым запаздыванием, управляемый интегральным (И) или ПИ-регуляторами. Все полученные соотношения приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ структуры	Объект $H_{об}(p)$	Тип регулятора	Эталонная система		Рекомендуемый регулятор $H_{рег}(p)$
			$H_{об}^{эм}(p)$	$H_{рег}^{эм}(p)$	
1)	$\frac{ke^{-p\tau}}{Tp+1}$	ПИ	$e^{-p\tau}$	$\frac{k_u^{эм}}{p}$	$\frac{k_u^{эм}T}{k} + \frac{k_u^{эм}}{kp}$
2)	$\frac{ke^{-p\tau}}{Tp+1}$	ПИД	$e^{-p\tau}$	$k_n^{эм} + \frac{k_u^{эм}}{p}$	$\frac{k_u^{эм}T + k_n^{эм}}{k} + \frac{k_u^{эм}}{kp} + \frac{k_n^{эм}Tp}{k}$
3)	$\frac{ke^{-p\tau}}{p(Tp+1)}$	ПД	$e^{-p\tau}$	$\frac{k_u^{эм}}{p}$	$\frac{k_u^{эм}}{k} + \frac{k_u^{эм}p}{k}$

В свою очередь, чтобы определить численные значения коэффициентов $k_n^{эм}$ и $k_u^{эм}$, необходимые для расчета по формулам, приведенным в последнем столбце табл. 1, следует воспользоваться соответствующими данными табл. 2, полученными путем поисковой минимизации трех употребительных критериев качества управления при имитации соответствующих эталонных систем в программной среде MATLAB–SIMULINK.

Таблица 2

Тип критерия качества управления	№ структуры	Коэффициенты эталонного регулятора	
		$k_n^{эм}$	$k_u^{эм}$
Время переходного процесса при ступенчатых воздействиях	1)	—	0.507/τ
	2)	0.281	0.743/τ
	3)	—	0.507/τ
Интегральный квадратичный показатель	1)	—	0.739/τ
	2)	0.453	0.796/τ
	3)	—	0.739/τ
Интегральный модульный показатель	1)	—	0.589/τ
	2)	0.328	0.751/τ
	3)	—	0.589/τ

Изложенный метод в сочетании с разработанными программами даёт возможности быстрого расчёта параметров типовых регуляторов, причем найденные настройки обеспечивают устойчивую работу систем и приемлемое качество управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. М.: Машиностроение, 1974.
2. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001.
3. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986.