С.С. Свістельник, ст. викл.
А.Г. Ткачук, к.т.н., ст. викл.
В.С. Тихоступ, студ., гр. АТ-19, V курс, ФІКТ
Житомирський державний технологічний університет

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАННЯ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ БЕЗ ЧАСОВОЇ ЗАТРИМКИ

Всі види автоматичного налаштування представляють три принципово важливих етапи: ідентифікація об'єкта керування (ОК), розрахунок параметрів регулятора, більш точне налаштування регулятора.

Для одержання якісного регулювання необхідна наявність інформації про динамічну поведінку ОК. Незважаючи на різноманітність іі складність реальних ОК, при синтезі параметрів ПІД-регулятора використовуються, як правило, тільки дві структури математичних моделей ОК: модель першого порядку із затримкою; модель другого порядку із затримкою.

Основною причиною, яка обмежує застосування більш складних моделей є неможливість або трудомісткість аналітичного вирішення системи рівнянь, що описують регулятор з моделлю ОК високого порядку. Виходячи з цього, задача розробки методу розрахунку параметрів регулятора для керування ОК високого порядку без часової затримки, як статичними так й астатичними, є актуальною інженерною проблемою.

Майже будь-який статичний об'єкт керування можна описати передатною функцією виду:

$$W_{OK}(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}, \tag{1}$$

де T_1 та T_2 – постійні часу ОК, K – коефіцієнт передачі ОК.

Якщо динамічні властивості ОК описуються диференційними рівняннями більш високого порядку, втому числі мають часову затримку, за його розгінною характеристикою з великою точністю можна отримати передатну функцію (1), необхідну для подальшого розрахунку параметрів налаштування регулятора за наведеним методом, після чого використовувати отримані результати при керуванні реальним ОК.

Метою даного методу є вибір структури та параметрів налаштування регулятора, який перетворить замкнутий контур системи у інерційну ланку першого порядку з бажаною постійною часу $T_Б$, та коефіцієнтом передачі, що дорівнює одиниці:

$$W_K(s) = \frac{1}{T_Б s + 1}, \tag{2}$$

Для визначення структури регулятора, необхідно прирівняти вираз для передатної функції замкненої системи до виразу (2):

$$\frac{W_{рег}(s) \cdot W_{OK}(s)}{1 + W_{рег}(s) \cdot W_{OK}(s)} = W_K(s). \tag{3}$$

З рівняння (3), з урахуванням виразів (1) та (2) отримаємо передатну функцію регулятора:

$$W_{рег}(s) = \frac{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1}{K T_Б s}. \tag{4}$$

Після поділу у виразі (4) поліному чисельника на поліном знаменника, складові отриманого ряду співпадають з математичним описом ідеального ПІД-регулятора:

$$W_{рег}(s) = T_Д s + K_П + \frac{K_І}{s}, \tag{5}$$

де диференційна складова має вигляд:

$$T_Д = \frac{T_1 T_2}{K T_Б}; \tag{6}$$

пропорційна –

$$K_П = \frac{(T_1 + T_2)}{K T_Б}; \tag{7}$$

інтегруюча –

$$K_І = \frac{1}{K T_Б}. \tag{7}$$

Стосовно вибору постійної часу $T_Б$, яка впливає на час перехідного процесу у системі, то вона повинна бути не набагато менша за максимальну постійну часу, що описує динамівку ОК, так як математично це призведе до збільшення значень параметрів налаштування регулятора, але фактично не зможе прискорити протікання процесів у системі завдяки наявним фізичним обмеженням елементів, що входять до її складу.

Розвиток методу, дав можливість отримати параметри налаштування регулятора для керування астатичним об’єктом третього порядку з передатною функцією виду:

$$W_{OK}(s) = \frac{K}{s(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}. \tag{8}$$

Розрахунок параметрів налаштування регулятора при цьому є наближеним, але дозволяє отримати якісні характеристики. Збільшення порядку ОК, а саме наявність астатизму, призвело до необхідності збільшити порядок передатної функції, що описує замкнутий контур, тобто представити його у вигляді інерційної ланки другого порядку з бажаною постійною часу $T_{Б}$, та коефіцієнтом передачі, що дорівнює одиниці:

$$W_K(s) = \frac{1}{T_{Б}^2 s^2 + 2T_{Б}\xi s + 1}, \tag{9}$$

де ξ – коефіцієнт загасання можливих коливань, який для забезпечення плавного перехідного процесу, близького до монотонного, повинен бути більшим за одиницю.

Після проведення перетворень, що є аналогічними приведеним у виразах (3)–(5), параметри налаштування регулятора будуть мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} T_{Д} &= \frac{T_1 T_2}{K T_{Б}^2}; \\ K_{П} &= \frac{(T_1 + T_2)\cdot T_{Б} - 2\xi T_1 T_2}{K T_{Б}^3}; \\ K_{I} &= \frac{T_{Б}^2 - 2\xi\cdot\left[(T_1 + T_2)\cdot T_{Б} - 2\xi T_1 T_2\right]}{K T_{Б}^4}. \end{aligned} \tag{10}$$

На швидкість протікання процесів у системі впливає загальний коефіцієнт підсилення, який в свою чергу включає пропорційну складову регулятора, що розглядається.

З (10) випливає, що при $T_{Б} = \dfrac{2\xi T_1 T_2}{(T_1 + T_2)}$ пропорційна складова $K_{П}$ зникає, що призведе до затягування процесу керування в цілому. Максимальне ж значення $K_{П}$ буде спостерігатися при:

$$T_{Б} = \frac{3\xi T_1 T_2}{(T_1 + T_2)}. \tag{11}$$

Аналіз інтегруючої складової K_{I} параметрів налаштування регулятора (10) з урахуванням рекомендацій щодо визначення величини $T_{Б}$ за виразом (11), показує, що у даному випадку вона буде мати від’ємне значення. Для отримання додатного значення K_{I}, постійна часу $T_{Б}$ повинна бути на порядок більше зазначеного, що також призведе до затягування процесу керування. Тому для керування астатичним об’єктом третього порядку з порядком астатизму, що дорівнює одиниці, доцільно вилучити інтегральну складову, тобто використовувати пропорційно-диференціальний закон керування.