

Ковела І.М., к.т.н., доцент, Національний університет “Львівська політехніка”
 Іванюк О.О., к.т.н., Національний університет “Львівська політехніка”
 Вітер О.С., к.т.н., доцент, Національний університет “Львівська політехніка”
 Влах-Вигриновська Г.І., к.т.н., доцент, Національний університет “Львівська політехніка”

ВИБІР СТРАТЕГІЇ ПІД-РЕГУЛЮВАННЯ

Анотація. Подаються результати синтезу та порівняльної оцінки систем різної структури на основі класичного і паралельного реальних дискретних ПІД-регуляторів.

Ключові слова: дискретні алгоритми, структура систем, синтез, корекція.

ПІД-регулятори є найбільш поширеними засобами систем автоматичного регулювання промислових об'єктів [1-3]. При цьому реально застосовуються ПІД-алгоритми, які відзначаються великою різноманітністю. Основними функціями ПІД-регуляторів є формування пропорційної, інтегральної та диференціальної складових алгоритму, які можуть об'єднуватися по-різному, реалізуючи відповідні структури систем. Отже необхідним стає вибір структури системи. Ця задача розв'язується зазвичай на основі досвіду та аналізу властивостей алгоритму і важко піддається формалізації. Відомі нечисленні спроби, наприклад [1], розв'язати цю задачу на основі характеристик об'єкта при найбільш загальному підході, що характеризується суттєвою невизначеністю. Таким чином проблема залишається актуальною.

Для розв'язання задачі синтезу найважливішим є поділ ПІД-регуляторів на ідеалізовані та реальні і на регулятори зі змішаною структурою, в яких коефіцієнт підсилення входить у всі складові алгоритму, та регулятори з паралельною структурою, в яких усі складові алгоритму формуються цілком незалежно. Більшістю авторів ці регулятори класифікуються, як класичний і паралельний відповідно. Слід зазначити, що системи на основі паралельних регуляторів, незважаючи на досить широке їх застосування, досліджені недостатньо [4].

Дискретні класичний і паралельний реальні ПІД-регулятори при дискретизації інтегральної складової за оберненим методом Ейлера, а диференціальної – за методом трапецій (після її спрощення) описуються відповідно передавальними функціями [3]:

$$W_{pid}(z) = K_p \left(1 + \frac{T_0}{T_i} \frac{z}{z-1} + \frac{2T_d N(z-1)}{(2T_d + T_0 N)z - (2T_d - T_0 N)} \right) = W_{pr}(z) + W_i(z) + W_d(z) \quad (1)$$

$$W_{pid}(z) = K_p + \frac{T_0}{T_i} \frac{z}{z-1} + \frac{2T_d N(z-1)}{(2T_d + T_0 N)z - (2T_d - T_0 N)} = W_{pr}(z) + W_i(z) + W_d(z), \quad (2)$$

де K_p , T_i , T_d – коефіцієнт підсилення і сталі часу інтегрування та диференціювання; T_0 – період дискретності; $W_{pr}(z)$, $W_i(z)$, $W_d(z)$ – пропорційна, інтегральна та диференціальна складові алгоритмів, зміст яких очевидний з виразів (1), (2); N – сталий коефіцієнт ($N = 2 \dots 20$).

В регуляторі з паралельною структурою при будь-якій модифікації параметрів настроювання змінюються не тільки підсилення, але й точки зламу його асимптотичних ЛАЧХ, тобто різні частоти будуть підсилюватися по-різному. Реалізація дискретних ПІД-регуляторів з паралельною структурою передбачена в алгоритмічному забезпеченні контролерів більшості провідних виробників, а крім того й в Simulink (Matlab).

Для досліджень був прийнятий об'єкт з $W_o(s) = K_o e^{-\tau s} / (Ts+1)^2$ моделлю, де τ – запізнення, T – стала часу, а також одноконтурна система з еквівалентним дискретному неперервним ПІД-регулятором в режимі послідовної корекції (рис. 1). Синтез систем на основі ПІД-регулятора, був виконаний за методом багатокритеріальної параметричної оптимізації, що реалізується на основі характеристичного рівняння замкненої системи, яке з урахуванням специфіки розрахунку систем з дискретними регуляторами [3] описується виразом:

$$\Delta(s) = 1 + W_p(m, s)W_o(m, s) = 1 + W_{pide}(m, s)W_o(m, s) = 0, \quad (3)$$

де m – кореневий показник коливності [3].

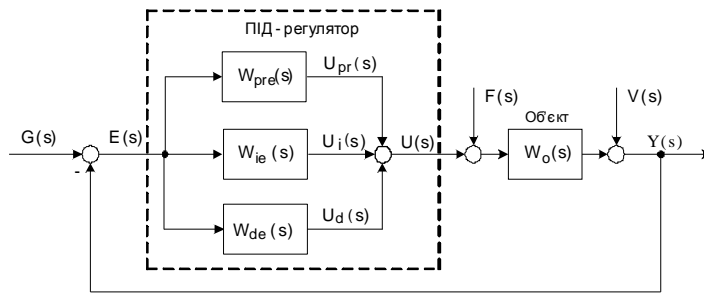


Рис. 1. Структура еквівалентної цифрової неперервної системи з ПІД-регулятором, як послідовним коригуючим пристроєм

Рівняння (3) однакове для будь-яких способів вмикання регулятора в систему. Тому при одних і тих же параметрах однаковими є і процеси компенсації збурень, а процеси відпрацювання завдання відрізняються. В обох випадках характеристики процесів залежать тільки від структури регулятора та його параметрів, як це показано на рис. 2.

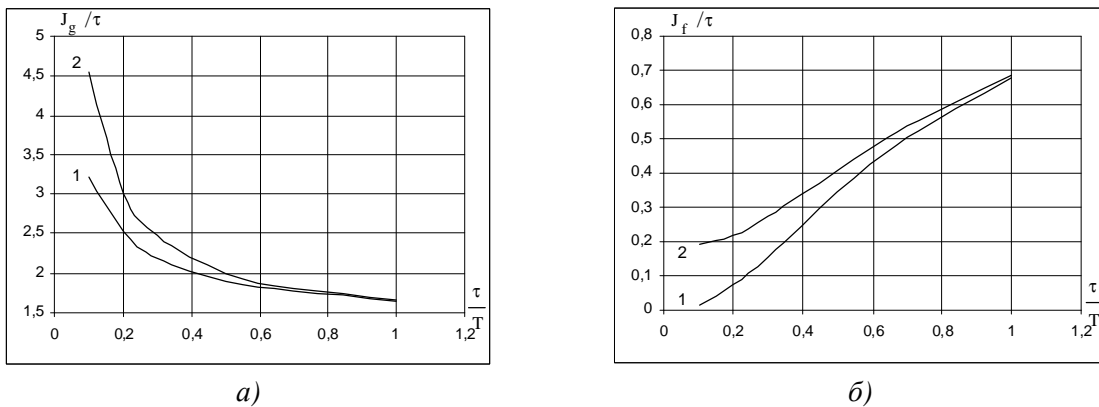


Рис. 2. Характеристики систем з послідовною корекцією на основі реальних цифрових класичного (1) та паралельного (2) ПІД-регуляторів: J_g/τ , J_f/τ – відносні інтегральні квадратичні оцінки якості процесів за завданням та збуренням

Як видно з рис. 2, регулятор паралельної структури за динамічною точністю суттєво гірше, ніж класичний регулятор, відпрацьовує і процеси зміни завдання і компенсації збурення, особливо при малих значеннях τ/T об'єкта. При цьому точність компенсації збурень, які для систем стабілізації є основними, в системах з класичним регулятором і малій інерційності об'єкта приблизно в три рази вища, ніж при застосуванні паралельного регулятора. Отже використання регулятора паралельної структури, лише з огляду на динамічну точність недоцільне. Аналогічні результати були отримані й для систем з від'ємними зворотними зв'язками – (ПІ-Д.) та (І-ПІД). Найгіршою динамічною точністю характеризується система на основі (І-ПІД)-алгоритму, однак в ній найвищою мірою проявляються усі відомі переваги, властиві паралельній корекції.

Загалом результати досліджень отримані в узагальненій формі, що в багатьох випадках дає можливість досить обґрунтовано визначитися при виборі стратегії ПІД-регулювання.

Література

1. D. Xue, Yang Quan Chen, D. P. Atherton. Linear Feedback Control. Analysis and Design with MATLAB. Society for industrial and Applied Mathematics Philadelphia, 2007.
2. Ковела І.М., Древецький В.В., Ковела С.І. Комп'ютеризовані системи керування. Монографія.- Рівне: Овід, 2017.- 672.
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления.-М.: Издательский дом МЭИ, 2008.-396 с.
4. Голінко І.М. Оптимізація цифрових систем керування із ПІ-Д- та І-ПІД-регуляторами // Наукові вісті НТУУ "КПІ".- 2012. - №2.- С. 50-58.