

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКРЕТНОГО РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЩОДО ГРАНИЧНОГО ТАКТУ КВАНТУВАННЯ

Приймак Б.І., доц., к.т.н., Горбатовський А.О., Кучеренко В.В., студенти кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Замкнуті за положенням системи автоматичного регулювання (САР) в наш час використовуються у роботах, металообробних верстатах, прокатних станах, телескопах тощо. Часто ці системи будуються за принципом підпорядкованого керування. Для такого класу систем синтезовано модифікований регулятор положення (МРП), який має певні переваги перед традиційним регулятором [1].

На сьогодні реалізація законів керування зазвичай здійснюється на мікропроцесорній елементній базі, для чого слід визначити дискретну передатну функцію (ДПФ) регулятора. Але, оскільки існує декілька способів отримання ДПФ, слід вибрати найбільш раціональний варіант на основі певних показників. До таких показників відноситься граничне для стійкості замкнутої системи значення такту квантування.

У цій статті виконано дослідження щодо граничного такту квантування трьох варіантів дискретного МРП, що отримані із застосуванням методів z-перетворення, Боксера-Талера і Тастіна.

Мета роботи. Метою даної праці є дослідження трьох варіантів дискретного модифікованого регулятора положення щодо граничного в сенсі втрати стійкості замкнутої САР значення такту квантування.

Матеріал дослідження. Структурна схема дискретної САР положення ЕП зображена на рис.1, де ω, φ – швидкість та положення привода; ω^*, φ^* – завдання швидкості та положення відповідно; T_0 – такт квантування;

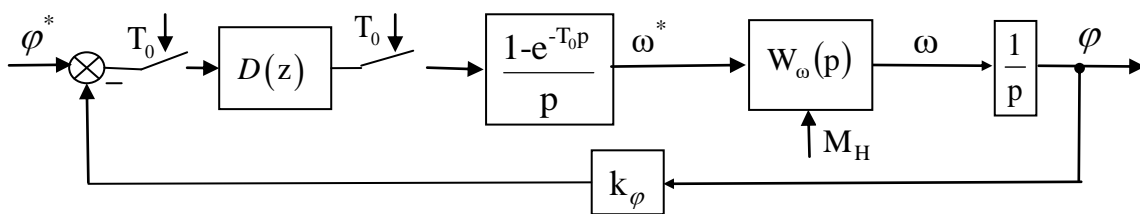


Рисунок 1 – Структура дискретної САР положення ЕП

M_H – момент навантаження двигуна; $W_\omega(p)$ – ПФ замкнутого контуру швидкості; $D(z)$ – ДПФ регулятора положення; k_φ – коефіцієнт передачі давача положення; $p = d/dt$; $z = e^{pT_0}$. Згідно з [1], МРП описується як

$$W_r(p) = k_r (16T_\mu^2 p^2 + 4T_\mu p + 1) / (8T_\mu p + 1) (bT_\mu p + 1), \quad (1)$$

де $k_r = k_\omega / 8T_\mu k_\varphi$ – коефіцієнт передачі регулятора, k_ω – коефіцієнт передачі давача швидкості; T_μ – мала некомпенсована стала часу у контурі струму.

Параметр b визначає міру відмінності між ідеальним та фізично реалізованим регулятором, і вибирається як $0.1 \leq b \leq 1.2$.

Визначимо ДПФ регулятора положення на основі z -перетворення з врахуванням екстраполятора нульового порядку за виразом

$$D(z) = (z-1)z^{-1} \cdot Z\{F(p)\}, \quad (2)$$

де $F(p) = W_r(p)/p$; $Z\{\cdot\}$ – операція z -перетворення. У підсумку маємо

$$D(z) = k_r (b_0 z^2 + b_1 z + b_2) / (a_0 z^2 + a_1 z + a_2), \quad (3)$$

$$b_0 = 2/b; b_1 = \left[-16 + 10b - b^2 - d_1(16 + 4b) - d_2(2b - b^2) \right] / (8b - b^2); a_2 = d_1 d_2; a_1 = -d_1 - d_2;$$

$$a_0 = 1; b_2 = \left[(8b - b^2) d_1 d_2 + (16 - 4b + b^2) d_1 - 6b d_2 \right] / (8b - b^2); d_1 = e^{-T_0/8T_\mu}; d_2 = e^{-T_0/bT_\mu}.$$

ДПФ регулятора за методом Боксера-Талера [2] відповідатиме (3), де

$$b_0 = 192 \cdot T_\mu^2 + T_0^2 + 24 \cdot T_0 \cdot T_\mu; \quad b_1 = 10 \cdot T_0^2 - 384 \cdot T_\mu^2; \quad b_2 = 192 \cdot T_\mu^2 + T_0^2 - 24 \cdot T_\mu \cdot T_0;$$

$$a_0 = 96 \cdot b \cdot T_\mu^2 + 48 \cdot T_\mu \cdot T_0 + 6 \cdot b \cdot T_\mu \cdot T_0 + T_0^2; \quad a_1 = 10 \cdot T_0^2 - 192 \cdot b \cdot T_\mu^2;$$

$$a_2 = 96 \cdot b \cdot T_\mu^2 + T_0^2 - 48 \cdot T_0 \cdot T_\mu - 6 \cdot b \cdot T_\mu \cdot T_0.$$

Згідно з методом Тастіна [2], замінивши в (1) $p = 2(z-1)/T_0(z+1)$,

матимемо ДПФ регулятора. Вона ідентична (3), але її коефіцієнти дорівнюють

$$b_0 = T_0^2 + 8T_0 T_\mu + 64T_\mu^2; \quad b_1 = 2T_0^2 - 128T_\mu^2; \quad b_2 = T_0^2 - 8T_0 T_\mu + 64T_\mu^2;$$

$$a_0 = T_0^2 + 2(8+b)T_0 T_\mu + 32bT_\mu^2; \quad a_1 = 2T_0^2 - 64bT_\mu^2; \quad a_2 = T_0^2 - 2(8+b)T_0 T_\mu + 32bT_\mu^2.$$

Дослідимо чисельним способом залежність граничного такту квантування $T_{0,гр}$ від параметру b регулятора, користуючись кореневим критерієм стійкості дискретної САР. При цьому використаємо описані вище три варіанти ДПФ регулятора. Отримані результати у нормованому вигляді подані в табл.1.

Таблиця 1 – Залежності $T_{0,гр}/T_\mu = f(b)$ для 3-х ДПФ регулятора положення

b	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2
Метод z -перетворення	1.1	2	2.7	3.4	4.07	5.2
Метод Боксера-Талера	2.36	4.22	5.44	6.34	7.06	7.94
Метод Тастіна	11.2	11.8	12.3	12.8	13.3	14.1

Висновки. Отримано залежності граничного такту квантування від параметру b МРП при визначенні його ДПФ за методами z -перетворення, Боксера-Талера і Тастіна. Встановлено, що $T_{0,гр}$ для 3-го методу в 1.7-4.7 разів більший ніж для 2-го та в 2.7-10 разів більший ніж для 1-го методу.

Перелік посилань

1. Приймак Б.І., Гаман Ю.С. Дискретний регулятор положення електропривода з підпорядкованою структурою // Збірник наук. праць VIII Всеукр. н.-т. конф. молодих уч. та спец. "ЕСМО-2010", – Кременчук, КДУ. – 2010. – С. 269-270.
2. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.