

УМОВА МОНОТОННОЇ РЕАКЦІЇ НА ЗАВДАННЯ В СИСТЕМІ З МОДИФІКОВАНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ПОЛОЖЕННЯ

Приймак Б.І., ст. викладач, к.т.н, Токарчук В.В., студент

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Відомо, що у таких застосуваннях як промислові роботи чи металообробні верстати від систем автоматичного регулювання (САР) положення поряд з достатньо високою швидкістю та точністю регулювання вимагається забезпечити відсутність перерегулювання при відпрацюванні завдання. Для лінійної зони, очевидно, останнє буде досягнуто при монотонній перехідній функції САР за завданням.

На сьогодні електромеханічні системи (ЕМС) регулювання положення часто будуються за принципом підпорядкованого керування. При цьому в комплектних електроприводах високої якості зазвичай контур швидкості налаштовується на симетричний оптимум (СО), а підпорядкований йому контур регулювання струму – на модульний оптимум (МО) [1, 2]. Для таких систем в [3] представлено процедуру синтезу модифікованого регулятора положення (МРП), який, на відміну від налаштованого на МО традиційного регулятора, дозволяє поліпшити динамічні та точнісні показники САР. Проте перехідні функції САР з такими регуляторами мають перерегулювання, хоч і невелике.

У цій праці метою є виявлення умов отримання монотонної перехідної функції за завданням в САР положення з МРП.

Узагальнена структура САР положення ЕМС представлена на рис.1, де ω , φ – кутові або лінійні швидкість та положення ЕМС; ω^* , φ^* – завдання швидкості та положення відповідно; ε – помилка системи; M_H – момент навантаження двигуна; $W_\omega(p)$ – передавальна функція (ПФ) замкненого контуру регулювання швидкості; $W_{reg}(p)$ – ПФ регулятора положення; k_φ – коефіцієнт передачі давача положення. Якщо контур струму налаштувати на МО, а контур швидкості – на СО, то, згідно з [1], останній в замкненому стані можна описати ПФ

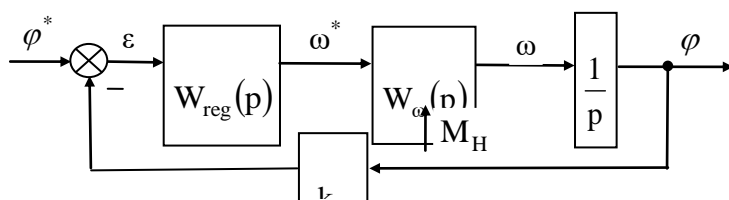


Рис.1 Структура САР положення ЕМС

швидкості та положення відповідно; ε – помилка системи; M_H – момент навантаження двигуна; $W_\omega(p)$ – передавальна функція (ПФ) замкненого контуру регулювання швидкості; $W_{reg}(p)$ – ПФ регулятора положення; k_φ – коефіцієнт передачі давача положення. Якщо контур струму налаштувати на МО, а контур швидкості – на СО, то, згідно з [1], останній в замкненому стані можна описати ПФ

$$W_\omega(p) = k_\omega^{-1} (8T_\mu p + 1) / (64T_\mu^3 p^3 + 32T_\mu^2 p^2 + 8T_\mu p + 1), \quad (1)$$

де T_μ – мала некомпенсована стала часу у контурі струму; k_ω – коефіцієнт передачі давача швидкості. На основі [3] для МРП можна записати ПФ як

$$W_{reg}(p) = K_{reg} d^{-1} B_{reg}(p) / A_{reg}(p), \quad (2)$$

де $K_{reg} = k_{\omega} / 8T_{\mu} k_{\varphi}$ – номінальний статичний коефіцієнт передачі регулятора;
 $A_{reg}(p) = 8bT_{\mu}^2 p^2 + (8+b)T_{\mu} p + 1$; $B_{reg}(p) = 16T_{\mu}^2 p^2 + 4T_{\mu} p + 1$; b – відшукуваний при синтезі параметр, що задає ступінь відповідності між ідеальним та реальним варіантами регулятора і вибирається в межах $0,1 \leq b \leq 1,2$; d – деяке число $d > 0$, що буде змінюваним параметром при наступному дослідженні.

Для регулятора (2) з використанням (1) знайдемо ПФ замкненої САР, схема якої зображена на рис.1, у вигляді

$$W_{\varphi}(p) = k_{\varphi}^{-1} / (32dbT_{\mu}^3 p^3 + 8d(4+b)T_{\mu}^2 p^2 + 8dT_{\mu} p + 1). \quad (3)$$

Знаменник ПФ (3) є характеристичним поліномом замкненої системи. Оскільки поліном має 3-й степінь, то для дослідження САР можна застосувати розширену діаграму Вишнеградського [2]. Ця діаграма дозволяє виявити зони параметрів системи, де забезпечується потрібний характер перехідних процесів. Тут варто зазначити, що даний метод стосується власного руху системи, яким є відпрацювання нею ненульових початкових умов. Поряд з цим на характер вимушеного руху САР за зовнішньою дією можуть впливати і її нулі, якими є корені чисельника ПФ за цією дією. В нашій задачі йдеться саме про вимушений рух при відпрацюванні завдання. Проте, завдяки відсутності в ПФ (3) нулів, цей вимушений рух матиме характер вільного руху САР. Звідси ясно, що потрібна нам монотонність перехідної функції системи за завданням буде отримана при монотонному чи аперіодичному характері її власного руху.

Із знаменника ПФ (3) отримаємо перетворене характеристичне рівняння $p^3 + C_1 p^2 + C_2 p + C_3 = 0$, де $C_1 = (4+b) / 4bT_{\mu}$; $C_2 = 1 / 4bT_{\mu}^2$; $C_3 = 1 / 32dbT_{\mu}^3$. Параметри Вишнеградського X та Y визначатимуться як $X = C_1 / \sqrt[3]{C_3}$; $Y = C_2 / \sqrt[3]{C_3^2}$. Розкриваючи ці вирази маємо

$$X = (4+b) \sqrt[3]{4db} / 2b; \quad Y = \sqrt[3]{(4db)^2} / b. \quad (4)$$

У площині $X - Y$ на рис.2 побудована діаграма зон параметрів САР положення. На цьому рисунку крива 1 є гіперболою Вишнеградського, що описується рівнянням $XY = 1$. Ця крива поділяє всю площину на зони I–III, де система стійка ($XY > 1$), та на зону IV, де система нестійка ($XY < 1$). Кривою 2 виокремлюється зона II, що є зоною монотонних перехідних процесів в САР. У зоні III процеси коливальні. А в зоні I, що обмежується кривими 2 та 3, перехідні процеси в САР аперіодичні. Крива 3 описується рівнянням

$$4(X^3 + Y^3) - 18XY - X^2 Y^2 + 27 = 0. \quad (5)$$

Підставляючи в (5) вирази (4), отримаємо рівняння для визначення критичного (мінімально можливого) значення d_0 параметра d

$$d_0^2 [128b - 8(4+b)^2] + d_0 [4(4+b)^3 - 72b(4+b)] + 54b^2 = 0. \quad (6)$$

На рис.3 побудована крива $d_0 = f(b)$, що отримана розв'язуванням (6) для $b \in [0,2, 1,2]$. Застосувавши метод поліноміальної апроксимації до цієї кривої,

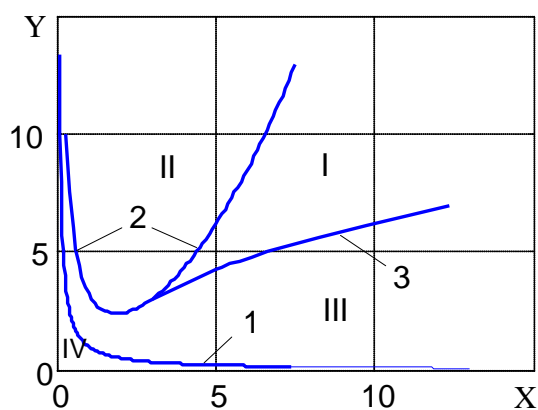


Рис.2 Діаграма зон параметрів САР

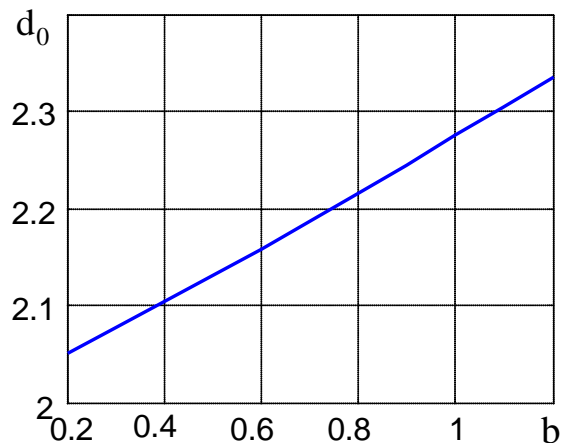


Рис.3 Залежність $d_0 = f(b)$

одержано її аналітичний опис

$$d_0 = 0,025b^2 + 0,25b + 2. \quad (7)$$

Рівність $d = d_0$ відповідатиме кривій 3 на рис. 2, що є межею зон I та III. Тому рекомендується вибирати $d = d_0 + \Delta d$, де $\Delta d > 0$ має бути не дуже малим, щоб при варіаціях параметрів САР не потрапити в зону III, але і не завеликим, щоб не надто знизити швидкодію та добротність за швидкістю системи.

Отже ми отримали умову забезпечення відсутності перерегулювання в перехідній функції САР положення ЕМС з МРП. Ця умова полягає у тому, що визначений при синтезі системи номінальний статичний коефіцієнт передачі регулятора K_{reg} слід зменшити в $d \geq d_0$ раз, де d_0 визначається за графіком на рис.3 або за виразом (7) як функція параметра b регулятора.

Література

3. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : учебник для вузов / О.П. Михайлов. – М. : Машиностроение, 1990. – 304 с.
4. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування : підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. / М.Г.Попович, О.В. Ковальчук.– К. : Либідь, 2007.– 656 с.
5. Приймак Б.І. Модифікований регулятор положення для електроприводів підпорядкованої структури з типовим налаштуванням контурів / Б.І. Приймак, М.П. Малько // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – 2008. – № 1 (19). – С. 70-73.