

ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З МОДИФІКОВАНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО КОМПЕНСУВАННЯ ЗБУРЕННЯ

Приймак Б.І., ст. викладач, к.т.н., Савченко С.В., студент
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Електромеханічні системи (ЕМС) керування положенням на сьогодні мають широке застосування у промисловості. Зокрема такі системи використовуються у маніпуляторах, роботах, металообробних верстатах, прокатних станах, літаках, телескопах, антенах і т.п. [1]. Традиційно системи автоматичного регулювання (САР) положення будуються за принципом підпорядкованого керування. При цьому комплектний електропривод з контурами регулювання струму та швидкості, що налаштовані відповідно на модульний оптимум (МО) та симетричний оптимум (СО), доповнюється контуром керування положення з налаштуванням на МО [1]. Для такого класу систем в [2] синтезовано модифікований регулятор положення (МРП) та показано, що він, на відміну від традиційного регулятора положення (ТРП), дозволяє поліпшити динамічні та точнісні показники САР положення при відпрацюванні завдання.

У праці, що пропонується, продовжено дослідження ЕМС керування положенням з МРП для виявлення їх властивостей з компенсування основного збурення в САР, яким є момент навантаження електропривода.

Узагальнена структура САР положення ЕМС представлена на рис.1, де

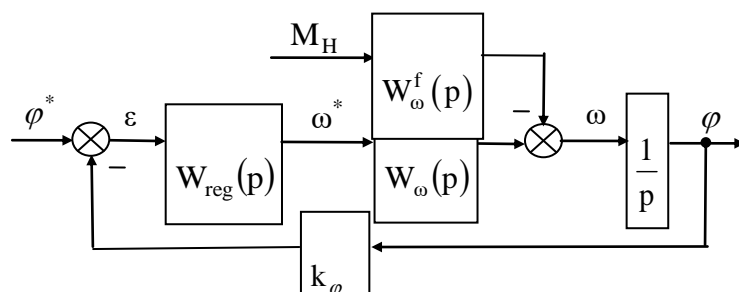


Рисунок 1 – Структура САР положення

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 контура регулювання швидкості;

$W_{reg}(p)$ – ПФ регулятора положення; $W_\omega^f(p)$ – ПФ контура швидкості за збуренням; $p = d/dt$; 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. При цьому ПФ контура швидкості за збуренням матиме вигляд [1]

$$W_{\omega}^f(p) = \frac{\omega(p)}{M_H(p)} = \frac{-(64T_{\mu}^3 p^2 + 32T_{\mu}^2 p)J^{-1}}{64T_{\mu}^3 p^3 + 32T_{\mu}^2 p^2 + 8T_{\mu} p + 1}. \quad (2)$$

За структурною схемою, що зображена на рис.1, отримаємо вираз для ПФ САР положення за моментом навантаження W_{φ}^f у вигляді

$$W_{\varphi}^f(p) = \frac{\varphi(p)}{M_H(p)} = \frac{W_{\omega}^f(p)p^{-1}}{1 + W_{reg}(p)W_{\omega}(p)k_{\varphi}p^{-1}}. \quad (3)$$

Згідно з [2] описом ТРП є ПФ (4), а МРП описується ПФ (5)

$$W_{reg}(p) = k_{\omega}k_{\varphi}^{-1}/16T_{\mu}(8T_{\mu}p + 1); \quad (4)$$

$$W_{reg}(p) = k_{\omega}(8T_{\mu}k_{\varphi})^{-1}(16T_{\mu}^2 p^2 + 4T_{\mu}p + 1)/(8bT_{\mu}^2 p^2 + (8+b)T_{\mu}p + 1), \quad (5)$$

де параметр $b > 0$ визначається при синтезі регулятора. Підставивши (1), (2) та (4) в (3), отримаємо для САР з ТРП її ПФ за збуренням у вигляді

$$W_{\varphi}^f(p) = \frac{-(1024T_{\mu}^4 p^2 + 512T_{\mu}^3 p)J^{-1}}{1024T_{\mu}^4 p^4 + 512T_{\mu}^3 p^3 + 128T_{\mu}^2 p^2 + 16T_{\mu} p + 1}, \quad (6)$$

а підставивши (1), (2) та (5) в (3), матимемо ПФ за збуренням САР з МРП як

$$W_{\varphi}^f = \frac{-256(2T_{\mu}^5 b p^3 + T_{\mu}^4 (b+2)p^2 + T_{\mu}^3 p)J^{-1}}{512T_{\mu}^5 b p^5 + 256T_{\mu}^4 (b+2)p^4 + 64T_{\mu}^3 (b+4)p^3 + 8T_{\mu}^2 (b+10)p^2 + 12T_{\mu} p + 1}. \quad (7)$$

Для визначення показників якості САР було проведено дослідження шляхом математичного моделювання. Ставилося за мету визначити такі показники якості перехідного процесу компенсування збурення як максимальне відхилення керованої змінної системи – $\Delta\varphi_{\max} = \max\{|\varphi(t)|\}$ та час компенсування збурення t_{κ} , що дорівнює інтервалу часу між моментами стрибкоподібної зміни M_H та входженням $\varphi(t)$ у зону $|\varphi(t)| \leq 0,05\Delta\varphi_{\max}$. На рис.2 зображено реакції САР з ПФ (6) та (7) на накид M_H від нуля до 100 Н·м в момент часу $t = 10T_{\mu}$ (криві 1 та 2 відповідно). При цьому в (6) та (7) було задано $T_{\mu} = 0,01$ с; $J = 1$ кг·м²; $b = 0,1$. За кривою 1 маємо максимальне відхилення положення $\Delta\varphi_{\max} = 0,315$ рад, а відносний час компенсування

збурення $t_{\underline{\kappa}} = 48,3$, де $t_{\underline{\kappa}} = t_{\kappa} / T_{\mu}$. За кривою 2 отримаємо максимальне

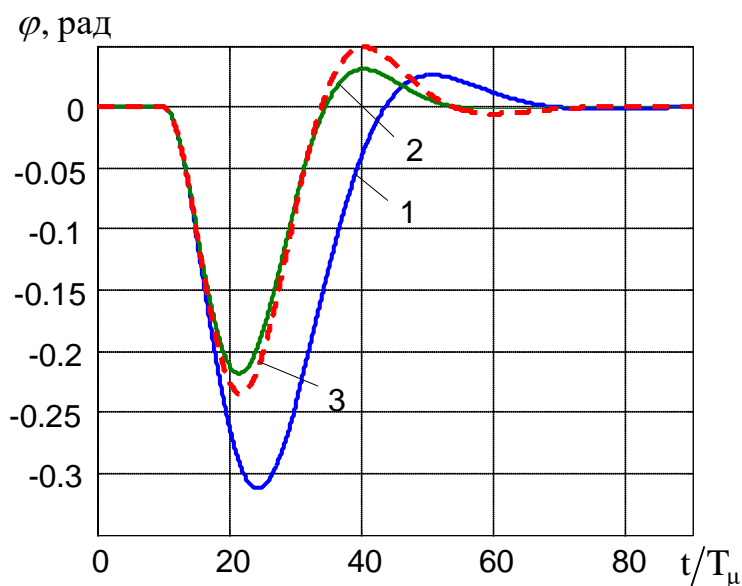


Рис.2 Процеси компенсування збурення

відхилення керованої змінної $\Delta\varphi_{\max} = 0,22 \text{ рад}$, а відносний час компенсування збурення $t_{\kappa} = 38,3$. Порівнюючи отримані показники якості, бачимо, що при застосуванні МКР зменшуються $\Delta\varphi_{\max}$ та t_{κ} . Це засвідчує поліпшення динамічної точності САР та її швидкодії при компенсуванні збурення. При цьому кількісно тут $\Delta\varphi_{\max}$ зменшується на 30%, а t_{κ} – на 20%. Крива 3 на рис.2 є реакцією САР з ПФ та (7) при $b = 1,2$. Порівняння кривих 2 та 3 показує їх достатню близькість при певному зростанні

амплітудних значень $\varphi(t)$ із збільшенням b .

Важливим показником точності САР з астатизмом 1-го порядку щодо зовнішньої дії є добротність за швидкістю, що кількісно рівна оберненій до помилки системи величині при відпрацюванні лінійно-змінюваної зовнішньої дії одиничної швидкості. Оскільки в САР, зображеній на рис.1, є інтегрувальна ланка, то добротність системи за швидкістю щодо завдання дорівнюватиме статичному коефіцієнту передачі розімкнутого контура положення. Стосовно збурення, то тут астатизм 1-го порядку в САР фізично забезпечується інтегральною компонентою регулятора швидкості. За рис.1 видно, що ПФ за збуренням для зведеної до виходу системи помилки $\varepsilon' = \varepsilon / k_{\varphi}$ буде

$W_{\varepsilon'}^f(p) = -W_{\varphi}^f(p)$. Добротність САР за швидкістю щодо збурення дорівнює

$K_v^f = \lim_{p \rightarrow 0} [p^{-1} W_{\varepsilon'}^f(p)]^{-1}$. Для САР з ПФ (6) та (7) матимемо $K_v^f = J / 512 T_{\mu}^3$ та

$K_v^f = J / 256 T_{\mu}^3$ відповідно. Тобто завдяки МРП K_v^f системи зростає вдвічі.

Отже зроблені вище дослідження дозволяють стверджувати, що застосування МРП в САР положення ЕМС поліпшує її динамічні та статичні показники при компенсуванні збурення.

Перелік посилань

1. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : учебник для вузов / О.П. Михайлов. – М. : Машиностроение, 1990. – 304 с.
2. Приймак Б.І. Синтез регулятора положення в електромеханічних системах підпорядкованого керування з типовим налаштуванням контурів / Б.І. Приймак, М.П. Малько // Тези доп. загальноунівер. н.-т. конф. молодих уч., асп. і студ. “Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики”. – Київ: “Політехніка”, 2007. – С. 36-38.