

АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ЩОДО ЗМІН МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ПРИВОДА

Бугайчук Б.В., Павленко В.І., студенти, Приймак Б.І., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Замкнуті за швидкістю системи частотного керування асинхронними двигунами в наш час широко застосовуються у промисловості. Їх властивості вивчені досить ґрунтовно [1, 2]. Проте тема параметричної чутливості таких систем автоматичного регулювання (САР) в літературі висвітлена ще не достатньо. Зокрема, потребує ширшого вивчення питання впливу на стійкість САР варіацій моменту інерції привода. Ця проблема характерна для багатьох механізмів, наприклад, маніпуляторів, роботів, верстатів і т.п. Тому подальші дослідження у даному напрямі є актуальними. Одне з них пропонується у цій статті.

Мета роботи – визначення меж стійкості системи автоматичного регулювання швидкості асинхронного двигуна зі стандартним налаштуванням регулятора на модульний оптимум щодо змін моменту інерції привода.

Матеріали і результати досліджень. Структура САР швидкості АД, що живиться від частотного перетворювача, зображена на рис. 1, де P – регулятор; ОК – об'єкт керування; ω , ω^* – швидкість привода (регульована величина) та її

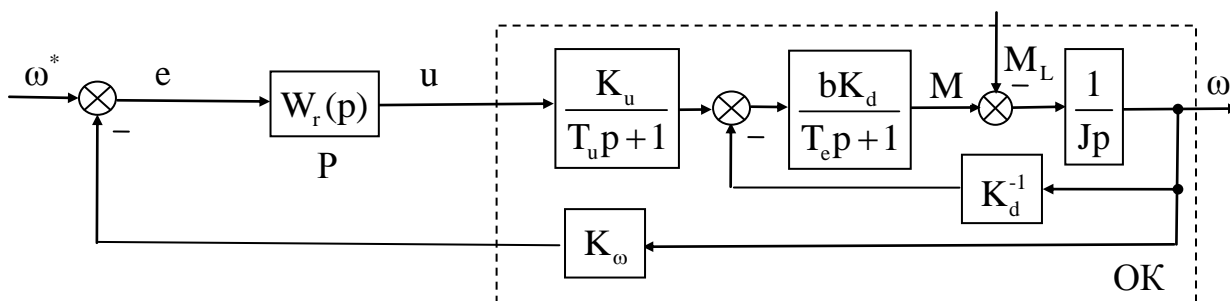


Рисунок 1 – Структурна схема САР швидкості АД

завдання; e , u – помилка регулювання та сигнал керування; M , M_L – електромагнітний момент та момент навантаження двигуна відповідно. До складу моделі ОК входять перетворювач частоти у вигляді аперіодичної ланки зі сталою часу T_u та коефіцієнтом передачі K_u , асинхронний короткозамкнений двигун у вигляді замкненого контура 2-го порядку, де T_e – електромагнітна стала часу, $J = \text{var}$ – поточний сумарний момент інерції привода, K_d – коефіцієнт передачі двигуна, та давач швидкості з коефіцієнтом передачі K_ω , b – коефіцієнт жорсткості механічної характеристики АД. Двигун має номінальні значення потужності, кількості обертів та момента на валу такі, як: $P_n = 2,2 \text{ кВт}$; $n_n = 2841 \text{ об/хв}$; $M_n = 7,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Номінальні значення параметрів моделі ОК подані в табл. 1.

Таблиця 1 – Номінальні значення параметрів ОК

Параметр	b	T_e	J	K_d	K_u	T_u	K_ω
Значення	$0,448 \frac{H \cdot m \cdot c}{рад}$	9,1 мс	0,0145 кг·м ²	6,28 рад	5,0	3 мс	$0,0318 \frac{B \cdot c}{рад}$

Для синтезу регулятора застосуємо налаштування системи на модульний оптимум [1]. На основі представленої на рис. 1 схеми, нескладно показати, що для такого налаштування САР слід застосувати пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор). Алгоритм функціонування ПІД-регулятора описується рівнянням

$$u(t) = K_r \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \dot{e}(t) \right]. \quad (1)$$

де K_r , T_i , T_d – коефіцієнт передачі, стала інтегрування та стала диференціювання регулятора відповідно. Виходячи з (1), передатна функція регулятора матиме вигляд

$$W_r(p) = \frac{K_r (T_i T_d p^2 + T_i p + 1)}{T_i p}. \quad (2)$$

Параметри ПІД-регулятора швидкості за налаштування системи на модульний оптимум будуть дорівнювати

$$K_r = \frac{T_m}{2T_u K_u K_d K_\omega}; \quad T_i = T_m; \quad T_d = T_e, \quad (3)$$

де $T_m = J^*/b$, $J^* = const$ – задане в налаштуванні САР номінальне значення моменту інерції приводу.

Перетворивши структуру на рис.1 до одноконтурної та визначивши передатну функцію САР за завданням, отримаємо характеристичне рівняння

$$H(p) = a_0 J p^3 + (a'_1 J + a''_1) p^2 + a_2 J p + a_3 = 0, \quad (4)$$

де $a_0 = 4.4322 \cdot 10^2$, $a'_1 = 7.5303 \cdot 10^1$, $a''_1 = 3.663 \cdot 10^4$, $a_2 = 1.9275 \cdot 10^4$, $a_3 = 8.8523 \cdot 10^4$. Рівняння (4) представимо у вигляді

$$H(p) = X(p) + JY(p) = 0. \quad (5)$$

На основі (5) та (4) запишемо вираз для досліджуваного параметра

$$J = -\frac{X(p)}{Y(p)} = -\frac{a_1''p^2 + a_3}{a_0p^3 + a_1'p^2 + a_2p}. \quad (6)$$

Зробивши у (6) підстановку $p = j\omega$, знайдемо комплексний вираз $J(j\omega) = A(\omega) + jB(\omega)$ та, змінюючи частоту в діапазоні $-\infty < \omega < \infty$, отримаємо криву D -розбиття [2], яка зображена на рис. 2. Збільшений фрагмент кривої D -розбиття за параметром J в околі нуля наведено на рис. 3.

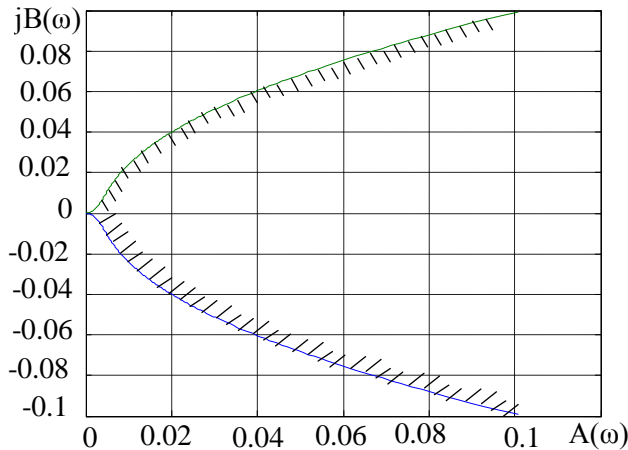


Рисунок 2 – Крива D -розбиття за параметром J

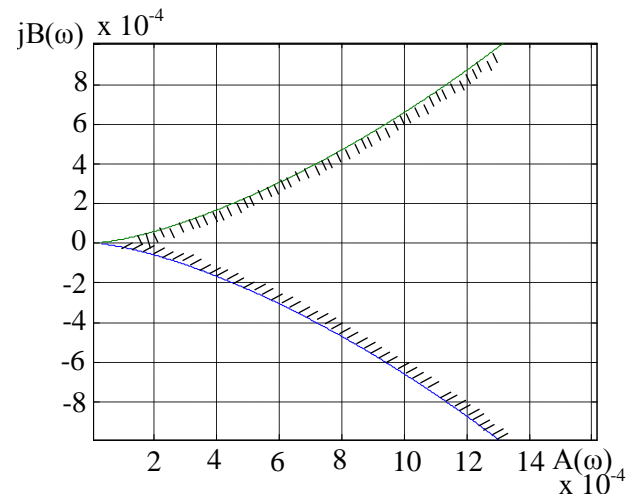


Рисунок 3 – Фрагмент кривої D -розбиття в околі нуля

Аналізуючи рис. 2 та рис. 3 бачимо, що у виділеній штрихуванням зоні стійкості можливим значенням параметра J відповідає вся дійсна додатна піввісь, де $J \in (0, \infty)$. Звідси можна зробити висновок, що досліджувана САР швидкості АД залишатиметься стійкою за будь-яких значень сумарного моменту інерції електроприводу.

Висновки. В статті проведено дослідження стійкості системи автоматичного регулювання швидкості асинхронного двигуна щодо змін сумарного моменту інерції привода за допомогою методу D -розбиття. Отримані результати дозволили встановити, що за будь-яких варіацій моменту інерції від номінального значення досліджувана система автоматичного регулювання не втрачає стійкості.

Перелік посилань

1. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: учебник для вузов / О.П. Михайлов. – М.: Машиностроение, 1990. – 304 с.
2. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: підруч. для студ. вищ. техн. навч. закл. / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.