

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ В МАГІСТРАЛЬНОМУ КОНВЕЄРІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ

Печеник М.В. к.т.н., доц., Бур'ян С.О. к.т.н., ст. викладач, Наумчук Л.М., магістрантка

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Застосування конвеєрних систем для транспортування сипучих і штучних матеріалів є досить ефективним з точки зору економічних затрат і об'ємів переміщених вантажів. При використанні магістральних конвеєрів з нерегульованим електроприводом коливання навантаження складає $0.2 \div 1.2$ номінального значення. В зв'язку з цим втрати в електродвигуні різко збільшуються, особливо при зменшенні навантаження [1]. Застосування замкнених систем регулювання за швидкістю дозволяє значно зменшити витрати, а використання оптимального регулятора напруги – суттєво підвищити коефіцієнт корисної дії електромеханічної системи.

Мета роботи. Дослідити енергетичні втрати в електроприводі конвеєрних систем при використанні енергоефективних режимів роботи механізмів безперервного транспорту.

Матеріали і результати досліджень. Функціональна схема електромеханічної системи автоматичного керування магістральним конвеєром, що дозволяє оцінити характер зміни втрат при варіаціях параметрів руху тягового органу, приведена на рис. 1.

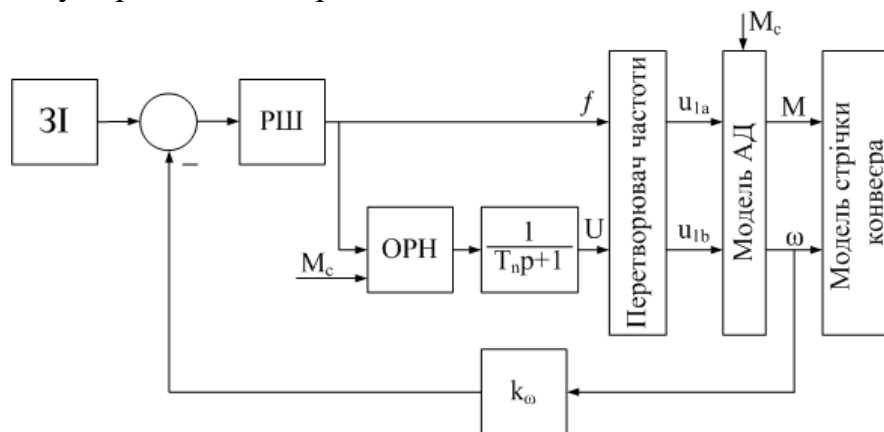


Рисунок 1 – Функціональна схема електромеханічної системи

На схемі прийнято наступні позначення: ЗІ – задатчик інтенсивності; РШ – регулятор швидкості; ОРН – оптимальний регулятор напруги.

Асинхронні двигуни описуються системою нелінійних диференціальних рівнянь в нерухомій системі координат статора a-b [2].

$$\begin{aligned}
 di_{1a} / dt &= -\gamma \cdot i_{1a} + \alpha \cdot \beta \cdot \psi_{2a} + \beta \cdot \omega \cdot p_n \cdot \psi_{2b} + u_{1a} / \sigma, \\
 di_{1b} / dt &= -\gamma \cdot i_{1b} + \alpha \cdot \beta \cdot \psi_{2b} - \beta \cdot \omega \cdot p_n \cdot \psi_{2a} + u_{1b} / \sigma, \\
 d\psi_{2a} / dt &= -\alpha \cdot \psi_{2a} - \omega \cdot p_n \cdot \psi_{2b} + \alpha \cdot L_m \cdot i_{1a}, \\
 d\psi_{2b} / dt &= -\alpha \cdot \psi_{2b} + \omega \cdot p_n \cdot \psi_{2a} + \alpha \cdot L_m \cdot i_{1b},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$M = 3L_m \cdot p_n (\psi_{2a} \cdot i_{1b} - \psi_{2b} \cdot i_{1a}) / 2L_2, \quad (2)$$

$$d\omega / dt = (M - M_{AB}) / J,$$

де $(i_{1a}, i_{1b})^T$, $(u_{1a}, u_{1b})^T$, $(\psi_{1a}, \psi_{1b})^T$ – компоненти векторів струму статора, напруги статора та потокозчеплення ротора; M – електромагнітний момент; M_{AB} – момент навантаження; ω – кутова швидкість; L_m – індуктивність намагнічуючого контуру; p_n – кількість пар полюсів, J – повний момент інерції.

Додані константи з виразів (1), (2) визначаються наступним чином:

$$\alpha = \frac{R_2}{L_2}; \quad \sigma = \frac{L_1 \cdot L_2 - L_m^2}{L_2}; \quad \beta = \frac{L_m}{\sigma \cdot L_2}; \quad \gamma = \frac{R_1}{\sigma} + \alpha \cdot L_m \cdot \beta, \quad (3)$$

де R_1, R_2, L_1, L_2 – активні опори та індуктивності статора та ротора.

Перетворювач частоти працює за законом керування $u/f = \text{const}$.

Модель стрічки конвеєра представлена у вигляді наступної векторно-матричної форми:

$$\dot{X} = \tilde{A} \cdot X + \tilde{B}_1 \cdot U_1 + \tilde{B}_2 \cdot U_2 + \tilde{B}_3 \cdot U_3, \quad (4)$$

де \tilde{A} – матриця стану системи, являє собою блочну матрицю, яка містить в собі матриці $M^{-1}N$ та $M^{-1}C$; X – сили опору руху зосереджених мас стрічки; $\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \tilde{B}_3$ – блочні матриці керування; U_1 – момент, який створюється приводом; U_2 – сили опору руху зосереджених мас стрічки; U_3 – вага натяжного пристрою.

Як відомо [4], всі втрати, які впливають на роботу електромеханічної системи можна поділити на три групи: P_m – втрати в міді, $P_{\text{мех}}$ – механічні втрати, $P_{\text{ст}}$ – втрати в сталі, тобто

$$P_m = P_{\text{м.н}} M_c^* k_f^2 / k_u^2, \quad (5)$$

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{мех.н}} k_f (1 - S) / (1 - S_n), \quad (6)$$

$$P_{\text{ст}} = P_{\text{ст.н}} (a + b k_f) k_u^2 / k_f, \quad (7)$$

де M_c^* – коефіцієнт завантаженості; k_f – коефіцієнт регулювання частоти; k_u – коефіцієнт регулювання напруги; S_n – номінальне ковзання; a, b – коефіцієнти, що залежать від сталі та характеризують втрати на гістерезис і вихрові струми.

Структурну схему оптимального, з точки зору енергетичної ефективності, регулятора напруги отримано у відповідності з наступного виразу [1].

$$u = u_n \cdot \sqrt{\frac{f}{f_n} \cdot M_c^*} \cdot \sqrt{S_n + \sqrt{S_n + \frac{P_{\text{м.н}} \cdot \frac{f}{f_n}}{P_{\text{ст.н}} \cdot (a + b \cdot \frac{f}{f_n})}}}. \quad (8)$$

Результати дослідження моделі електромеханічної системи конвеєра при коливаннях навантаження в діапазоні $0.2 \div 1.2$ номінального завантаження тягового органу приведені на рисунках 2,3.

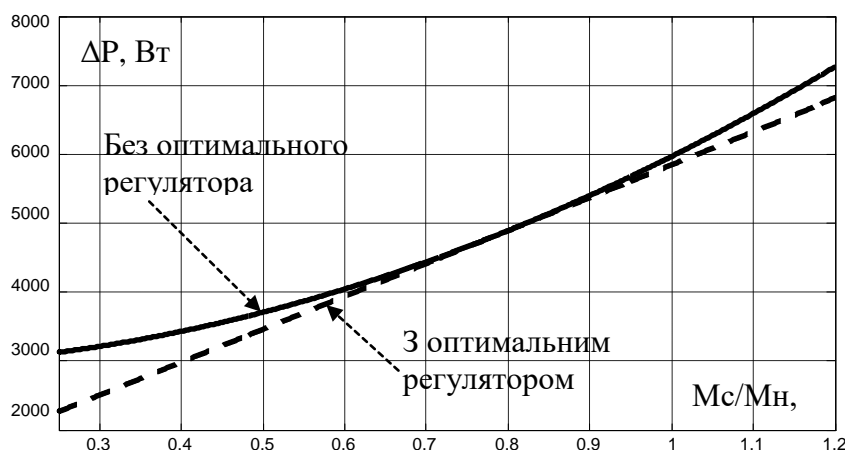


Рисунок 2 – Графіки загальних втрат замкненої системи по швидкості з оптимальним регулятором та без нього

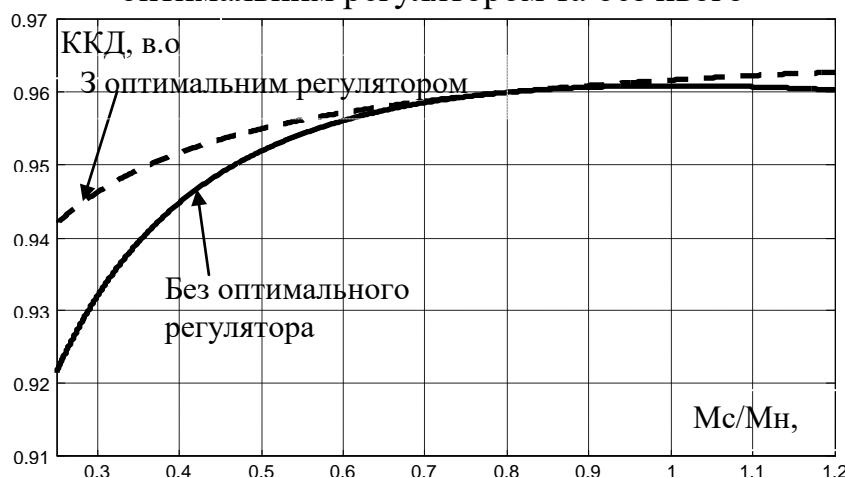


Рисунок 3 – Графіки коефіцієнта корисної дії двигуна замкненої системи по швидкості з оптимальним регулятором та без нього

На даних рисунках показані залежності зміни енергетичних параметрів при використанні оптимального регулятора та без нього. Із даних залежностей видно, що з оптимальним регулятором коефіцієнт корисної дії двигуна вищий, а втрати менші.

Висновки. Отримані результати дають можливість зробити висновок, що використання оптимального регулятора разом з перетворювачем частоти дозволяє значно підвищити коефіцієнт корисної дії електромеханічної системи при забезпеченні процесу плавного пуску конвеєра з мінімізацією коливань в тяговому органі.

Перелік посилань

1. Печеник М.В. Питання підвищення енергетичної ефективності асинхронних електродвигунів / М.В. Печеник, О.М. Суходоля // Наукові вісті НТУУ“КПІ”. – 1998. – Вип. 2. – С. 29 – 32.
2. Leonhard W. Control of Electrical Drives. Springer – Verlag, Berlin: 1996. – 420 p.
3. Popovich M., Kiselychuk O., Buryan S. Extremal electromechanical control system of water supply pumps connected in series // Transactions of Kremenchuk State Univ. – 2010. – №3 (62), part 2. – P. 37 – 41.
4. Теория электропривода, за редакцией доктора тех. наук М.Г. Поповича Киев, Высшая школа. – 1993. – ст.439.