

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ НА РІВЕНЬ КОЛИВАНЬ ШВИДКОСТІ В ТЯГОВОМУ ЕЛЕМЕНТІ ПІДВІСНОГО ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА

Печеник М.В., к.т.н., доц., Бур'ян С.О., к.т.н., доц., Макаренко М.В., магістрантка

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

Вступ. Підвісні ланцюгові конвеєри відносять до транспорту безперервної дії, який має широке застосування для багатьох операцій в технологічних потокових лініях, в автоматизованих цехах і заводах, де вони органічно пов'язані з процесами виробництва. Траси ланцюгових конвеєрів більш різноманітні й складніші, ніж траси стрічкових конвеєрів і дають змогу транспортувати вантажі на великі відстані без перевантаження. При роботі таких конвеєрів мають місце великі навантаження у вузлах їх механічної частини. Саме тому, досить гостро ставиться питання забезпечення надійності та безпеки роботи їх електромеханічних систем [1].

В рамках поставлених завдань досить актуальним є дослідження впливу навантажень на динамічні характеристики даних транспортних систем, в тому числі і на рівні коливань в тяговому елементі.

Мета роботи. Дослідити вплив навантаження на рівень коливань лінійної швидкості в тяговому ланцюгу однорівневого підвісного ланцюгового конвеєра.

Матеріали і результати досліджень.

Для проведення досліджень використана електромеханічна система, функціональна схема якої приведена на рис. 1.

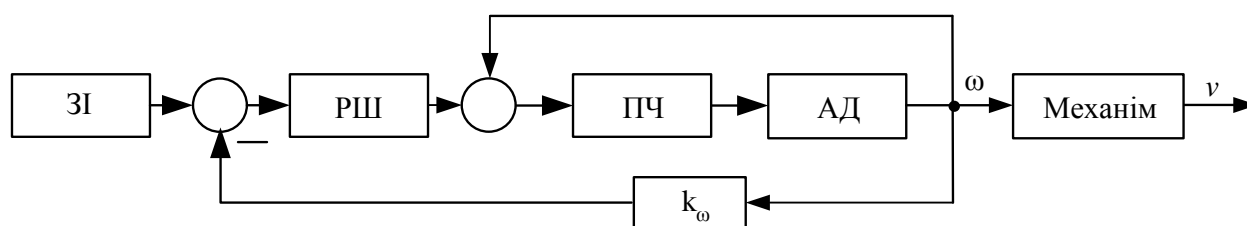


Рисунок 1 – Функціональна схема електромеханічної системи конвеєра

На функціональній схемі досліджуваної системи застосовуються наступні позначення: ЗІ – задатчик інтенсивності, РШ – ПІ-регулятор швидкості зі зворотнім зв'язком k_{ω} , ПЧ – перетворювач частоти, АД – асинхронний двигун, ω – кутова швидкість двигуна, v – лінійна швидкість тягового ланцюга.

Математична модель перетворювача частоти, асинхронного електричного двигуна та регулятора швидкості були отримані відомим методом [2, 3].

Механічна частина конвеєра розглянута у вигляді двомасової електромеханічної системи з урахуванням зазору і внутрішнього в'язкого тертя [4, 5].

Структурна схема її приведена на рис. 2.

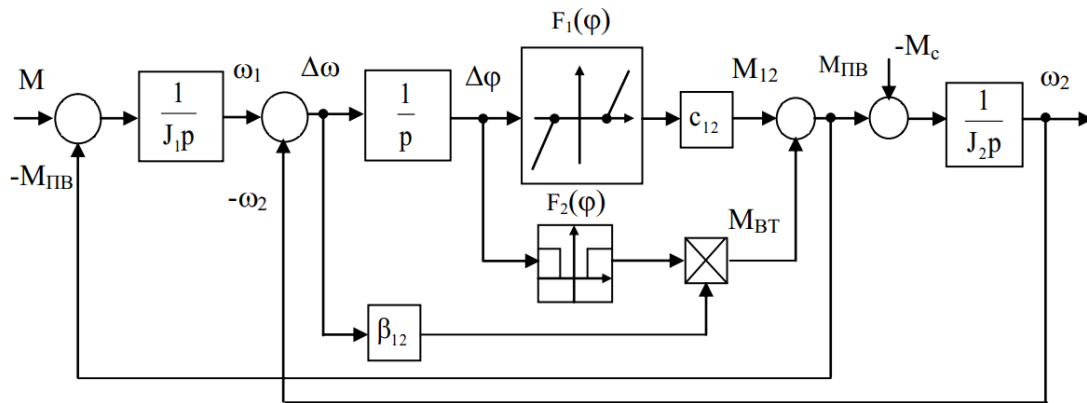


Рисунок 2 – Структурна схема механічної частини конвеєра

В схемі прийняті наступні позначення: J_1 – момент інерції першої маси системи, який складається з моменту інерції електродвигуна, приведених моментів інерції привідної зірочки, сумарного моменту інерції з'єднувальних муфт та редуктора, що обертаються з кутовою швидкістю ω_1 ; J_2 – момент інерції другої маси системи, який складається з приведенного сумарного моменту інерції мас робочої частини конвеєра, приведенного моменту інерції натяжної зірочки при повному завантаженні конвеєра, що обертаються з кутовою швидкістю ω_2 ; M_c – статичний момент прикладений до другої маси; $M_{ПВ}$ – сумарний пружно-в'язкий момент; $M_{БТ}$ – момент в'язкого тертя; M_{12} – пружний момент; β_{12} – коефіцієнт внутрішнього в'язкого тертя; $\Delta\phi$ – помилка відпрацювання кута, викликана наявністю зазору; $F_1(\phi)$, $F_2(\phi)$ – нелінійні функції, що відображають властивості врахування зазору.

Система рівнянь (1), яка описує рух даної механічної частини, без врахування зазору має наступний вигляд [1, 3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M - M_{12}; \quad J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_{12} - M_c; \\ \Delta\omega = \omega_1 - \omega_2; \quad \frac{d\Delta\phi}{dt} = \Delta\omega; \\ M_{12} = c_{12} F_1(\phi); \quad M_{БТ} = \beta_{12} \Delta\omega F_2(\phi); \\ M_{ПВ} = M_{БТ} + M_{12}; \quad \frac{d\phi_1}{dt} = \omega_1; \\ \frac{d\phi_2}{dt} = \omega_2. \end{array} \right. \quad (1)$$

У випадку врахування зазору пружний момент M_{12} та момент внутрішнього в'язкого тертя $M_{БТ}$ характеризуються нелінійною залежністю. Сумарний пружно-в'язкий момент визначається за наступною формулою:

$$M_{ПВ} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \text{sign}\Delta\varphi \neq \text{sign}\Delta\omega \text{ та } |M_{BT}| > |M_{12}|; \\ M_{BT} + M_{12}, & \text{якщо } \text{sign}\Delta\varphi = \text{sign}\Delta\omega \text{ або } |M_{BT}| \leq |M_{12}|; \end{cases} \quad (2)$$

$$F_1(\varphi) = \begin{cases} 0 & \text{при } |\Delta\varphi| \leq \frac{\Delta\varphi_3}{2}; \\ \Delta\varphi - \frac{\Delta\varphi_3}{2} & \text{при } \Delta\varphi > \frac{\Delta\varphi_3}{2}; \\ \Delta\varphi + \frac{\Delta\varphi_3}{2} & \text{при } \Delta\varphi < -\frac{\Delta\varphi_3}{2}, \end{cases} \quad F_2(\varphi) = \begin{cases} 0 & \text{при } |\Delta\varphi| \leq \frac{\Delta\varphi_3}{2}; \\ 1 & \text{при } |\Delta\varphi| > \frac{\Delta\varphi_3}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

На основі отриманого математичного опису розроблена модель для дослідження режимів роботи електромеханічної системи в середовищі MATLAB Simulink. Для реалізації механічної частини конвеєра із зазором та врахуванням внутрішнього в'язкого тертя використовувались наступні блоки: Sum, Gain, Integrator, Dead Zone, Abs, Relay, Product.

Дослідження проведені на прикладі підвісного ланцюгового конвеєра продуктивністю 1250 деталей / год, протяжністю траси 560 м, оснащеного асинхронним електродвигуном потужністю 6,3 кВт. Розглянуто 2 варіанти побудови схем управління: розімкнутої і замкнутої за швидкістю. Дослідження рівня коливання лінійної швидкості проведені для величин навантажень $0,4M_H$; $0,8M_H$; M_H . Результати досліджень наведені на рис. 3 – 9.

Перехідні процеси при розімкнутій системі керування

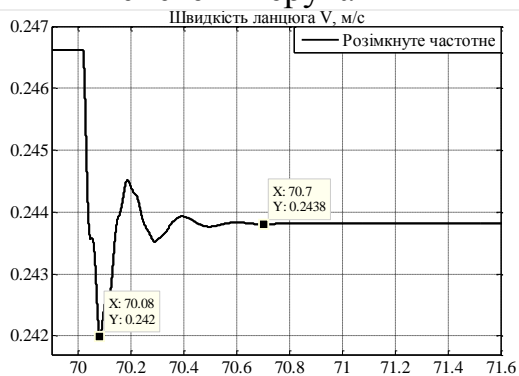


Рисунок 3 – При $M_c = 0,4 \cdot M_H$

Перехідні процеси при замкнутій системі керування

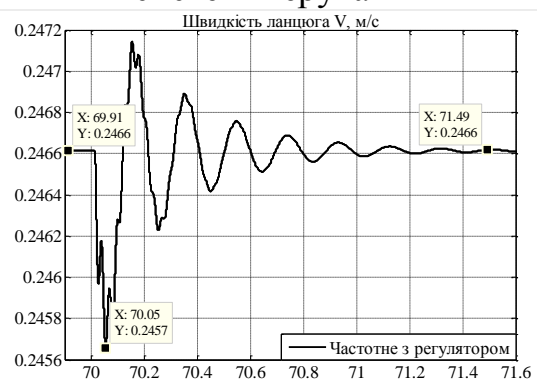


Рисунок 4 – При $M_c = 0,4 \cdot M_H$

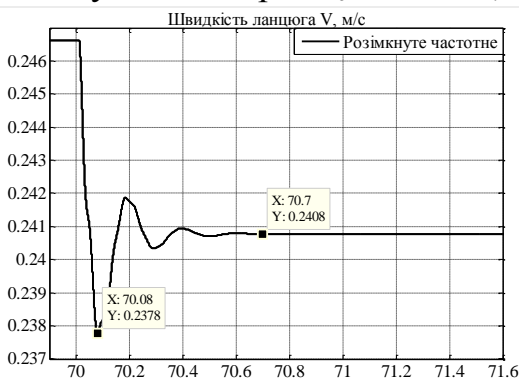


Рисунок 5 – При $M_c = 0,8 \cdot M_H$

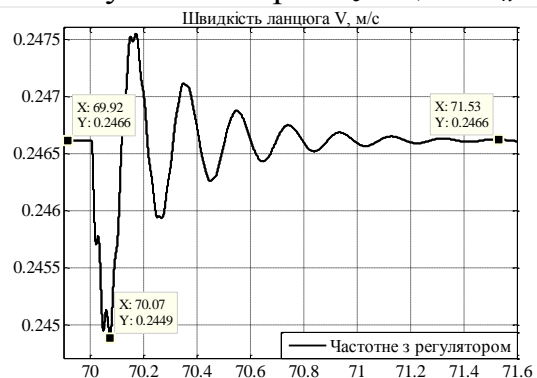


Рисунок 6 – При $M_c = 0,8 \cdot M_H$

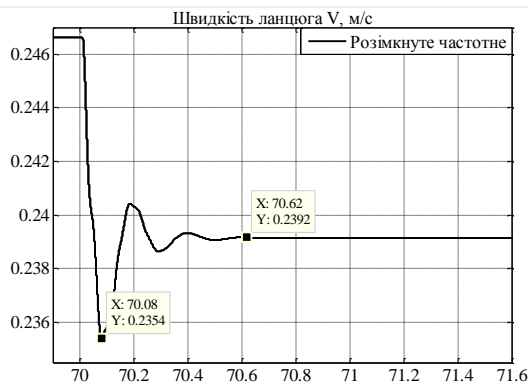


Рисунок 7 – При $M_c = M_n$

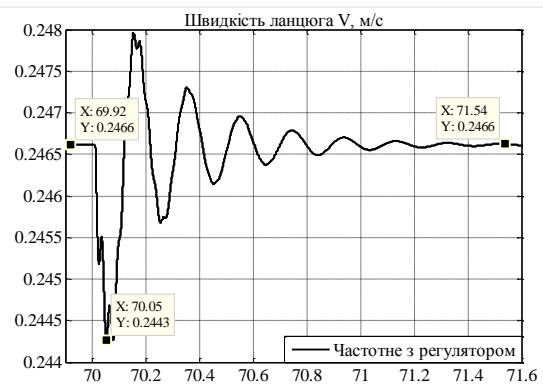


Рисунок 8 – При $M_c = M_n$

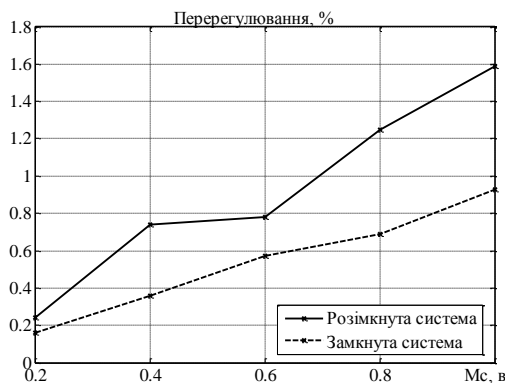


Рисунок 9 – Перерегулювання σ , %

Аналіз результатів досліджень показує, що для випадку замкнутої системи керування по швидкості (рис. 4, 6, 8) амплітуда коливань змінюється від 0,2457 до 0,2443 м/с, величина перерегулювання не перевищує 1,59 % по відношенню до усталеного значення швидкості при коливанні моменту навантаження від $0,2M_n$ до M_n .

У випадку розімкненої системи керування (рис. 3, 5, 7) амплітуда коливання швидкості змінюється від 0,242 до 0,2354 м/с, перерегулювання не перевищує 0,93 % при номінальному моменті навантаження. Разом з тим, для розімкненої системи при зміні навантаження знижується лінійна швидкість тягового ланцюга.

Висновки. Дослідження показали, що при зміні навантаження амплітуда коливання лінійної швидкості не перевищує 1,59 % для розімкнутої і 0,93 % для замкнутої системи керування, що знаходиться в межах допустимої величини перерегулювання для ланцюгових транспортних механізмів. Разом з тим, для визначення доцільності застосування розімкнутих систем управління підвісними конвеєрами необхідно додатково провести дослідження рівня продуктивності при зміні сталої швидкості переміщення тягового елемента.

Перелік посилань

1. П Бондарев В. С. и др. Подъемно-транспортные машины: Расчеты подъемных и транспортных машин. – 2009. – 495 с.
2. Попович Н. Г., Борисюк Н. Г., Гаврилюк В. А. Теория электропривода //К.: Выща шк. – 1993. – 51-54 с, 189-198 с.
3. Петкевич В. В. Теоретическая механика: Учебное пособие. – Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. – 209-215 с.
4. Чабан А. В. Математичне моделювання електромеханічних коливних процесів у системах із зосередженими та розподіленими параметрами. – 2009.
5. He B. et al. Dynamic behaviour modelling and simulation of the chain transmission system for an armoured face conveyor //Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design, 2009. CAID & CD 2009. IEEE 10th International Conference on. – IEEE, 2009. – С. 1000-1004.