

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДВОДВИГУННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ СИСТЕМИ КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

Печеник М.В., к.т.н., доц., Бур`ян С.О., к.т.н., доц., Грицай А.О., магістрант НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Вступ.** Високопродуктивні стрічкові конвеєри є одними з найбільш економічних та перспективних механізмів, призначених для транспортування як сипучих так і поштучних матеріалів. Такі транспортні системи оснащені багатодвигунним електроприводом при використанні різноманітних схем розташування електродвигунів. Раніше дослідження проводилися в основному для випадку розташування двох електродвигунів на головній частині конвеєра, що призводить до підвищення як максимального так і середнього натягу тягового органу [1]. Останнє веде за собою використання конвеєрної стрічки з підвищеними характеристиками міцності, а отже і підвищенню рівня першочергових капіталовкладень. Достатньо перспективним є дослідження схеми конвеєра з розташуванням по одному електродвигуну на хвостовому та головному барабанах, що дозволяє знизити як максимальний натяг стрічки на головному барабані так і середній натяг по замкнутому контуру. Проте, для оцінки переваг такої технологічної схеми необхідно розробити математичну модель електромеханічної системи конвеєра в цілому.

**Мета роботи.** Розробити математичну модель дводвигунного електроприводу високопродуктивного конвеєра при розташуванні електродвигунів в головній та хвостовій частинах конвеєра, що дозволяє дослідити характеристики руху тягового органу як в статичних так і в динамічних режимах.

**Матеріали та результати дослідження.** В якості базового варіанту розглядалась дводвигунна електромеханічна система при розташуванні приводних електродвигунів в головній та хвостовій частинах конвеєра. В основу побудови моделі руху тягового органу покладено спрощену розрахункову схему конвеєра (рис.1). Конвеєрна установка, як система з розподіленими параметрами, апроксимується шістьма зосередженими масами, три з яких  $m_1, m_2, m_3$  розташовані на вантажній гілці, дві  $m_4, m_5$  – на порожній, а  $m_6$  – представляє собою масу натяжного пристрою. В схемі прийняті наступні позначення:  $M_{пр1}$  – рушійний момент першого приводу,  $M_{пр2}$  – рушійний момент другого приводу,  $G_{нп}$  – вага натяжного пристрою.

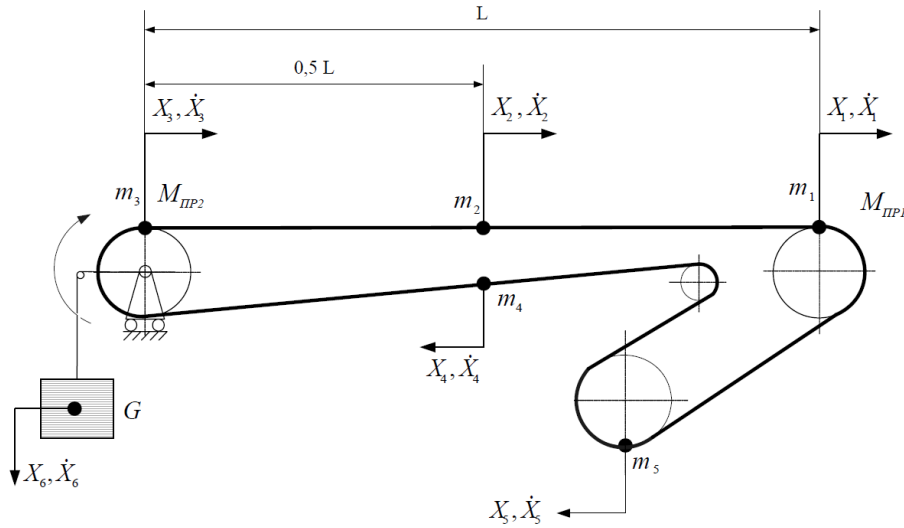


Рисунок 1 – Розрахункова схема електромеханічної системи

В основу побудови математичної моделі покладено метод Лагранжа другого роду:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial}{\partial \dot{q}_i} T \right) - \left( \frac{\partial}{\partial q_i} T \right) + \frac{\partial}{\partial q_i} \Pi + \frac{\partial}{\partial q_i} A = 0.$$

де  $I = 1, 2, 3, 6$ ;  $T$  – кінетична енергія;  $\Pi$  – потенціальна енергія;  $A$  – робота зовнішніх сил;

З врахуванням методики [1] після відповідних перетворень отримано систему диференціальних рівнянь, яка описує рух тягового органу стрічкового конвеєра

$$\begin{aligned} (2m_b + 2m_n + m_{np1})\ddot{X}_1 + m_b\ddot{X}_2 + m_n\ddot{X}_5 + 2\eta\dot{X}_1 - \eta\dot{X}_2 - \eta\dot{X}_5 + 2CX_1 - CX_2 - CX_5 + \\ + 0.5(G_b l + G_n l)\mu \operatorname{sgn} \dot{X}_1 = \frac{M_{np1}}{R_6} \operatorname{sgn}(\dot{X}_{c1} - \dot{X}_1), \\ m_b\ddot{X}_1 + 4m_b\ddot{X}_2 + m_b\ddot{X}_3 - \eta\dot{X}_1 + 2\eta\dot{X}_2 - \eta\dot{X}_3 - CX_1 + 2CX_2 - CX_3 + G_b l \mu \operatorname{sgn} \dot{X}_2 = 0, \\ m_n\ddot{X}_4 + 4m_n\ddot{X}_2 + (2m_b + 2m_n + m_{np2})\ddot{X}_3 + 2\eta\dot{X}_3 - \eta\dot{X}_4 - \eta\dot{X}_2 + (2C + 0.25C_k)X_3 - CX_2 - \\ - (C + 0.25C_k)X_4 + 0.5(G_n + G_b)\mu \operatorname{sgn} \dot{X}_3 = \frac{M_{np2}}{R_6} \operatorname{sgn}(\dot{X}_{c2} - \dot{X}_3), \\ m_n\ddot{X}_3 + 4m_n\ddot{X}_4 + m_n\ddot{X}_5 - \eta\dot{X}_3 + 2\eta\dot{X}_4 - \eta\dot{X}_5 - (C + 0.25C_k)X_1 + \\ + (2C + 0.25C_k)X_4 - CX_5 + G_n l \mu \operatorname{sgn} \dot{X}_4 = 0, \\ m_n\ddot{X}_4 + 4m_n\ddot{X}_5 + m_b\ddot{X}_1 - \eta\dot{X}_4 + 2\eta\dot{X}_5 - \eta\dot{X}_1 - CX_4 + 2CX_5 - CX_1 + G_b l \mu \operatorname{sgn} \dot{X}_5 = 0, \\ \frac{G_{np}}{g} \ddot{X}_6 - 0.5C_k X_3 + 0.5C_k X_4 + C_k X_6 + G_{np} + G_{np} f \operatorname{sgn} \dot{X}_6 = 0 \end{aligned}$$

Де  $m_{np1}$  – маса першого приводу;  $m_{np2}$  – маса другого приводу;  $m_b$ ,  $m_n$  – маса завантаженої та порожньої ділянки стрічки відповідно;  $G_b$ ,  $G_n$  – вага завантаженої та порожньої ділянки стрічки відповідно;  $l$  – довжина конвеєрної стрічки;  $R_6$  – радіус барабана;  $C$  – коефіцієнт жорсткості стрічки;  $C_k$  – коефіцієнт жорсткості канату;  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості стрічки;  $f$  – приведений коефіцієнт опору руху натяжних вантажів;  $\mu$  – коефіцієнт опору руху стрічки конвеєра;

$X_1 - X_6$  – переміщення зосереджених мас;  $\dot{X}_1 - \dot{X}_6$  – швидкості зосереджених мас;  $\ddot{X}_1 - \ddot{X}_6$  – прискорення зосереджених мас;  $\dot{X}_{c1} - \dot{X}_{c2}$  – швидкості першого та другого двигунів відповідно;

Аналіз сучасних тенденцій розвитку конвеєрного електропривода показує що, найбільш перспективною є замкнута система керування швидкістю конвеєра з використанням асинхронних електродвигунів та перетворювачів частоти.

Функціональна схема такої системи приведена на рисунку 2.

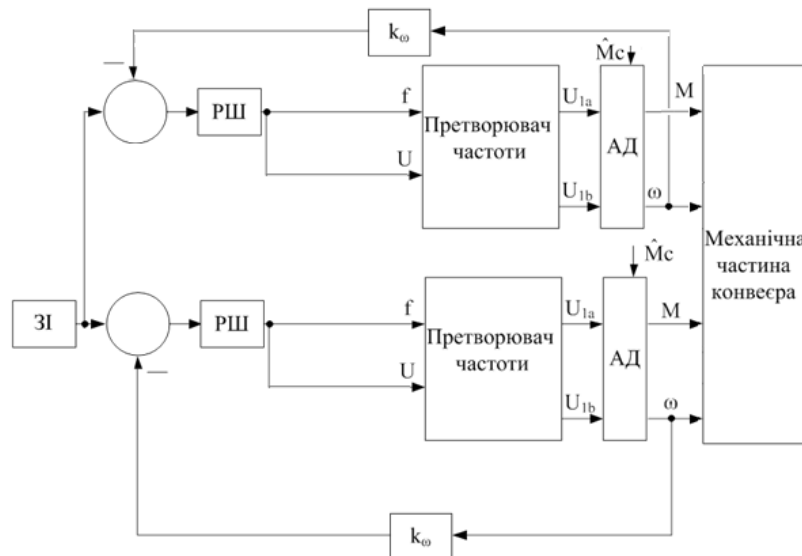


Рисунок 2 – Функціональна схема електромеханічної системи

В схемі прийняті наступні позначення: ЗІ – задатчик інтенсивності; РШ – регулятор швидкості; АД – Асинхронний двигун

Для побудови загальної моделі електромеханічної системи використано стандартний математичний опис асинхронного електродвигуна та перетворювача частоти [2].

**Висновки.** Отримана математична модель електромеханічної системи при розташуванні приводних блоків як в головній так і в хвостовій частині конвеєра дає можливість провести дослідження статичних та динамічних режимів роботи та дати оцінку рівню ефективності використання даного варіанту побудови технологічних схем високопродуктивних транспортних систем.

#### Перелік посилань

1. Дмитриева В. В. Разработка математической модели ленточного конвейера с двухдвигательным приводом / В. В.Дмитриева, С. В.Гершун / Машиностроение; Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2008. – Вып. 8, – С. 295-303
2. Печеник Н.В. Розробка моделі електромеханічної системи стрічкового конвеєра з врахуванням енергозберігаючих режимів роботи електроприводу / Н.В. Печеник, О.А. Зайченко // К:НТУУ «КПІ», 2007. – Вып. 1, – С. 115-120