

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.

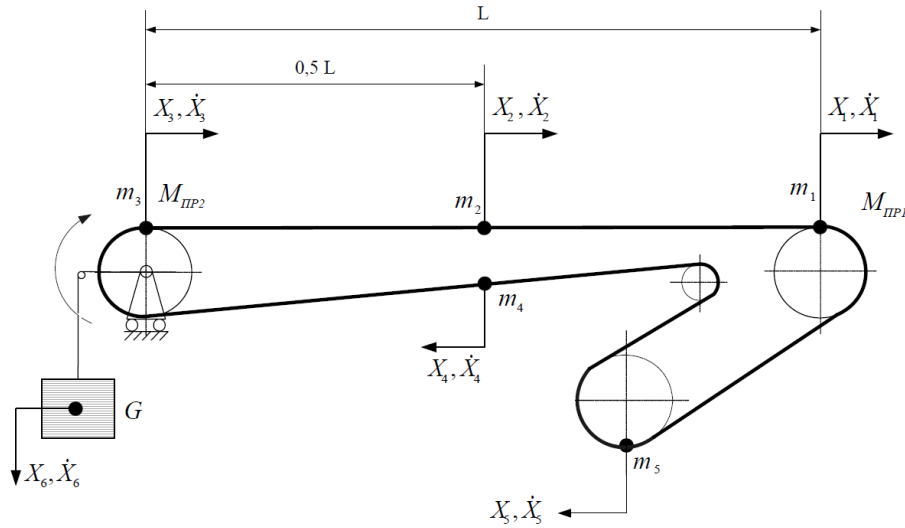


Рисунок 1 – Розрахункова схема електромеханічної системи

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; Π – потенціальна енергія; A – робота зовнішніх сил;

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

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

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; η – коефіцієнт в'язкості стрічки; f – приведений коефіцієнт опору руху натяжних вантажів; μ – 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.

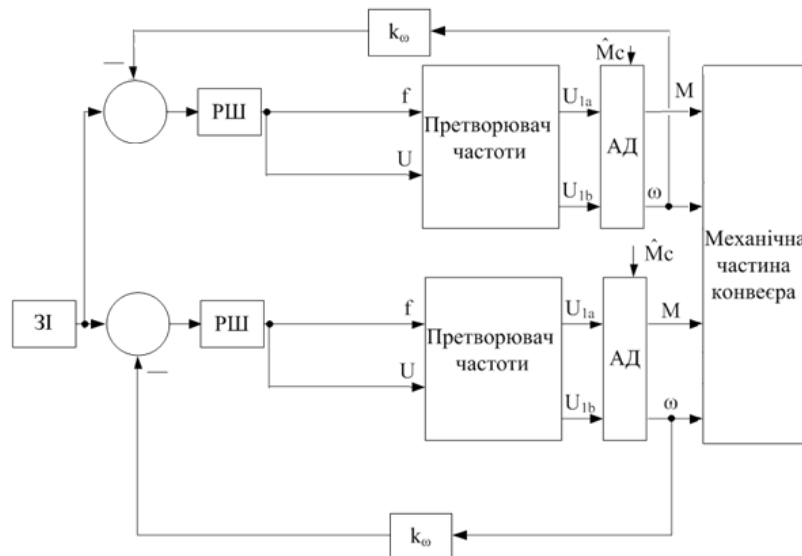


Рисунок 2 – Функціональна схема електромеханічної системи

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