

# ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ВТРАТ ДВОХ ДВОДВИГУННИХ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Печеник М.В., к.т.н., доц., Бур'ян С.О., к.т.н., доц., Лещенко В.Д., студент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем  
та електроприводу

**Вступ.** Одними з найбільш перспективних транспортних систем, що використовуються в гірничорудній та вугільній промисловостях, є високопродуктивні магістральні стрічкові конвеєри, довжина яких досягає до 7 км в одному ставі, зі встановленою потужністю понад 4 тис. кВт. Як правило, такі системи оснащені багатодвигунними електроприводами при різній конфігурації розташування їх вздовж транспортної лінії.

Досить перспективним є встановлення додаткового електродвигуна у хвостовій частині конвеєра, для забезпечення компенсації опору холостої гілки, що знижує величину як максимального, так і середнього натягу пружно-в'язкого тягового елемента по замкнутому контуру та істотно підвищує експлуатаційні та економічні показники [1].

Разом з тим при виборі схеми встановлення приводних елементів важливим фактором є енергетична ефективність транспортної системи. Отже, актуальним завданням є проведення дослідження енергетичних втрат в електромеханічних системах для різних варіантів розподілу приводних станцій вздовж траси конвеєра.

**Мета роботи.** Провести дослідження втрат енергії в електромеханічних системах (ЕМС) конвеєра та виконати порівняльний аналіз для двох варіантів: при розташуванні приводної станції в головній частині, та при розташуванні одного електродвигуна у хвостовій, а другого - в головній частинах конвеєра.

**Матеріали і результати досліджень.** Дослідження режимів роботи обох конвеєрів базується на використанні моделі електромеханічної системи [2], функціональна схема якої приведена на рис. 1.

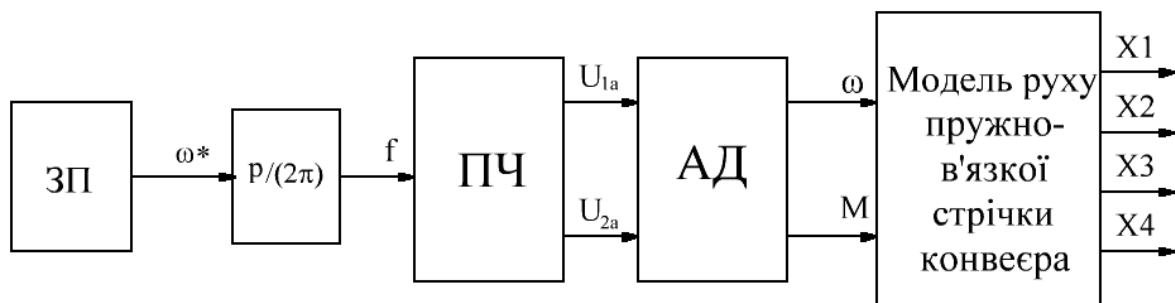


Рисунок 1 – Функціональна схема електромеханічної системи конвеєра

На рис. 1 прийняті наступні позначення: ЗП – задавальний пристрій, призначений для формування різної інтенсивності пуску конвеєра;  $w^*$  – задана кутова швидкість;  $p$  – число пар полюсів; ПЧ – перетворювач частоти;  $f$  – частота; АД – асинхронний двигун;  $M$  – момент двигуна;  $w$  – кутова швидкість;  $X_1, X_2, X_3, X_4$  - характеристики руху окремих мас чотиримасової системи.

Для дослідження режимів роботи стрічкового конвеєра з урахуванням методики [3] складено чотиримасову модель руху пружно-в'язкої системи для двох варіантів розташування електроприводу. Математичний опис руху тягового елемента отримано на основі рівняння Лагранжа 2-го роду, модель керованого асинхронного електропривода в системі координат статора a-b та стандартного перетворювача частоти отримані відомими методами [3, 4].

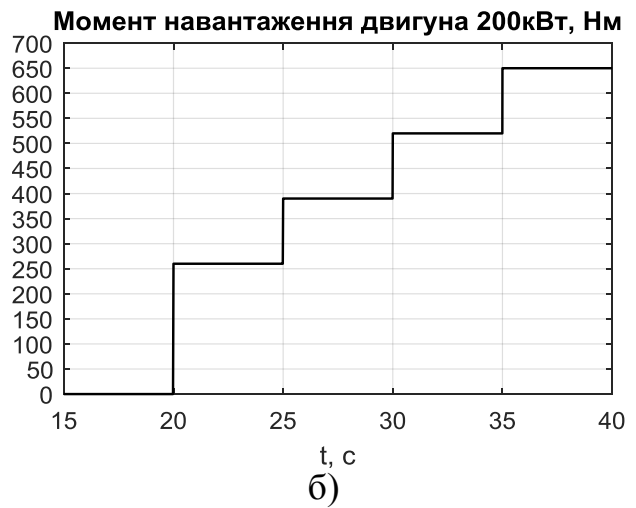
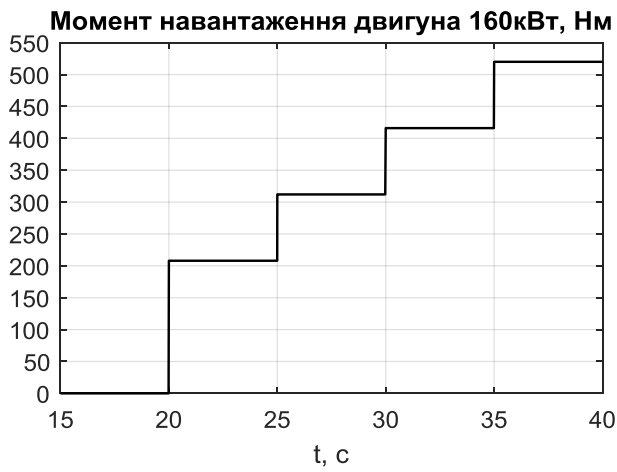
При порівняльному аналізі втрат дводвигунних конвеєрів розглянуто втрати енергії для статичних режимів роботи, оскільки час пуску даного типу конвеєрів у порівнянні з безперервним режимом роботи не перевищує 0.1%.

Для дослідження вибрано стрічковий конвеєр довжиною 1000 м, шириною стрічки 2 м, швидкість руху 2 м/с. Розглянуто два варіанти розташування приводної системи, а саме: перший має два електродвигуни в головній частині і другий – по одному електродвигуну в головній та хвостовій частинах. Розрахункова потужність для першого варіанту – 2 електродвигуни з потужністю 130 кВт та 70 кВт. Оскільки в даних конвеєрах використовується гумо-тросова стрічка типу РТЛ-1000 і відстань між приводними барабанами, обумовлена технічними умовами і конструкціями, невелика, то при дослідженні енергетичних характеристик ЕМС можна враховувати загальну потужність електродвигунів. Для другого варіанту використовуються два електродвигуни з потужністю 160 кВт та 55 кВт. При чому, останній встановлено у хвостовій частині і компенсує опір холостої гілки конвеєра, який залишається незмінним впродовж всього терміну роботи.

На основі математичного опису електромеханічної системи конвеєра для двох варіантів розроблено в середовищі пакета прикладних програм Matlab (Simulink) моделі для дослідження характеру втрат енергії в статичних режимах роботи при варіаціях його завантаження.

Дослідження виконані для наступних значень навантажень:  $M_c=0,4M_n$ ;  $M_c=0,6M_n$ ;  $M_c=0,8M_n$ ,  $M_c=M_n$ . Результати моделювання електромеханічних систем приведені на рис. 2, 3, 4, та табл. 1.

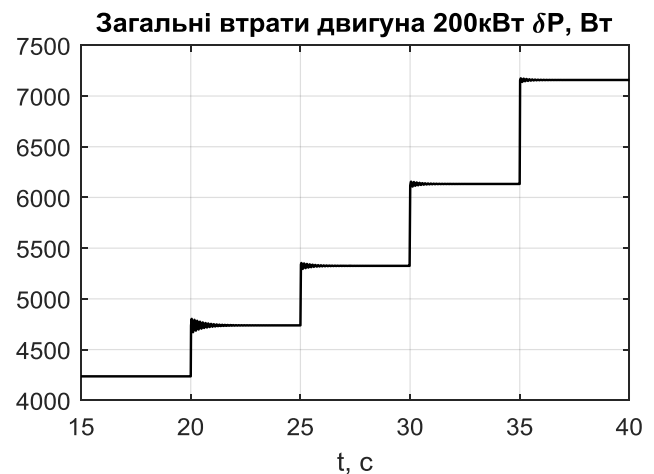
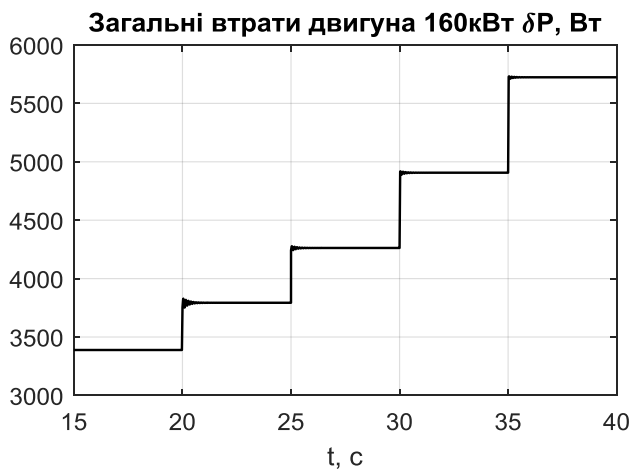
При моделюванні використано припущення, що з невеликою похибкою, викликаною поточними випадковими змінами умов тертя рухомих опор, навантаження хвостового електродвигуна конвеєра залишається незмінним в межах його номінального моменту.



а)

б)

Рисунок 2 – Момент навантаження двигунів з потужністю: а) 160 кВт;  
б) 200 кВт



а)

б)

Рисунок 3 – Графіки загальних втрат для двигунів з потужністю: а) 160 кВт;  
б) 200 кВт

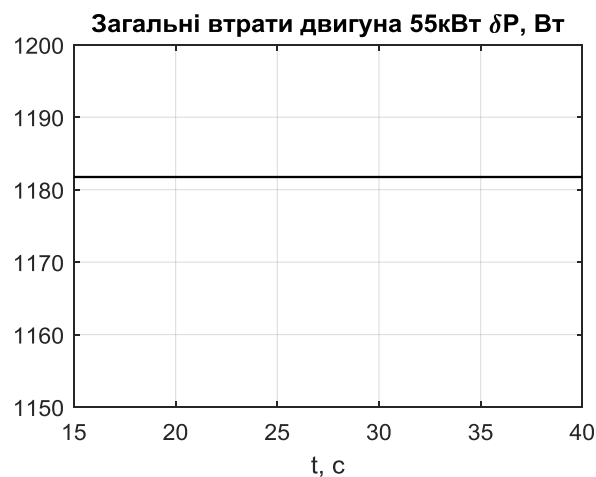


Рисунок 4 – Графік загальних втрат для двигуна потужністю в 55 кВт

Таблиця 1 – Втрати при зміні навантаження

Час t, с	20	25	30	35	40
$M^*$ , Нм	$0,2M_H$	$0,4M_H$	$0,6M_H$	$0,8M_H$	$M_H$
Втрати для двигуна 200кВт	4218	5402	5989	6572	7153
Втрати для двигуна 160кВт	3374	4323	4788	5255	5718
Втрати для двигуна 55кВт	1182	1182	1182	1182	1182
Сумарні втрати для двигунів 160 та 55 кВт	4556	5505	5970	6436	6900

Аналіз результатів показує, що при навантаженні від  $0,2M_H$  до  $0,6M_H$  втрати енергії для другого варіанту розташування двигунів вищі в порівнянні з першим і коливаються в межах від 350 до 15 Вт. При зміні навантаження від  $0,6M_H$  до  $M_H$  втрати в електромеханічній системі другого варіанту зменшуються і при номінальному моменті досягають 250 Вт (3,5%) від номінального значення. Враховуючи, що в нормальному режимі роботи навантаження магістральних конвеєрів коливається в основному в межах від  $0,7M_H$  до  $M_H$ , то при встановленні одного електродвигуна у хвостовій частині істотно збільшується її енергетична ефективність.

**Висновок:** результати досліджень показують, що при застосуванні другого варіанту розташування приводних станцій конвеєра рівень втрат зменшується на 3,5% у порівнянні з використанням однієї приводної станції. Таким чином більш перспективним з точки зору енергетичної ефективності є використання приводної станції при розташуванні одного електродвигуна у хвостовій частині конвеєра. Отримані результати можна використовувати при виборі найбільш раціональної схеми розподілу електроприводів уздовж траси магістральних конвеєрів.

#### Перелік посилань

1. Todorovski M. Possibilities for reducing power losses of conveyor belt electric drives // M. Todorovski, D. Vidanovski, S. Mircevski // 16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition 2014.
2. Печеник М.В. Особливості впливу оптимального за енергетичною ефективністю закону керування напругою на коливальні процеси в тяговому елементі конвеєра // М.В. Печеник, С.О. Бур'ян, Л.М. Наумчук, А.О. Грицай // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 2/2016 (34). – С. 25-32.
3. Дмитриева В.В. Разработка математической модели ленточного конвейера с двухдвигательным приводом. – Москва.: МГГУ. – 2008 г. – С. 295-303.
4. Leonhard W. Control of Electrical Drives // 2nd Completely Revised and Enlarged Edition 419p 1996