

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДВІСНОЇ КАНАТНОЇ ДОРОГИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВЕКТОРНО-КЕРОВАНОВОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

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

Вступ. В теперішні часи все більшого застосування отримує система неперервного транспорту з канатними тяговими елементами, яка забезпечує транспортування людей і вантажів на великі відстані .

Така система широко використовується у вугільній, гірничорудній промисловості, а також в сфері туризму, досить широке розповсюдження отримали підвісні канатні дороги для перевезення людей та вантажів в важко доступних гірських районах, а також в гірськолижних оздоровчих та спортивних комплексах [1].

Як правило, дані електромеханічні системи використовують нерегульований електропривод з системою плавного пуску, при цьому в статичних режимах роботи лінійна швидкість руху являється незмінною. В процесі роботи транспортного засобу на переміщуваний вантаж діють зовнішні збурюючі фактори, що визначені погодними умовами (вітрове навантаження, вологість, та ін.). В цих умовах, для забезпечення необхідного рівня безпеки транспортування пасажирів доцільно за рахунок зміни швидкості руху тягового канату мінімізувати рівень коливань вантажонесучих елементів за рахунок покращення характеристик динамічних процесів в електромеханічній системі механізму.

Для рішення даних питань необхідно використовувати сучасні електроприводи, в тому числі з векторним керуванням, які поряд з високою точністю відпрацюванням заданого закону керування, дозволяють забезпечувати високий рівень показників динамічних процесів [2].

Разом з тим характер технологічного процесу роботи підвісної канатної дороги передбачає широкий спектр змін навантажень, що надає суттєвого впливу як на енергетичні параметри електромеханічної системи, так і на рівень безпеки функціонування транспортної системи.

Виходячи з цього, при впровадженні нових систем електроприводу досить актуальним завданням є оцінка рівня втрат енергії та характеру розподілення динамічних помилок по швидкості при варіаціях навантаження транспортної системи.

Мета роботи. Дослідити характер змін втрат енергії та динамічної похибки по швидкості руху підвісної канатної дороги при різних навантаженнях для випадку використання електропривода з векторно-керуванним асинхронним електродвигуном.

Матеріали і результати досліджень. Для проведення досліджень використано електромеханічну систему, функціональна схема якої приведена на рис. 1.

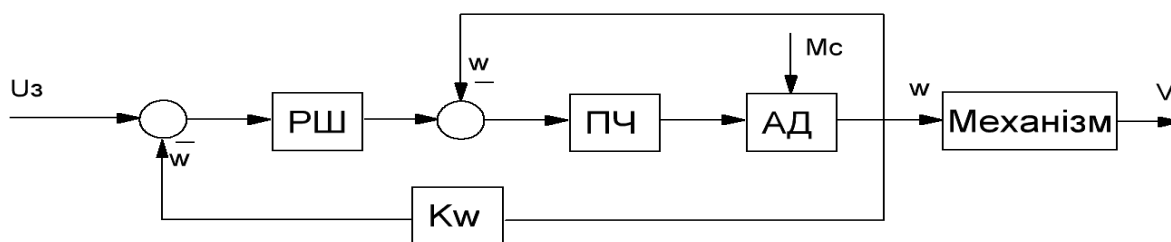


Рисунок 1 – Функціональна схема системи керування підвісною канатною дорогою

В схемі прийнято наступні позначення: РШ – регулятор швидкості; ПЧ – перетворювач частоти; АД – асинхронний електродвигун; M_c – момент статичного навантаження; K_w – коефіцієнт передачі зворотного зв'язку по швидкості; V – лінійна швидкість переміщення тягового елемента; w – кутова швидкість обертання електродвигуна.

За допомогою відомих методів [3] отримано математичну модель електромеханічної системи, на базі якої в рамках пакету прикладних програм “MATLAB”, розроблено модель для дослідження динамічних режимів роботи електромеханічної системи підвісної канатної дороги при використанні векторно-керованого асинхронного електродвигуна. Для проведення досліджень використана підвісна канатна дорога з наступними параметрами: продуктивність – 400 чол/год; довжина – 700 м, номінальна потужність асинхронного двигуна – 200 кВт; номінальна частота обертання – 1500 об/хв.

Програма досліджень включає в себе пуск до сталої швидкості без навантаження, в момент часу з 2.1 с до 3.1 с прикладається навантаження у вигляді статичного моменту, після цього відбувається сповільнення. Дослідження проведено для наступних величин навантаження: $M_c=1.1M_n$; $M_c=M_n$; $M_c=0.9M_n$; $M_c=0.8M_n$; $M_c=0.7M_n$; $M_c=0.6M_n$; $M_c=0.5M_n$; $M_c=0.4M_n$; $M_c=0.3M_n$; $M_c=0.2M_n$.

Результати досліджень приведені на рис. 2 – 6 і в таб.1.

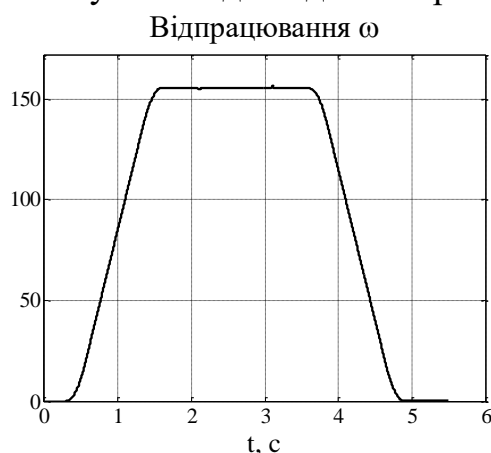


Рисунок 2 – Діаграма її швидкості руху при $M_c=M_n$, $w=w_n$

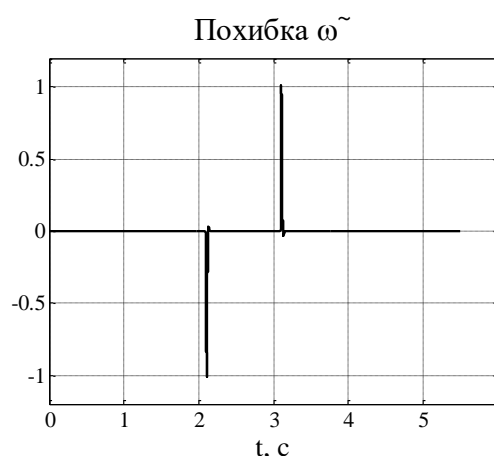


Рисунок 3 – Динамічна похибка по швидкості при $M_c=M_n$, $w=w_n$

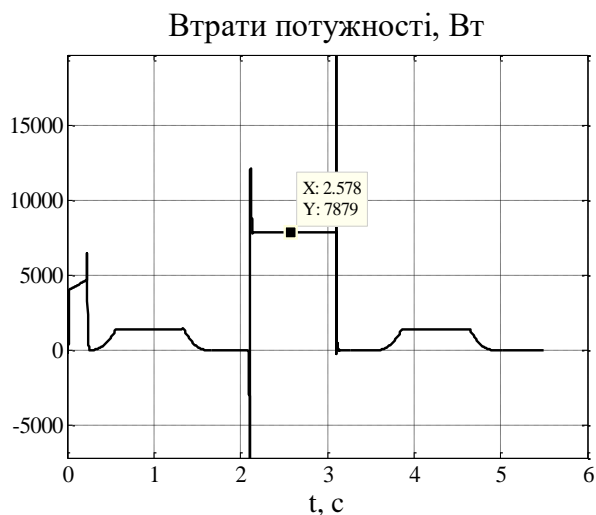


Рисунок 4 – Втрати потужності при $M_c = M_n, w = w_n$

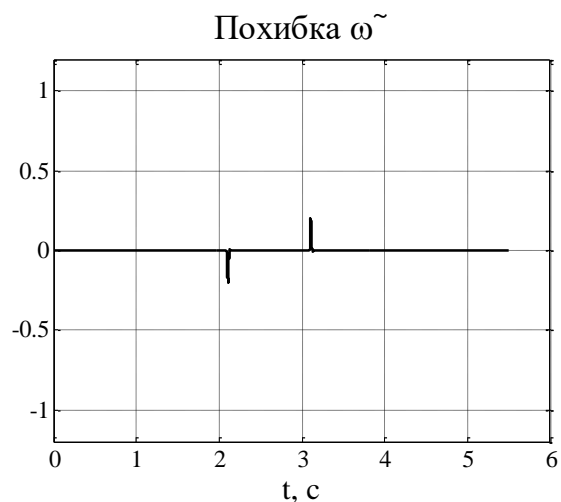


Рисунок 5 – Похибка по швидкості при $M_c = 0.2M_n, w = w_n$

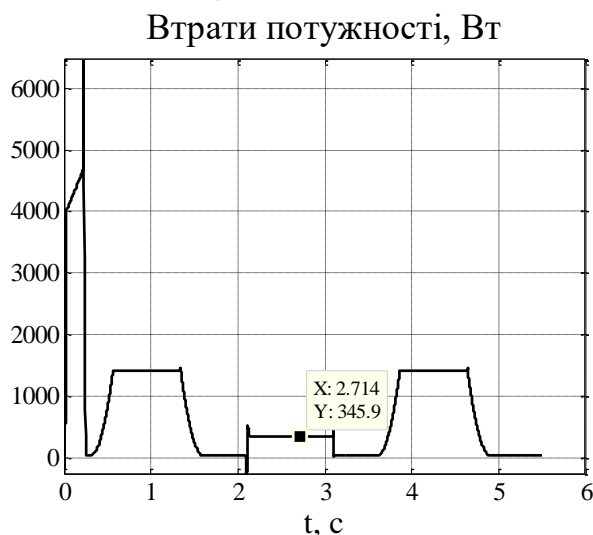


Рисунок 6 – Втрати потужності при $M_c = 0.2M_n, w = w_n$

Аналогічно проведено дослідження для $M_c = 1.1M_n$; $M_c = 0.9M_n$; $M_c = 0.8M_n$; $M_c = 0.7M_n$; $M_c = 0.6M_n$; $M_c = 0.5M_n$; $M_c = 0.4M_n$; $M_c = 0.3M_n$.

Результати досліджень приведено на рис. 7 – рис. 8 та в табл. 1.

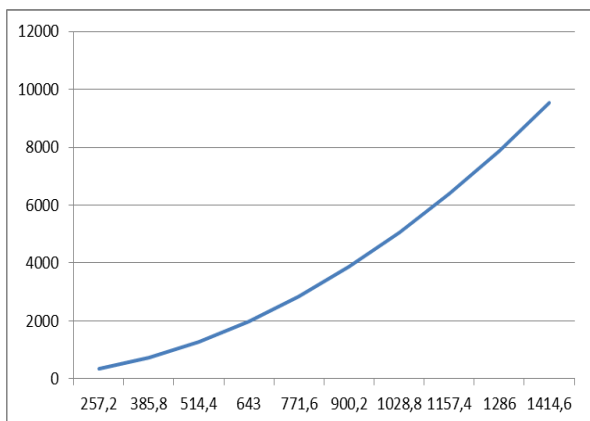


Рисунок 7 – Графік розподілення втрат потужності в залежності від варіації навантаження при $w = w_n$

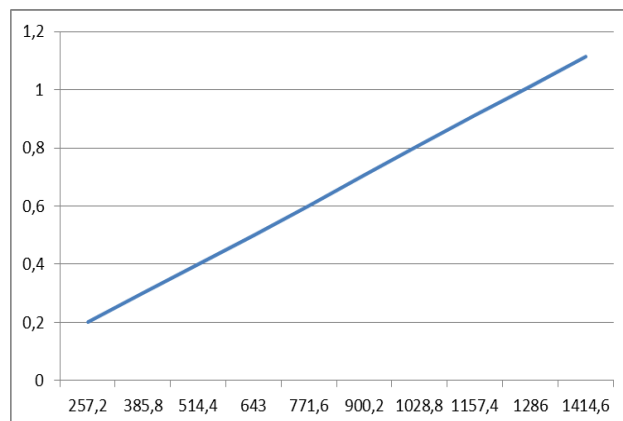


Рисунок 8 – Характер зміни динамічної похибки по швидкості в залежності від змін навантаження при $w = w_n$

Таблиця 1 – Залежність втрат потужності та похибки по швидкості від зміни навантаження

Мс	0.2М _н	0.3М _н	0.4М _н	0.5М _н	0.6М _н	0.7М _н	0.8М _н	0.9М _н	М _н	1.1М _н
ΔР,Вт	345.9	738.2	1287	1994	2857	3877	5054	6388	7879	9526
ΔР,%	0.85	1.21	1.58	1.95	2.32	2.69	3.06	3.42	3.78	4.15
ω̃, рад/с	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.81	0.91	1.01	1.11
ω̃, %	0.12	0.19	0.25	0.32	0.38	0.45	0.52	0.58	0.64	0.71

де $\Delta P_i = P_{a_i} - P_{M_i}$; $\Delta P_i, \% = \frac{P_{a_i} - P_{M_i}}{P_{a_i}} \times 100$; $\tilde{\omega}, \% = \frac{\tilde{\omega}_i}{\tilde{\omega}_n} \times 100$, P_{a_i} – споживана активна потужність; P_{M_i} – механічна потужність на валу електродвигуна; w_i – похибка по швидкості.

Отримані результати показують, що при коливаннях моменту статичного навантаження від 0.2М_н до 1.1М_н втрати потужності змінюються в межах від 0.86% при М_с=0.2М_н до 4.15% при М_с=1.1 М_н від споживаної активної потужності. Динамічна похибка в даному діапазоні змін навантаження коливається в межах від 0.12% до 0.71% від номінальної швидкості, що є допустимим по умовам безпеки переміщення пасажирів за допомогою канатної дороги. Похибка по швидкості відпрацьовується в межах 0.1с. Після закінчення перехідного процесу швидкість руху тягового канату встановлюється а рівні заданої величини.

Висновки. Аналіз отриманих результатів досліджень показує, що система електроприводу з векторно-керованим асинхронним двигуном володіє достатньо високими показниками у відношенні втрат потужності у всьому можливому діапазоні коливань навантаження, при цьому рівень динамічної похибки швидкості не перевищує допустимої величини для підвісних канатних доріг. Виходячи з цього, система електроприводу з векторно-керованим асинхронним двигуном в повній мірі відповідає вимогам безпеки експлуатації канатної транспортної системи безперервної дії і може бути рекомендована для використання при проектуванні нових і модернізації діючих систем підвісних канатних доріг.

Перелік посилань

1. Дукельский А.И. –М.: Подвесные канатные дороги , 1966.- 4с- 130с.
2. Janusz Kowal, Jacek Snamina, Andrzej Podiadlo, Jaroslaw Konieczny – Static and dynamic analysis of the cableway [Електронний ресурс] // Researchgate. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/258297882_Static_and_dynamic_analysis_of_the_cableway .
3. Пересада С.М., Ковбаса С.М. – Узагальнений алгоритм прямого векторного керування асинхронним двигуном // Тем. Електродинаміка. – 2002. – 17с – 22с.