

МІКРОПРОЦЕСОРНЕ УПРАВЛІННЯ ДВОМАСОВОЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

О. В. Найденко, Д. С. Загуменнов

Державний університет «Одеська політехніка»

Анотація. Розглядається можливість мікропроцесорного управління пуском електромеханічної системи з люфтом з одночасним обмеженням при виникаючих при цьому динамічних навантажень в кінематичних ланках. Пропонується алгоритм і програма управління промисловим контролером. Приводяться результати моделювання. Завдання полягає у розробці програми для контролера відповідно до алгоритму управління, реалізації необхідного управління конкретної електромеханічної системою, а також демонстрація результатів моделювання.

Ключові слова: мікропроцесорне управління, двомасова електромеханічна система, динамічні навантаження, момент інерції, система управління.

Вступ

Всі підйомні механізми функціонують у циклічному режимі. При цьому немаловажним є те що ці механізми працюють в сталому режимі. Час їх перехідних процесів відносно малий, за рахунок того, що момент інерції всіх робочих елементів з вантажем приведений до валу двигуна становить 8-12% від моменту інерції ротора двигуна разом з муфтою та тормозним шківом.

Динамічні моменти в перехідних процесах передаються через кінетичні ланки, значно їх навантажуючи. При цьому елементи передавального пристрою від двигуна до робочого органу і металоконструкції характеризуються пружністю та наявністю люфту в зубчастих передачах.

Управляючі та збурюючі впливи в таких електромеханічних системах спричиняють перехідні процеси, зв'язані з обміном енергії між її ланками, спричиняють вібрації, знижують точність установки та якість операцій і викликають додаткові навантаження в ланках кінематичного ланцюга.

Таким чином, для підвищення продуктивності таких механізмів необхідно зменшувати час перехідних процесів. Однак їх швидкодія залежить від ефективності вирішення проблеми розгойдування вантажів, підвішених на гнучкій нитці і переміщуються цими механізмами [1].

Про зацікавленість до даної теми свідчить велика кількість статей опублікованих за останні роки. В [2] представлений навчальний програмно-апаратний макет для дослідження двомасової електромеханічної системи. В [3] розглянуто електромеханічні процеси, що протікають при підйомі вантажу мостовим краном. В [4] продемонстрований алгоритм оптимізації параметрів

двомасової електромеханічної системи маніпулятора. Також в роботі [5] показана можливість реалізації паливних перехідних процесів кранових механізмів. В [6,7] розглядаються практичні результати обмеження динамічних навантажень в ДЕМС за рахунок демпфуючого ефекту електроприводу, в [8] запропоновано схему, що дозволяє забезпечити ефективне управління режимами роботи кранових механізмів при їх модернізації.

1. Мета роботи

Мета роботи – продемонструвати можливість мікропроцесорного управління пуском електромеханічної системи з люфтом, що забезпечує мінімальний час перехідних процесів і демпфірування коливань підвішеного вантажу з одночасним обмеженням при виникаючих при цьому динамічних навантажень в кінематичних ланках.

Завдання даної роботи - розробка програми для промислового контролера відповідно до алгоритму управління для використання в лабораторному практикумі здобувачів вищої освіти.

2. Двомасова електромеханічна система з люфтом

Раніше [9] розглядався закон оптимального управління для механізмів горизонтального переміщення, наведеного на рис. 1.

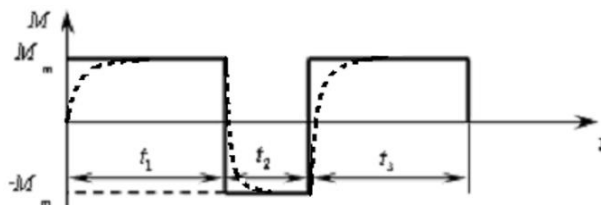


Рис. 1. Зміна управляючого впливу при оптимальному законі управління

Розглянемо вплив стрибкоподібної зміни зусилля на навантаження в ланках кінематичної передачі реального механізму горизонтального переміщення за допомогою розрахункової схеми двомасової електромеханічної системи (ДЕМС), наведеної на рис. 2, в якій пружний (податливий) зв'язок між двигуном і візком (поворотною платформою) володіє кінцевим значенням жорсткості C_y .

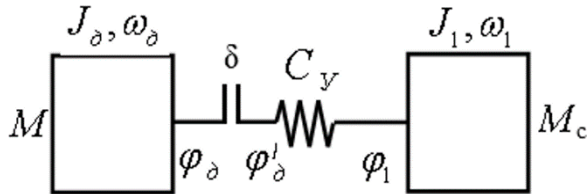


Рис. 2. Розрахункова схема ДЕМС

Тут ротор двигуна з моментом інерції J_δ , механізм повороту з моментом інерції J_1 , M – момент (зусилля) двигуна, ω_δ і ω_1 – кутові швидкості обертання двигуна і робітничого органу відповідно, $M_y = C_y(\varphi_\delta - \varphi_1)$ – момент пружної деформації між двигуном і механізмом; саме цей момент навантажує кінематичну передачу механізму; δ – еквівалентний зазор в передачі.

Відомо, що вибір зазору може приводити до підвищених динамічних навантажень в механічній частині кінематичної передачі, що визначається за допомогою коефіцієнта динамічності:

$$K_D = \frac{M_{y \max}}{M_{y \text{ср}}},$$

де $M_{y \text{ср}}$ та $M_{y \max}$ – середнє і максимальне значення моменту пружної деформації відповідно.

Час досягнення пружним моментом екстремальних значень:

$$t_{\max} = \frac{1}{\Omega} \left[\pi - \arctg \frac{C_y}{M_{y \text{ср}} \Omega} \sqrt{\frac{2\delta M_m}{J_\delta}} \right],$$

$$t_{\min} = \frac{1}{\Omega} \left[2\pi - \arctg \frac{C_y}{M_{y \text{ср}} \Omega} \sqrt{\frac{2\delta M_m}{J_\delta}} \right].$$

а також максимальне і мінімальне значення пружного моменту:

$$M_{\max} = M_{y \text{ср}} + \sqrt{M_{y \text{ср}}^2 + \frac{C_y^2}{\Omega^2} \frac{2M_m \delta}{J_\delta}},$$

$$M_{\min} = M_{y \text{ср}} - \sqrt{M_{y \text{ср}}^2 + \frac{C_y^2}{\Omega^2} \frac{2M_m \delta}{J_\delta}},$$

визначаються при вирішенні диференціального рівняння для двомасової ЕМС після вибору зазору δ без урахування втрат на дисипацію [10]:

$$T^2 \frac{d^2 M_y}{dt^2} + M_y = M_{y \text{ср}}$$

При початкових умовах

$$M_y = 0, \quad \frac{dM_y}{dt} = C_y \sqrt{\frac{2M_m \delta}{J_\delta}},$$

до моменту закінчення вибору зазору, момент пружної деформації визначається наступним виразом:

$$M_y = M_{y \text{ср}} (1 - \cos \Omega t) + \sqrt{\frac{2C_y M_m J_1 \delta}{J}} \sin \Omega t,$$

Залежність моменту пружного зв'язку від часу при пуску ДЕМС приведено на рис. 3, де час вибору зазору

$$t_z = \frac{\sqrt{J_\delta \delta}}{\sqrt{M_m - M_c}}$$

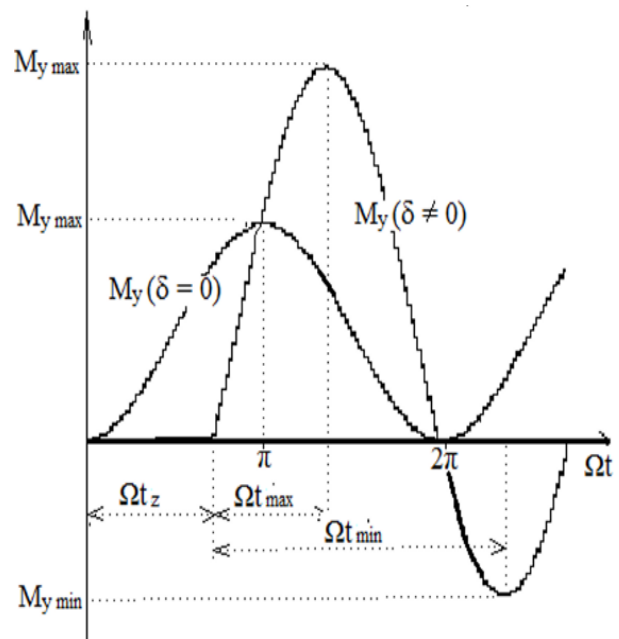


Рис. 3. Залежність моменту пружного зв'язку від часу при пуску ДЕМС

3. Зниження навантажень в кінематичних передачах двомасової електромеханічної системи

Раніше було показано, що коефіцієнт динамічності істотно залежить від початкових умов в момент перемикання управляючого впливу:

$$K_{\delta 2} = \left| 1 - 2 \frac{M}{M_{ycp}} \frac{J_1}{J} \right| + \sqrt{\left(\frac{M_{yкин2}}{M_{ycp}} + \frac{2M}{M_{ycp}} \frac{J_1}{J} - 1 \right)^2 + \left(\frac{C_y w_{32}}{\Omega \cdot M_{ycp}} \right)^2},$$

$$K_{\delta 3} = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_{yкин3}}{M_{ycp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{C_y w_{33}}{\Omega \cdot M_{ycp}} \right)^2},$$

де $M_{yкин2}$ і $M_{yкин3}$ кінцеві значення моменту, w_{33} і w_{32} різниця швидкостей першої та другої мас в момент перемикання $t = t_1$ і $t = t_1 + t_2$ відповідно.

Змінюючи управляючий вплив в моменти часу

$$t = \frac{2\pi n}{\Omega},$$

де частота власних коливань

$$\Omega = \sqrt{C_y \frac{J}{J_\delta J_1}}$$

можна досягти суттєвого зниження навантаження в кінематичних передачах без зазору та демпфування підвішеного вантажу.

Перехідні процеси в кінематичних передачах двомасової електромеханічної системи без люфту при зміні управляючого стрибкоподібного впливу приведені на рис. 4 (а, б).

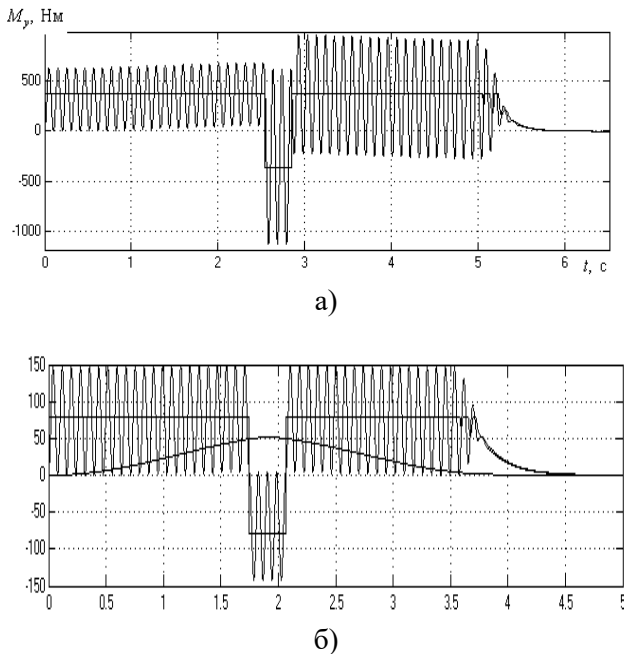


Рис. 4. Перехідний процес моменту пружної деформації в електромеханічній системі при зміні управляючого стрибкоподібного впливу (а), стрибкоподібно в моменти часу $T_m / (2\pi / \Omega)$ (б)

Графік залежності коефіцієнта динамічності від початкових умов при пуску для $J_1 / J_\delta = 13$ та $\delta = 0,5$ рад і 7 рад представлений на рис. 5.

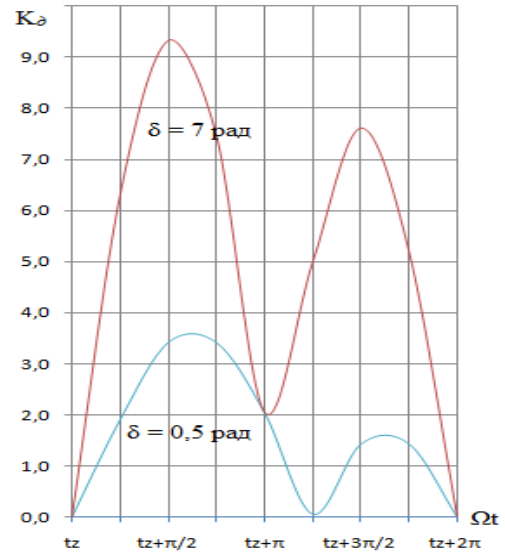


Рис. 5. Залежність коефіцієнта динамічності від початкових умов при пуску для $\delta = 0,5$ рад та $\delta = 7$ рад

Без наявності люфту або при невеликому його значенні (0,5 рад) коефіцієнт динамічності можна знизити до допустимих меж при одночасному демпфуванні коливань підвішеного вантажу, якщо в режимі пуску задати управляючий вплив, який буде змінюватися по експоненті рис. 1

$$M = M_m (1 - e^{-t/T_m}),$$

На коефіцієнт динамічності при цьому впливатиме тільки темп наростання моменту T_m і частота власних коливань Ω :

$$K_\delta = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + T_m^2 \Omega^2}}$$

Перехідний процес при зміні управляючого впливу по експоненційному закону приведено на рис. 6.

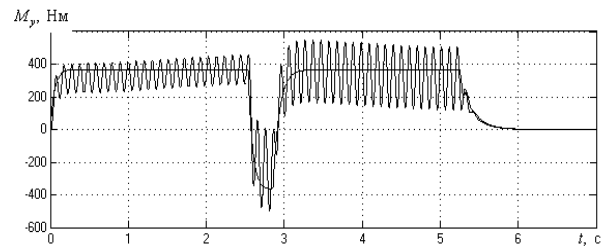


Рис. 6. Перехідний процес моменту пружної деформації в електромеханічній системі при зміні управляючого впливу по експоненті

Зміна динамічних навантажень в залежності від постійної часу T_m при зміні задає впливу по експоненті в ДЕМС з співвідношенням моментів інерції $J_1 / J_\delta = 13$ і $\delta = 0,5; 3$ та 7 рад при відсутності статичного моменту представлено на рис. 7.

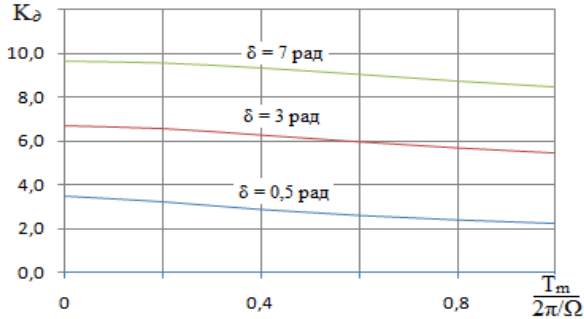


Рис. 7. Залежність коефіцієнта динамічності від постійної часу T_m в ДЕМС з $J_1 / J_\delta = 13$

Щоб уникнути великих навантажень в передавальних кінематичних ланках при виборі зазорів в зубчастих передачах, на час вибору зазору використовують управління, при якому двигун розвиває невеликий момент M_1 , достатній лише для розгону самого двигуна, а потім стрибком змінюється до максимального M_m (характеристика 1 на рис. 8) [11]:

$$M_1 = \frac{K_{om}(K_{om} - 2)}{2\delta C_{12}} M_m^2,$$

де K_{om} – допустимий коефіцієнт динамічності, задаючи який можна визначити M_1 .

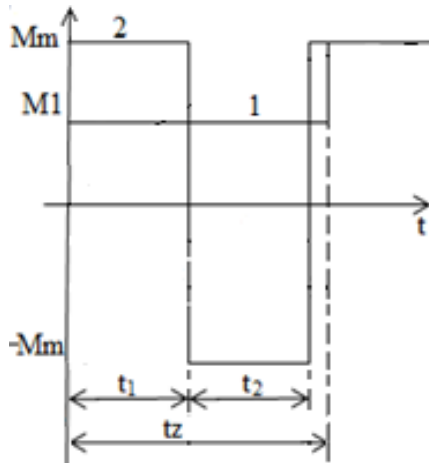


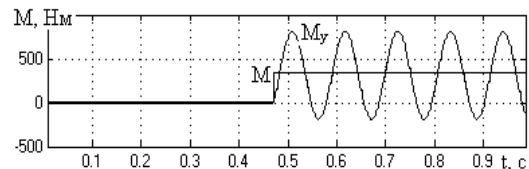
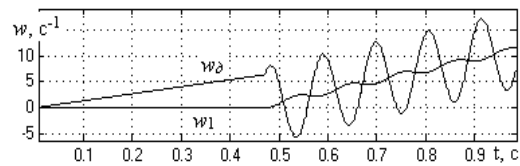
Рис. 8. Управління для зниження навантажень в кінематичних передачах ДЕМС з люфтом

Зміна управляючого впливу, при якому часи перемикання визначаються з умови рівності нулю швидкості двигуна до моменту вибору зазору (характеристика 2 на рис. 8)

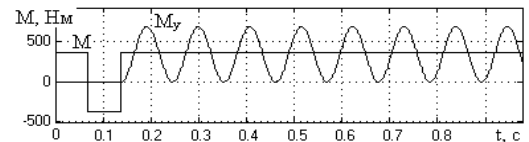
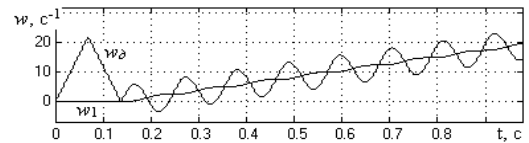
$$t_1 = t_2 = \sqrt{\frac{\delta J_\delta}{2M}}$$

знижує динамічні навантаження і забезпечує мінімальний час перехідного процесу.

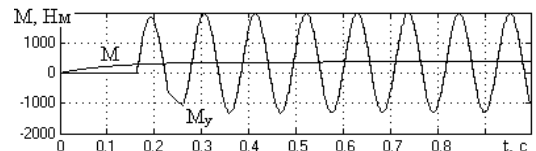
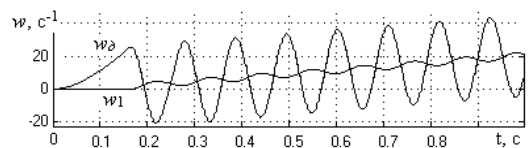
Для підтвердження результатів розрахунку за наведеними формулами проведено моделювання відомим методом по структурній схемі ДЕМС. Процеси пуску в ДЕМС при співвідношенні моментів інерції $J_1 / J_\delta = 13$ і значенні зазору $\delta = 3$ рад в передачах при різному управлінні, отримані при моделюванні, представлені на рисунку 9.



а)



б)



в)

Рис. 9. Пуск при $J_1 / J_\delta = 13$ і $\delta = 3$ рад: (а) – розгін на зниженій швидкості, (б) – забезпечення нульової швидкості двигуна в момент вибору зазору, (в) – зміна моменту по експоненті, $T_m / (2\pi / \Omega) = 1$

Очевидно, що зі збільшенням зазору зростає також коефіцієнт динамічності. Наявність статичного моменту призводить до зниження динамічних навантажень, однак при величині зазору більше 0,5 рад миттєво змінювати момент неприпустимо. Розгін на зниженій швидкості обмежує динамічні навантаження, хоча в ДЕМС з малим значенням моменту інерції J_1 експериментальні значення коефіцієнта динамічності перевищують розрахункові на 25%. При управляючій дії, що забезпечує нульову швидкість двигуна на момент вибору зазору досягається мінімальне значення динамічних навантажень, незалежно від співвідношення моментів інерції і значення зазору, однак потрібні дані про реальну величину зазору і можливість перемикання з необхідною точністю. Зміну управляючого впливу по експоненті можна рекомендувати в ДЕМС з великим значенням моменту інерції J_1 і величиною зазору до 1 рад.

4. Управління електроприводом механізму поздовжнього руху з підвищенням вантажем промисловим мікроконтролером

Програма мікроконтролера формується за допомогою рівнянь, складених для вирішення чисельними методами інтегрування та методу кінцевих збільшень. Оскільки в програмі необхідно проводити розрахунки з великою точністю, для реалізації необхідної програми оптимального управління був обраний контролер TWIDO TWDLMDA40DTK, що дозволяє здійснювати операції з цифрами з плаваючою точкою.

Для управління процесом пуску на зниженій швидкості (характеристика 2 на рис.1) або в два етапи з забезпеченням нульової швидкості двигуна в момент вибору зазору (характеристика 3 на рис.1), необхідно досить точно визначити величину зазору і часи перемикання. На підставі цих даних складається програма роботи процесора, який і буде таким чином управляти приводом.

На підставі дослідження оптимальних перехідних процесів механізму переміщення можна виділити наступні функції, які доцільно покласти на контролер:

1. збір і аналіз даних, які встановлюються оператором, одержуються від датчиків, а також є постійними для конкретної електромеханічної системи;

2. вибір закону зміни сигналу управління на підставі даних конкретної електромеханічної системи;

3. розрахунок частоти коливань, швидкості, при якій під час розгону завершиться ціле

число періодів розрахунок тривалості етапів перехідного процесу;

4. формування сигналу управління для реалізації оптимальних перехідних процесів.

5. реєстрацію даних для відображення на віртуальному осцилографі.

Програма реалізована на базі промислового мікроконтролера серії TWIDO виробництва Schneider Electric з програмним забезпеченням TwidoSuite.

Система може бути доповнена рівняннями, що описують лінійну або нелінійну механічну характеристику електроприводу.

На рис. 10, представлений алгоритм управління що реалізує зниження навантажень в кінематичних передачах під час перехідних процесів, збільшує швидкодію і демпфує коливання підвищеного вантажу.

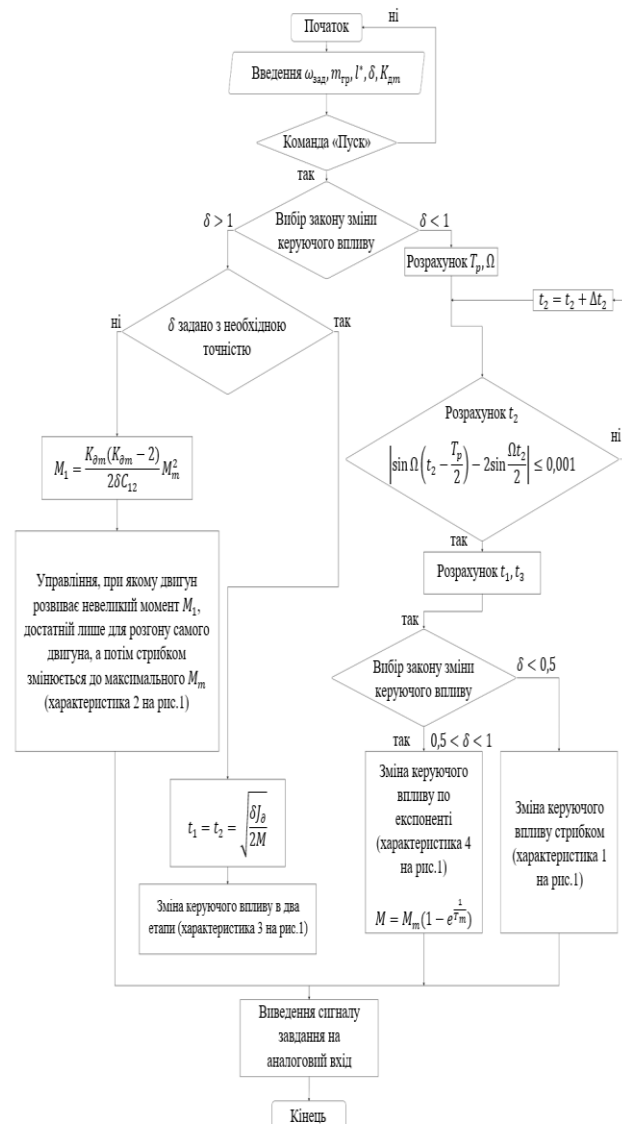


Рис. 10. Алгоритм управління електроприводом поздовжнього руху

5. Моделювання двомасової електромеханічної системи в TWIDO SUITE

TwidoSuite є графічним середовищем розробки для створення, конфігурації і підтримки додатків для програмованих контролерів Twido, що дозволяє створювати програми на різних типах мов і потім переносити додаток на контролер.

При створенні програм для управління Twido використовуються мова списку інструкцій - набір логічних виразів, записаних як послідовність булевих інструкцій, мова сходових діаграм - графічний засіб для відображення логічного виразу та мова Grafset - набору кроків і переходів.

Оборотність мов списку інструкцій та сходової логіки дозволяє зручно переносити програми з однієї мови на іншу. Для моделювання двомасової системи використовувались три контролери, один для розрахунків TWDLMDA40DTK та два TM2AVO2HT для виводу графіків на осцилограф (рис. 11).

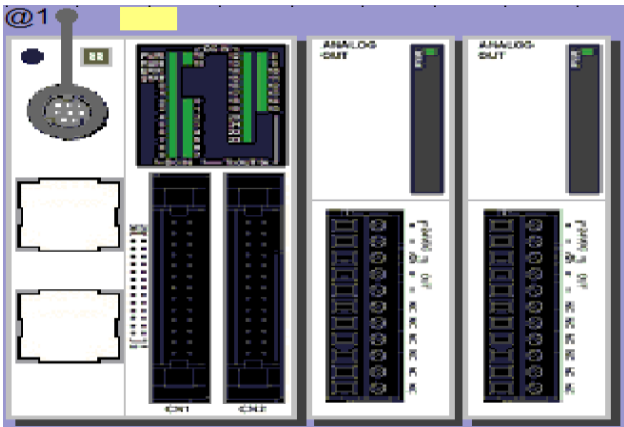


Рис. 11. Діалогове вікно вибору контролерів

У відповідності з запропонованим алгоритмом розроблена програма на мові сходових діаграм (рис. 12)

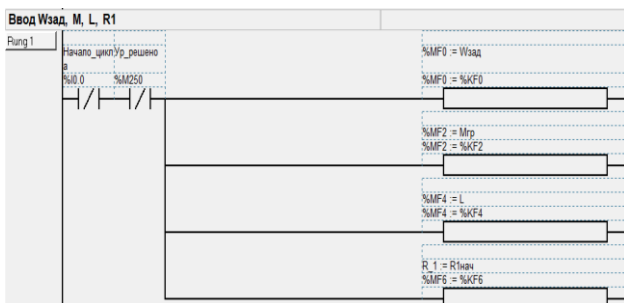


Рис. 12. Програми на мові сходових діаграм

На рис. 13 і рис. 14 приведені відповідно діалогові вікна вводу даних конкретної електромеханічної системи та виводу на осцилограф графіків з аналогових виходів мікроконтролера.

Used	Equ. Used	Address	Symbol	Float
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF0	Wзад	104.67
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF1		2.004078
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF2	Mтр	20000.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF3		2.532987E-0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF4	L	20.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF5	R1нач	2.354181E-0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF6		20.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF7		2.354181E-0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF8	Rпл	6.5
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF9		3.696646E+
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF10	Mст	15000.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF11		-2.423047E+
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF12	Mпл	130000.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF13		4.174216E-0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	%KF14	Jдв	0.6375
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	%KF15		-2.003854

Рис. 13. Фрагмент діалогового вікна

Маючи робочу програму і не потребуючи її редагування, можна перейти в режим симуляції.

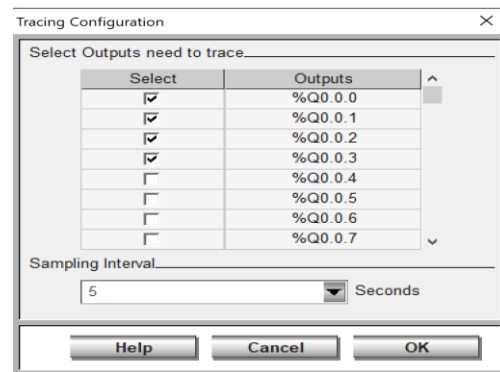


Рис. 14. Фрагмент діалогового вікна

У полях під формулами відбувається циклічний розрахунок, завдяки чому можливо бачити зміни в графіку.

На рисунку 15 наведено перехідний процес зміни завдання впливу по експоненті з розрахованим на підставі параметрів конкретної електромеханічної системи часом перемикання етапів. Програмна реалізація зміни керуючого впливу вмиль не представляє складності. Зміна керуючого впливу відповідно до рис. 8 значно простіше в реалізації. При зміні параметрів електромеханічної системи перед моделюванням можна отримати перехідні процеси ідентичні приведення на рис. 4 (б) ($\delta < 0,5$ рад)

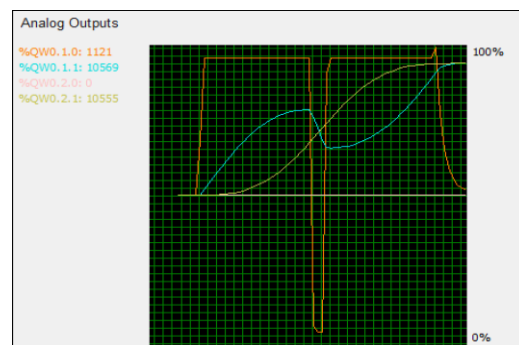


Рис. 15. Осцилограма перехідного процесу в режимі Simulation

Висновки.

Показана можливість реалізації мікропроцесорного управління асинхронним електроприводом механізму поступального переміщення з підвишеним вантажем, розроблено алгоритм управління, що забезпечує зниження динамічних навантажень в кінематичних елементах, а при невеликих значеннях зазору забезпечує швидкість і гасіння коливань підвишеного на гнучкій нитці вантажу. На базі промислового контролера реалізована програма управління електроприводом.

Розроблений спосіб управління механізмами дозволяє обмежити коливання вантажу при високій швидкості ЕМС і таким чином підвищити продуктивність процесу і точність позиціонування. Одночасно запропоновані методи обмеження навантажень в кінематичних передачах при оптимальному управлінні дозволяють збільшити термін експлуатації цих електромеханічних систем. Запропоновані функціональні схеми і розроблені алгоритми управління базуються на сучасних компонентах систем автоматизації, а реалізація запропонованого мікропроцесорного управління на базі сучасного програмованого контролера TWIDO TWDLMDA40DTK і отримані експериментальні дані дозволяють дати рекомендації щодо його практичного впровадження.

Моделювання в TwidoSuite перехідних процесів електромеханічних систем з різними параметрами може бути використано в лабораторному практикумі здобувачів при вивченні курсів "Електромеханічні системи автоматизації", "Динаміка складних електромеханічних систем", "Методи оптимізації в електроінженерії"; TwidoSuite легке в освоєнні.

Список використаної літератури

1. Герасимьяк Р. П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем [Текст] / Р. П. Герасимьяк, В. А. Лещёв // СМІЛ. – Одесса: 2008. – 192 С.
2. Бушер, В. В., Найденко, Е. В. Учебный программно-аппаратный макет для исследования двухмассовой электромеханической системы [Текст] / В. В. Бушер, Е. В. Найденко // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев, Техника: – 2015. – Вып.20 (96). – С.15–21.
3. Варламов В. В. Моделирование перегрузок механизма подъема мостовых кранов металлургических предприятий [Текст] / В. В. Варламов, М. В. Кипервассер, А. В. Герасимук // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия – Москва: – 2019. – С.646–651.
4. Максимов Н. М. Алгоритм оптимизации параметров двухмассовой электромеханической

системы манипулятора [Текст] / Н. М. Максимов, Н. В. Савостеенко, К. Д. Семенова, А. А. Киселева, К. Э. Панов // Южно-Уральский Государственный Университет. – Самара: – 2019. – С.54–57.

5. Фираго, Б. И., Васильев, Д. С. Применение устройств плавного пуска и торможения асинхронных двигателей в электроприводах крановых механизмов передвижения [Текст] / Б. И. Фираго, Д. С. Васильев // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев, Техника: – 2011. – Вып.4 (80). – С.30–38.

6. Задорожный, Н. А., Пономарев, Н. С. Исследование динамических свойств ДЭМС по амплитудно-частотным характеристикам. [Текст] / Н. А. Задорожный, Н. С. Пономарев // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Киев, Техника: – 2011. – Вып.3(79). – С.28–32.

7. Задорожная, И. Н. Задорожный, Н. А. Исследование влияния степени электромеханической связи на демпфирующее действие электропривода с упругими связями [Текст] / И. Н. Задорожная, Н. А. Задорожный // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Киев, Техника: – 2014. – Вып.15(91). – С.99–103.

8. Андриенко, П. Д., Андриенко, Д. С., Коцур, М. И., Калюжный, С. В. Энергоэффективное торможение противовключением асинхронного двигателя с фазным ротором [Текст] / П. Д. Андриенко, Д. С. Андриенко, М. И. Коцур, С. В. Калюжный // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Киев, Техника: – 2014. – Вып.15(91). – С.89–91.

9. Найденко, Е. В. Управление электроприводом механизмов горизонтального перемещения с подвешенным грузом [Текст] / Найденко Е. В. // Электромашинобуд. і електрообл. – Киев, Техника: – 2007. – Вип. 69. – С.17–22.

10. Найденко Е. В. Управление электроприводом механизмов горизонтального перемещения з підвишеним вантажем промисловим контролером [Текст] / Е. В. Найденко, Д. С. Загуменнов // Электромеханічні та комп'ютерні системи. – Одеса: – 2020. – Вип.33(109). – С.46–53.

11. Найденко, Е. В. Двухмассовая электромеханическая система с люфтом в передаче в режиме пуска [Текст] / Е. В. Найденко // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев, Техника: – 2016. – Вып.21(97). – С.36–42.

References

1. Gerasimyak, R. P. (2008) Analysis and synthesis of crane electromechanical systems

[Analiz i sintez kranovyh elektromekhanicheskikh sistem] Odessa, SMIL. P.192. (in Russian)

2. Busher, V. V., Najdenko, E. V. (2015) Educational hardware and software model for the study of a Two-mass Electromechanical System [Uchebnyj programmno-apparatnyj maket dlya issledovaniya dvuhmassovoj elektromekhanicheskoy sistemy] Electro-technical and computer systems. Kiev, Technics. No.17 (93). P.15–22. (in Russian)

3. Varlamov, V. V., Kipervasser, M. V., Gerasimuk, A. V. (2019) Simulation of overloads of the lifting mechanism of bridge cranes of metallurgical enterprises [Modelirovanie peregruzok mehanizma pod"ema mostovyh kranov metallurgicheskikh predpriyatij] Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaya metallurgiya. Moscow. P.646–651. (in Russian)

4. Maksimov, N. M., Savosteenko, N. V., Semenova, K. D., Kiseleva, A. A., Panov, K. E. (2019) Algorithm for optimization of parameters of a two-mass electromechanical system of a manipulator [Algoritm optimizacii parametrov dvuhmassovoj elektromekhanicheskoy sistemy manipulyatora] South Ural State University. Samara. P.54–57. (in Russian)

5. Firago, B. I., and Vasilyev, D. S. (2011) The use of soft starters and braking asynchronous motors in electric crane mechanisms of movement [Primenenie ustrojstv plavnogo puska i tormogeniya asinhronnih dvigatelej v elektroprivodah kranovyh mehanizmov peredvigenija] Electrical and Computer Systems. Kiev, Technics. No.4 (80). P.30–38. (in Russian)

6. Zadorozhnyj, N. A., Ponomarev, N. S. (2011) DEMS study of the dynamic properties for the amplitude-frequency characteristics [Issledovanie mehanicheskikh svojstv DEMS po amplitudno-chastotnim harakteristikam]. Problems of automated electric. Theory and practice. Kiev, Technics. No.3 (79). P.28–32. (in Russian)

7. Zadorozhnyaya, I. N., Zadorozhnii, N. A. (2014) Investigation of the influence degree of electromechanical coupling in the damping effect of actuator and elastic constraints / problems of automated electric [Issledovanie vlijaniya stepeni elektromekhanicheskoy svyazi na dempfirujushchee dejstvie elektroprivoda s uprugimi svyazjami] Theory and practice. Kiev. Technics. No.15 (91). P.99–103. (in Russian)

8. Andrienko, P. D., Andrienko, D. S., Kocur, M. I., Kalyuzhny, S. V. (2014) Energy efficient braking opposition asynchronous motor with wound rotor [Energoeffektivnoe tormogenie protivovklucheniem asinhronnogo dvigatelja s faznim rotorom] Problems automated electric. Theory and practice. Electro-technical and computer systems. Kiev, Technics. No.15 (91). P.89–91. (in Russian)

9. Naydenko, E. V. (2007) Control of the electric drive of horizontal movement mechanisms with a suspended load [Upravlenie elektroprivodom mehanizmov gorizontalnogo peremeshcheniya s podveshennym gruzom] Elektromashinobud. i elektroobl. Kiev, Technics. No.69. P.17–22. (in Russian)

10. Naydenko, E. V., Zahumennov, D. S. (2020) Electric drive control of horizontal displacement mechanisms with adjustable vantage by an industrial controller [Upravlinnya elektroprivodom mehanizmiv gorizontalnogo peremishchennya z pidvishenim vantazhem promislivim kontrolerom] Electrotechnical and computer systems. Odessa. No.33 (109). P.46–53. (in Ukrainian)

11. Naydenko, E. V. (2016) Two-mass Electromechanical System with gear backlash in start mode [Dvuhmassovaya elektromekhanicheskaya sistema s lyuftom v peredache v rezhime puska] Electro-technical and computer systems. Kiev, Technics. No.21 (97). P.36–42. (in Russian)

MICROPROCESSOR CONTROL OF TWO-MASS ELECTROMECHANICAL SYSTEM

E. Naydenko, D. Zahumennov

Odessa Polytechnic State University

Abstract. *All lifting mechanisms operate in a cyclic mode. It is important that these mechanisms operate in a constant mode. The time of their transients is relatively short, due to the fact that the moment of inertia of all working elements with the load reduced to the motor shaft is 8-12% of the moment of inertia of the motor rotor together with the clutch and brake pulley. Dynamic moments in transients are transmitted through kinetic links, significantly loading them. The elements of the transmission device from the engine to the working body and the metal structure are characterized by elasticity and the available backlash in the gears. Control and disturbances in such electromechanical systems cause transients associated with the exchange of energy between its links, create vibrations, reduce the accuracy of installation and quality of operations and cause additional loads in the links of the kinematic circuit. The possibility of microprocessor control of start-up of electromechanical system with backlash with simultaneous restriction at the arising at*

the same time dynamic loadings in kinematic links is considered. An algorithm and a program for controlling an industrial controller are proposed. The simulation results are given. The purpose of the work is to demonstrate the possibility of microprocessor control of the start of the electromechanical system with backlash, which provides the minimum time of transients and damping of oscillations of the suspended load with simultaneous restriction at the resulting dynamic loads in the kinematic links. The task of this work is to develop a program for an industrial controller in accordance with the control algorithm.

Keywords: *microprocessor control, dual-mass electromechanical system, dynamic loads, moment of inertia, control system.*

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Е. В. Найденко, Д. С. Загумённов

Государственный университет «Одесская политехника»

Аннотация. *Рассматривается возможность микропроцессорного управления пуском электро-механической системы с люфтом с одновременным ограничением возникающих при этом динамических нагрузок в кинематических звеньях. Предлагается алгоритм и программа управления промышленным контроллером. Приводятся результаты моделирования. Задача состоит в разработке программы для контроллера в соответствии с алгоритмом управления, реализации необходимого управления конкретной электро-механической системой, а также демонстрация результатов моделирования.*

Ключевые слова: *микропроцессорное управление, двухмассовая электро-механическая система, динамические нагрузки, момент инерции, система управления.*

Отримано 14.04.2021



Найденко Олена Валеріївна, Державний університет «Одеська політехніка», кандидат технічних наук, доцент кафедри електромеханічної інженерії. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: alena2808@ukr.net, тел. +38-048-705-84-67

Elena Naydenko, Odessa Polytechnic State University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of electromechanical engineering. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: alena2808@ukr.net, Phone: +38-048-705-84-67

ORCID ID: 0000-0001-5684-5617



Загуменнов Дмитро Сергійович, Державний університет «Одеська політехніка», студент кафедри електромеханічної інженерії. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: zagumionnov6@gmail.com, тел. +38-063-744-24-81

Zahumennov Dmytro, University Odessa Polytechnic State, Student, Department of electromechanical engineering. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, E-mail: zagumionnov6@gmail.com, Phone: +38-063-744-24-81

ORCID ID: 0000-0001-8115-5706