

УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНІЗМІВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ З ПІДВІШЕНИМ ВАНТАЖЕМ ПРОМИСЛОВИМ КОНТРОЛЕРОМ

О. В. Найденко, Д. С. Загуменнов

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. Розроблено алгоритм управління електроприводом механізму горизонтального переміщення з підвішеним вантажем. Розглядається можливість створення програми управління промисловим мікроконтролером. Пропонується реалізація різних способів управління для зниження динамічних навантажень в кінематичних елементах з наявністю люфта та без нього, підвищення швидкодії і демпфування коливань підвішеного вантажу. Приводяться результати моделювання.

Ключові слова: двомасова електромеханічна система, промисловий контролер, динамічні навантаження, момент інерції, система керування.

Вступ

Однією з основних проблем промислової, будівельної та інших галузей є висока динамічна завантаженість підйомно-транспортного устаткування. Численними дослідженнями встановлено, що механічні коливання в більшості випадків негативно діють на роботу електроприводу, викликаючи підвищення динамічних навантажень, що призводить до зменшення точності роботи механізму, виникнення механічних вібрацій, які створюють небезпечну ситуацію. При перехідних процесах, коли точка підвісу вантажу рухається з прискоренням, виникає розгойдування вантажу щодо свого положення рівноваги. Вантаж і підвіс утворюють маятник з рухомою точкою підвісу, яка закріплена на візку мостового крана. Під дією зусилля, прикладеного до точки підвісу від приводів пересування, що транспортується вантаж здійснює коливання в площині руху механізму. Амплітуда і період коливань вантажу залежать від зміни довжини підвісу вантажу і ваги вантажу. Близько 20% часу повного циклу перевантажувальних операцій витрачається на очікування завершення коливань вантажу. Крім того, розгойдування вантажу призводить до збільшення динамічного навантаження на привід і металеву конструкцію крану.

Останні роки у публікаціях доволі часто представлені матеріали досліджень таких електромеханічних систем, що свідчить про підвищений інтерес до даної теми. В роботі [1] приведений синтез модального регулятора, що забезпечує аперіодичний перехідний процес. В [2] показано, що можливі дев'ять видів перехідних характеристик двомасової пружної електромеханічної системи, що відповідають дев'яти розкладами коренів характеристичного рівняння. В [3] розглядаються переваги релейних систем керування

зі змінною амплітудою керуючого впливу. В [4] описано метод структурного моделювання за допомогою граничних пружних зв'язків. В роботі [5] представлений навчальний програмно-апаратний макет для дослідження двомасової електромеханічної системи. Також в роботі [6] показана можливість реалізації паливних перехідних процесів кранових механізмів. В [7,8] розглядаються практичні результати обмеження динамічних навантажень в ДЕМС за рахунок демпфуючого ефекту електроприводу, в [9] запропоновано схему, що дозволяє забезпечити ефективне управління режимами роботи кранових механізмів при їх модернізації.

1. Мета роботи

Метою роботи є керування механізмом горизонтального переміщення з підвішеним вантажем промисловим контролером, що реалізує зниження навантажень в кінематичних передачах під час перехідних процесів, збільшує швидкість і демпфує коливання вантажу.

Завдання полягає в розробці алгоритму управління і демонстрації можливості реалізації потрібних законів керування промисловим контролером.

2. Оптимальне управління крановим механізмом пересування

Раніше було показано [10], що при управлінні механізмом поступового руху зміною керуючого впливу відповідно до закону, наведеного на рис. 1, забезпечується мінімальний час розгону і гальмування, а нитка з вантажем наприкінці перехідного процесу розташовується вертикально.

Час тривалості кожного етапу визначаються з наступних співвідношень:

$$t_1 = t_3, t = t_1 + t_2 + t_3 = T_p + 2t_2,$$

де час t_2 визначається при рішенні рівняння:

$$\sin \Omega \left(t_2 + \frac{T_p}{2} \right) = 2 \sin \frac{\Omega t_2}{2},$$

в якому де $T_p = \frac{V_{1зад}}{Mm}$ – це час розгону до заданої швидкості маси візка і вантажу, при відсутності його розгойдування і дії незмінного керуючого впливу.

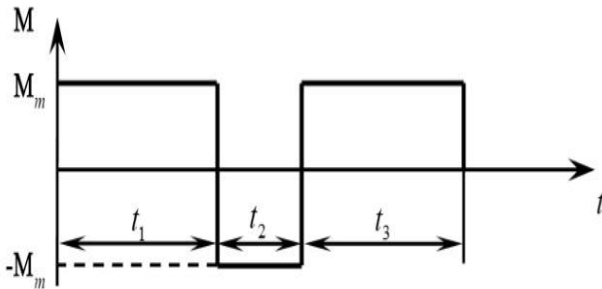


Рис. 1. Діаграма зміни керуючого впливу

Для врахування впливу стрибкоподібного закону зміни зусилля на навантаження в ланках кінематичної передачі доцільно розглядати двомасову електромеханічну систему (ДЕМС), в якій пружна (податлива) зв'язок між двигуном і робочим органом володіє кінцевим значенням жорсткості [6]. Розрахункова схема такої ДЕМС після приведення всіх елементів до валу двигуна наведена на рис. 2.

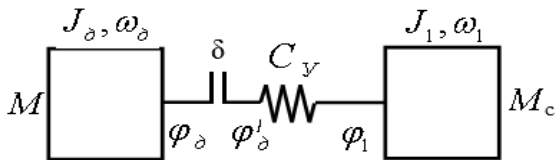


Рис. 2. Розрахункова схема ДЕМС

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

3. Зниження навантажень в кінематичних передачах при управлінні двомасовою електромеханічною системою в режимі гальмування

Вплив стрибкоподібного закону зміни зусилля на навантаження в ланках кінематичної передачі, в якій пружний зв'язок між двигуном і механізмом переміщення - вали механічної пере-

дачі - володіє кінцевим значенням жорсткості, розглядався в [11].

Було показано, що коефіцієнт динамічності

$$K_d = \frac{M_{y\max}}{M_{ycp}};$$

істотно залежить від початкових умов в момент перемикання керуючого впливу

$$K_{d2} = \left| 1 - 2 \frac{M}{M_{ycp}} \frac{J_1}{J} \right| + \sqrt{\left(\frac{M_{yкин2}}{M_{ycp}} + \frac{2M}{M_{ycp}} \frac{J_1}{J} - 1 \right)^2 + \left(\frac{C_y w_{32}}{\Omega \cdot M_{ycp}} \right)^2}.$$

$$K_{d3} = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_{yкин3}}{M_{ycp}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{C_y w_{33}}{\Omega \cdot M_{ycp}} \right)^2}$$

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.

Початкові умови, в свою чергу визначаються попереднім режимом роботи ЕМС [12]. Зміну керуючого впливу доцільно здійснювати в момент часу

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

де

$$\Omega = \sqrt{C_y \frac{J}{J_d J_1}}.$$

це частота власних коливань, досягаючи при цьому суттєвого зниження навантаження в кінематичних передачах без зазору та демпфування підвищеного вантажу.

Перехідні процеси в кінематичних передачах двомасовій електромеханічній системі без люфту при зміні керуючого впливу стрибкоподібно приведені на рис.3 (а, б).

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

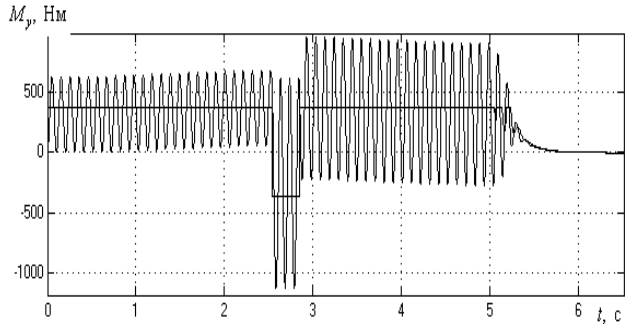
$$M = M_m (1 - e^{-t/T_m}),$$

на коефіцієнт динамічності при цьому впливатиме тільки темп наростання моменту T_m і частота власних коливань Ω [11]:

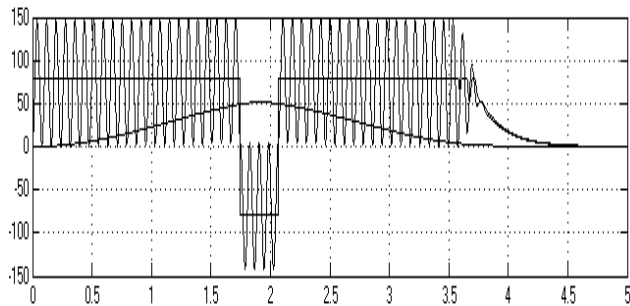
$$K_0 = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + T_m^2 \Omega^2}}$$

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

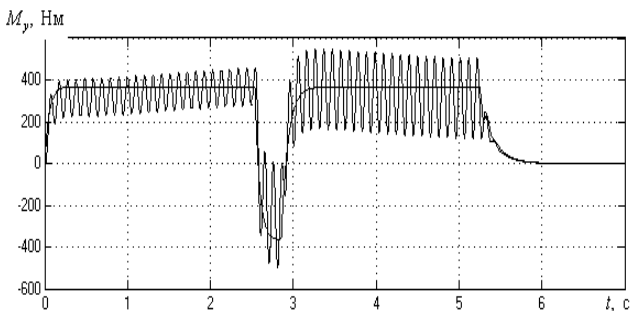
Перехідний процес при зміні керуючого впливу по експоненційному закону наведено на рис.3 (в).



а



б

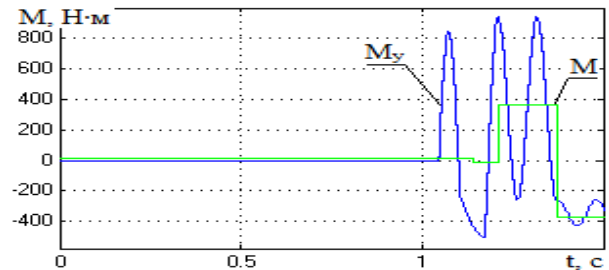


в

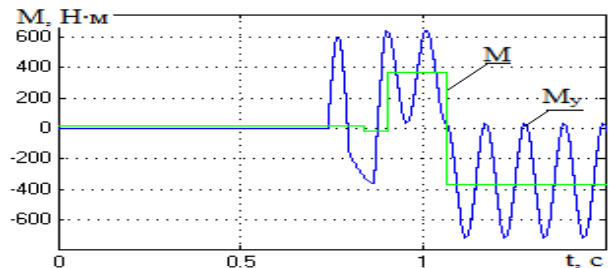
Рис. 3. Перехідний процес моменту пружної деформації в електромеханічній системі при зміні керуючого впливу стрибкоподібно (а), стрибкоподібно в моменти часу $t=2\pi/\Omega$ (б), по експоненті (в)

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 [13],

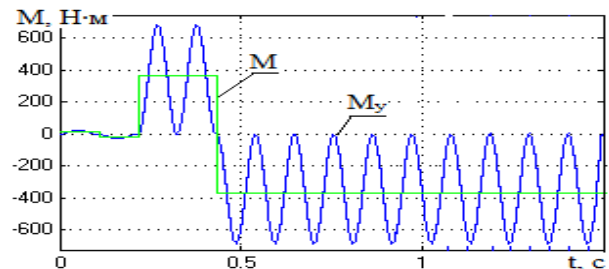
де K_{dm} - допустимий коефіцієнт динамічності, задаючись яким можна визначити M_1 . Зміна керуючого впливу таким чином дозволяє обмежити динамічні навантаження в кінематичних передачах з люфтом при пуску заданим значенням.



а



б



в

Рис. 4. Момент пружних коливань M_y при керуючому впливі, що знижує динамічні навантаження, в ДЕМС з люфтом 7 рад і різному початковому зазорі при пуску, рівному, а - δ ; б - $0,5 \cdot \delta$; в - 0.

4. Керування електроприводом механізму поздовжнього руху з підвищеним вантажем промисловим мікроконтролером

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.

На рис. 5, представлений алгоритм управління що реалізує зниження навантажень в кінематичних передачах під час перехідних процесів, збільшує швидкодію і демпфує коливання підвищеного вантажу.

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.

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

Програма реалізована на базі промислового мікроконтролера серії TWIDO виробництва SchneiderElectric з про-програмним забезпеченням TwidoSuite.

При моделюванні використовувалися про-програмне забезпечення TwidoSuite і такі дані: двигун АД 4МТН200L4

$$P_n = 15 \text{ кВт}; n_n = 710 \text{ об/мин};$$

$$M_n = 201,86 \text{ Нм}; J_\delta = 0,62 \text{ кгм}^2.$$

Механізм переміщення:

$$m_1 = 25 \text{ т}, C_y = 785,7 \text{ Нм}, V_{1зад} = 0,8 \text{ м/с}.$$

Тут радіус приведення до валу двигуна

$$R_{np} = \frac{V_{зад}}{w_n} = 0,01 \text{ м}.$$

З його допомогою визначався момент інерції механізму переміщення

$$J_1 = 4,0 \text{ кгм}^2$$

і сумарний момент інерції поворотної частини крана

$$J = J_\delta + J_1 = 4,62 \text{ кгм}^2.$$

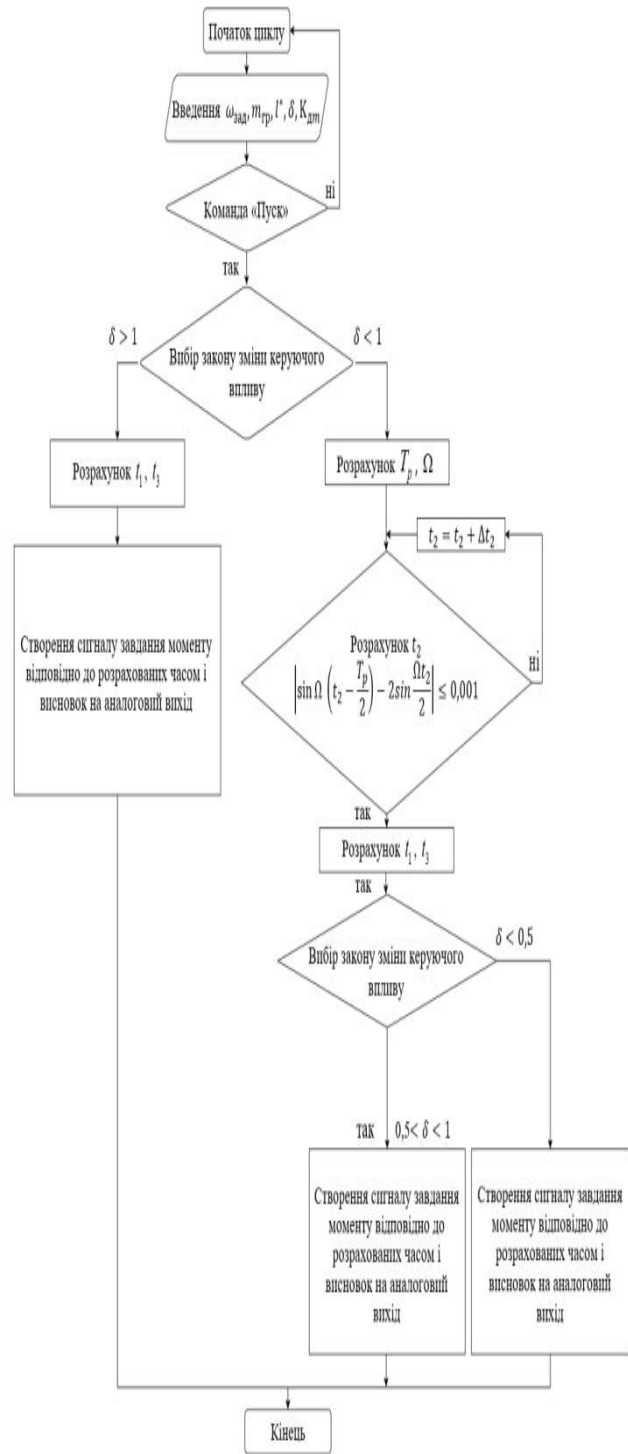


Рис. 5. Алгоритм керування електроприводом поздовжнього руху

Частота пружних коливань двомасової механічної частини двигун-механізм

$$\Omega_y = \sqrt{\frac{C_y J}{J_\delta J_1}} = 39,77 \text{ с}^{-1}.$$

Середнє значення моменту пружного зв'язку

$$M_{уср} = \frac{MJ_1}{J} = 174,77 \text{ Нм}.$$

Фіктивне час розгону до заданої швидкості $T_p = 1,787$ с.

Час t_2 знайдено з рішення рівняння (5) - $t_2 = 0,664$ с.

Тривалість першого і третього етапів

$$t_1 = t_3 = 1,225$$
 с.

TwidoSuite пропонує функцію симулятора, яка дозволяє перевірити щойно написане програму, не завантажуючи її на контролер. Симулятор Twido дозволяє запускати запрограмуєте і випробувати різні параметри, щоб перевірити, чи очікувані результати будуть отримані.

Для моделювання нам знадобляться три контролери, один для розрахунків TWDLMDA40DTK та два TM2AVO2HT для виводу графіків на осцилограф. Отримана осцилограма сигналу завдання і швидкості представлена на рис.6.

Таким чином, показана можливість реалізації мікропроцесорного керування асинхронними електроприводами механізмів переміщення з підвищеним вантажем за допомогою промислового мікроконтролера, визначені необхідний клас контролера і можливості мови програмування. Розроблена програма дозволяє МК виступати в якості спостерігача, що в подальшому може використовуватися для корекції процесів управління.

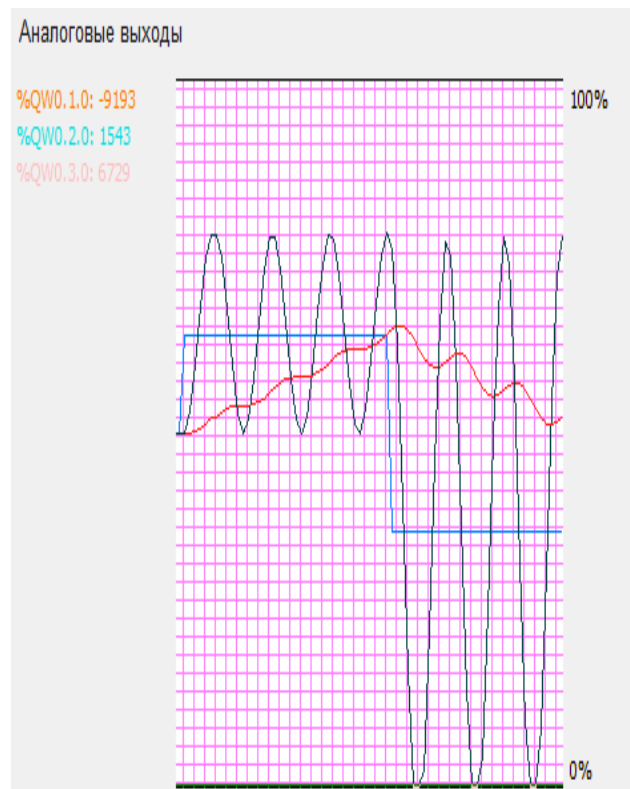
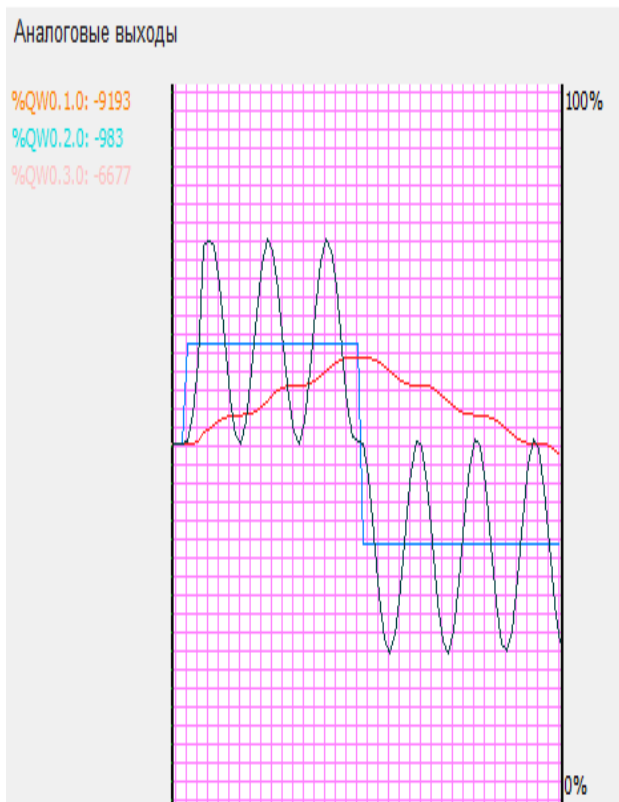


Рис. 6. Осцилограма перехідного процесу в режимі Simulation при $M_c = 0$ в момент часу $\Omega t = 2\pi n$ (а); $\Omega t = (2n + 1)\pi$ (б)

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

Список використаної літератури

1. Малёв, Н. А., Погодицкий, О. В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана [Текст] / Н. А. Малёв, О. В. Погодицкий // Казанский государственный энергетический университет. – Казань: – 2018. – № 7–8. – С. 99–106.
2. Добробаба, Ю. П., Ульрих, Р. В. Исследование переходных характеристик двухмассовой упругой электромеханической системы [Текст] / Ю. П. Добробаба, Р. В. Ульрих // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – Краснодар: – 2018. – № 11. – С.34–41.

3. Волянский, Р. С., Садовой, А. В. Синтез системы активной компенсации упругих колебаний в двухмассовом электромеханическом объекте [Текст] / Р. С. Волянский, А. В. Садовой // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: – 2015. – Т. 4. – № 7 (76). – С.21–26.
4. Шабо, К. Я. Снижение динамических нагрузок с помощью задающей модели [Текст] / К. Я. Шабо // Интернет-журнал Науковедение. – Москва: – 2017. – Т.9. – № 6. – С.88.
5. Бушер, В. В., Найденко, Е. В. Учебный программно-аппаратный макет для исследования двухмассовой электромеханической системы [Текст] / В. В. Бушер, Найденко Е. В. // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев, Техника: – 2015. – Вып.20 (96). – С.15–21.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Андриенко, П. Д., Андриенко, Д. С., Коцур, М. И., Калюжный, С. В. Энергоэффективное торможение противоклещением 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.
10. Герасимьяк, Р. П., Мельникова, Л. В. Оптимальное управление крановым механизмом передвижения [Текст] // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 1999. – № 1. – С.87–94.
11. Найденко, Е. В. Управление электроприводом механизмов горизонтального перемещения с подвешенным грузом [Текст] / Найденко Е. В. // Электромашинобуд. і електрообл. – Киев, Техника:– 2007. – Вып. 69. – С.17–22.
12. Герасимьяк, Р. П., Найденко, Е. В. Нагрузки в кинематических передачах двухмассовой электромеханической системы в режиме торможения [Текст] / Р. П. Герасимьяк, Е. В. Найденко // Электротехнические и компьютерные системы. – Киев, Техника: – 2015. – Вып. 17(93). – С.15–22.
13. 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. Malyov, N. A., Pogodickij, O. V. (2018) Research and synthesis of a modal controller of a two-mass electromechanical system of a crane hoist mechanism [Issledovanie i sintez modal'nogo regulyatora dvuhmassovoj elektromekhanicheskoy sistemy mekhanizma pod'yoma kрана] Kazan State Power Engineering University. Kazan. No.7–8. P.99–106. (in Russian)
2. Dobrobaba, Y. P., Ul'rih, R. V. (2018) Study of the transient characteristics of a two-mass elastic electromechanical system [Issledovanie perekhodnyh harakteristik dvuhmassovoj uprugoj elektromekhanicheskoy sistemy] Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubGTU". Krasnodar. No.11. P.34–41. (in Russian)
3. Volyanskij, R. S., Sadovoj, A. V. (2015) Synthesis of a system for active compensation of elastic vibrations in a two-mass electromechanical object [Sintez sistemy aktivnoj kompensacii uprugih kolebanij v dvuhmassovom elektromekhanicheskom ob'ekte] Eastern-european journal of enterprise technologies. Kharkiv. T.4. No.7 (76). P.21–26. (in Russian)
4. Shabo, K. Y. (2017) Reducing dynamic loads using a master model [Snizhenie dinamicheskikh nagruzok s pomoshch'yu zadayushchej modeli] Internet journal Science Studies. Moscow. T.9. No.6. P.88. (in Russian)
5. 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)
6. 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 pлавного пуска i tormogenija asinhronnih dvigatelej v elektroprivodah kранових

mehanizmov peredvigenija] Electrical and Computer Systems. Kiev, Technics. No.4 (80). P.30–38. (in Russian)

7. 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)

8. 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 vlijanija stepeni elektromehaničkoj svjazi na dempfirujushchee dejstvie elektroprivoda s uprugimi svjazjami] Theory and practice. Kiev. Technics. No.15 (91). P.99–103. (in Russian)

9. 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)

10. Gerasimyak, R. P., Mel'nikova, L. V. (1999) Optimum control of the crane travel [Optimal'noe upravlenie kranovym mekhanizmom peredvizheniya] Automation. Automated complexes and systems. No.1 P.87–94.

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

12. Gerasimyak, R. P., Naydenko, E. V. (2015) Loads in Kinematic Transfers Two-mass Electromechanical System During Braking [Nagruzki v kinematicheskikh peredachah dvuhmassovoy elektromehaničkoj sistemi v regime tormogeniya] Electro-technical and computer systems. Kiev, Technics. No.17 (93). P.15–22. (in Russian)

13. Naydenko, E. V. (2015) 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.17 (93). P.15–22. (in Russian)

CONTROL SYSTEM OF TWO-MASS ELECTROMECHANICAL SYSTEM BASED ON INDUSTRIAL CONTROLLER

E. Naydenko, D. Zahumenov

Odessa National Polytechnic University

Abstract. *It is possible to create a control program for a two-mass system based on an industrial microcontroller. The software implements various control methods to reduce the dynamic loads in the kinematic elements during the transients. The methods of simulating the behavior of the mechanism in different conditions and time intervals is described, as well as demonstration of the system operation and registration of relevant data. Numerous studies have shown that mechanical vibrations in most cases adversely affect the operation of the electric drive, causing an increase in dynamic loads, which reduces the accuracy of the mechanism, the occurrence of mechanical vibrations that create a dangerous situation. In the transients, when the suspension point of the load moves with acceleration, there is a swing of the load relative to its equilibrium position. The aim of the work is to control the mechanism of horizontal movement by an industrial controller, which implements the reduction of loads in the kinematic transmissions during the transients, increases the speed and dampens the oscillations of the suspended load. The task is to develop a control algorithm and demonstrate the possibility of implementing the necessary control laws of the industrial controller. The possibility of realization of a microcontroller control of the asynchronous electric drive of the translational movement mechanism with the suspended load is shown, the control algorithm providing reduction of the dynamic loadings in the kinematic elements is developed, and at small values of a backlash it provides speed and damping of the fluctuations suspended on a flexible thread. The management program is implemented on the basis of the industrial controller. It is possible to demonstrate the operation of the system in real time, as well as, changing the scale of time, to investigate the dynamic loads arising in the kinematic elements of the mechanism under different conditions and control methods.*

Keywords: *two-mass electromechanical system, industrial controller, dynamic loads, moment of inertia, elastic connection.*

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНИЗМОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ПОДВЕШЕННЫМ ГРУЗОМ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОНТРОЛЛЕРОМ

Е. В. Найденко, Д. С. Загумённов

Одесский национальный политехнический университет

Аннотация. *Разработан алгоритм управления электроприводом механизма горизонтального перемещения с подвешенным грузом. Рассматривается возможность создания программы управления промышленным микроконтроллером. Предлагается реализация различных способов управления для снижения динамических нагрузок в кинематических элементах с наличием люфта и без него, повышение быстродействия и демпфирования колебаний подвешенного груза. Приводятся результаты моделирования.*

Ключевые слова: *двухмассовая электромеханическая система, промышленный контроллер, динамические нагрузки, момент инерции, система управления.*

Отримано 07.12.2020



Найденко Олена Валеріївна, Одеський національний політехнічний університет, 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 National Polytechnic 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, Одеський національний політехнічний університет, студент кафедри електромеханічної інженерії. Просп. Шевченко, 1, Одеса, Україна, E-mail: zagumionnov6@gmail.com, тел. +38-063-744-24-81

Zahumennov Dmytro, Odessa National Polytechnic University, 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