

Analysis of Methods of Moving Loads with Tower Crane Electromechanical System

Nataliya Klimchenkova¹, Sergiy Korniyenko²

¹ Department of Electromechanical Automation Systems and Electric Drive, Donbas State Engineering Academy, 72 Shkadinova Str., Kramatorsk, UKRAINE,
E-mail: klimchenkova.nat@mail.ru

² Department of Electromechanical Automation Systems and Electric Drive, Donbas State Engineering Academy, 72 Shkadinova Str., Kramatorsk, UKRAINE,
E-mail: kornienko_sv1986@ukr.net

Techniques of moving loads with the tower crane electromechanical system were analyzed. Particularities of transferring loads and regularities of change of the main parameters of the electromechanical system were established. Possible ways of enhancing the automation of the tower crane electromechanical system with a view to improving the performance of technological operations of loads movement and eliminating the weight swing were discussed. Every stage of load moving implies a transient electromechanical process. This requires measurement and control of the current parameters of the electromechanical system. For this purpose, sensors necessary for measuring the parameters and sending the signal to the control system were determined. Some of the sensors should be developed and implemented into the system. The most efficient method of moving loads in terms of eliminating the swing of the hooked weight was determined, which is based on programmable control. Input data for implementing the programmable control can be set approximately or refined after the first duty cycle, as well as measured with the sensors. The paper discusses the issues of simulating the behaviour of the tower crane electromechanical system for various ways of moving loads, determining the character of change of its main parameters. A two-mass electromechanical system with electric drive (a thyristor converter and asynchronous motor with a short-circuit rotor) was used. The law of speed control of the rotor of the asynchronous electric motor is change of the ratio $U_{1m}/F_1 = \text{const}$. The recommendations were made for improvement of technological operations of moving loads and enhancement of automation of the tower crane electromechanical system.

*Translated by Polyglot Translation Bureau
<http://www.polyglot-lviv.com>*

Аналіз способів переміщення вантажів електромеханічною системою (ЕМС) баштового крана

Наталія Клімченкова¹, Сергій Корнієнко²

¹ Кафедра електромеханічних систем автоматизації та електроприводу, Донбаська державна машинобудівна академія, УКРАЇНА, м.Краматорськ, вул.Шкадінова, 72,
E-mail: klimchenkova.nat@mail.ru

² Кафедра електромеханічних систем автоматизації та електроприводу, Донбаська державна машинобудівна академія, УКРАЇНА, м.Краматорськ, вул.Шкадінова, 72,
E-mail: kornienko_sv1986@ukr.net

Проведено аналіз способів переміщення вантажів електромеханічною системою баштового крана. Дано рекомендації з підвищення ступеня автоматизації як електромеханічної системи крана, так і способів переміщення вантажів краном.

Ключові слова – електромеханічна система, баштовий кран, електропривід, технологічний процес, розгойдування вантажу, програмне управління, перехідний процес.

I. Постановка проблеми

Базовий спосіб переміщення вантажів баштовими кранами заснований на ручному управлінні, залежить від майстерності машиніста крана та стропальника. Істотною проблемою при цьому способі є виникнення розгойдування вантажу. При вазі вантажу від 7 до 10 тонн може забирати до 40 хвилин при переміщенні вантажів.

Одним з рішень цієї проблеми стане вдосконалення способу переміщення вантажів на підставі підвищення ступеня автоматизації електромеханічної системи керування краном.

II. Об'єкт і предмет дослідження

За об'єкт дослідження прийнятий технологічний процес переміщення вантажу краном типу КБ-100.1. Технічні дані: вантажопідйомність крана – 5 тонн; маса – 56,2 тонни; виліт стріли – 20 м; потужність двигуна переміщення вантажу – 15 кВт; система електропривода – тиристорний перетворювач частоти – асинхронний двигун (ТПЧ-АД). Предмет дослідження – параметри руху вантажу на окремих етапах шляху переміщення вантажу і автоматичне управління цими параметрами.

III. Мета та завдання дослідження

Мета дослідження: вироблення рекомендацій щодо вдосконалення способу переміщення вантажів електромеханічною системою крана на основі підвищення ступеня її автоматизації. Для здійснення поставленої мети необхідні рішення ряду завдань: проаналізувати способи переміщення вантажів електромеханічною системою крана з точки зору зниження ударних механічних навантажень на елементи кінематичної передачі (при раціональній швидкодії); виключити

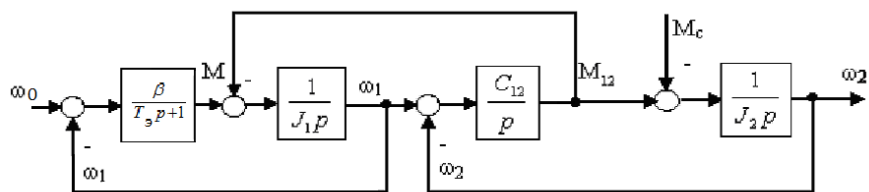


Рис. 1. Структурна схема двухмасової пружної електромеханічної системи з лінійною механічною характеристикою

розгойдування вантажу після його підйому і при поворотах платформи і повторні включення електродвигунів механізмів крана; для контролю і управління позиціонуванням вантажу ввести в систему управління додатковий сигнал.

IV. Способи вирішення поставлених завдань

Більшість робіт, присвячених ліквідації розгойдування вантажів, відносяться до пасивного управління: для отримання необхідних динамічних характеристик підбирають оптимальні закони управління електромеханічною системою крана, просторовий розподіл зовнішніх впливів (навантажень) [1, 2].

При активному управлінні розгойдуванням вантажу електромеханічна система крана поєднується зворотними зв'язками з системою автоматичного регулювання, що включає вимірювальні датчики. В результаті керуючі впливи залежать від параметрів руху вантажу в точках розташування цих датчиків [3, 4, 5, 6, 7].

Алгоритм управління і сам спосіб переміщення вантажів слід удосконалювати.

Автоматичні пристрої на гнучкому підвісі, побудовані за дефлекторним принципом, досить успішно справляються з гасінням коливань при переміщенні вантажів, однак, не вирішують питання з ударними механічними навантаженнями на елементи кінематичної передачі [3].

Ефект у вирішенні вище названої проблеми лежить у побудові автоматизованої електромеханічної системи крана на базі програмованих мікроконтролерів [4], яка буде керувати переміщенням вантажу за певним законам. Це вимагатиме також зміни послідовності перехідних процесів з усталеними при переміщенні вантажів краном.

Програмне управління, за параметрами вантажу, що піднімається з урахуванням дії на нього сил, повинне бути засноване на вдосконалених способах вертикального підйому вантажу [5] і горизонтального переміщення вантажу краном [6] і реалізовуватися наведенням вантажозахоплювального пристрою на ціль з бездротовою передачею сигналу в систему управління. Підхід до вантажу буде контролювати датчик центру вантажу. Пристрій для визначення статичної ваги вантажу, який підіймається, дозволить вибрати і реалізувати відповідну програму переміщення. Датчик прямовісного положення каната з вантажем буде сигналізувати про перебування потрібного прямовісного положення і вносити програмні поправки в процес переміщення вантажів. Датчик

довжини смотанного каната визначить час розгону електродвигуна на повзучій швидкості. Дія приладів безпеки повинно бути включено в систему програмного керування технологічним процесом переміщення вантажів кранами.

V. Вплив способів ліквідації розгойдування вантажів краном на динамічні характеристики ЕМС баштового крана

Вдосконалення способів переміщення вантажів кранами призведе до зміни параметрів ЕМС і вплине на перехідні процеси. Тому слід давати кількісну оцінку якості перехідних процесів, що дозволить визначити найбільш раціональний спосіб переміщення вантажів.

Поведінка двухмасової електромеханічної системи з урахуванням пружності податливих ланок (канатів) і електропривода з асинхронним двигуном описують як:

$$\begin{cases} M - M_{12} = J_1 \frac{dw_1}{dt} \\ M_{12} - M_c = J_2 \frac{dw_2}{dt} \\ M_{12} = C_{12} \int (w_1 - w_2) dt \end{cases} \quad (1)$$

де M , M_{12} , M_c – моменти електродвигуна, пружності і статичний відповідно; ω_1 , ω_2 – швидкість двигуна та елементів на його валу (першої маси) і вантажу (другої маси) відповідно; C_{12} – жорсткість пружної ланки (каната); J_1 , J_2 – моменти інерції ротора двигуна та елементів на його валу і вантажу відповідно. Всі величини приведені до обертального руху вала.

Рівнянню (1) відповідає структурна схема на Рис.1. Вона відображує зв'язок кутових швидкостей ω_1 і ω_2 з миттєвим значенням моменту, залежність пружного моменту M_{12} від різниці швидкостей $(\omega_1 - \omega_2)$ і враховує пружні властивості механічної передачі через коефіцієнт жорсткості C_{12} . Цей опис відображає поведінку системи при базовому способі переміщення вантажів. За допомогою моделювання перехідних процесів в середовищі MATLAB Simulink були отримані графіки зміни параметрів ЕМС, представлені на Рис.3. Для моделювання використовували асинхронний двигун МТКН 312-6 потужністю 15 кВт. З графіків видно, що двухмасова ЕМС на Рис. 1 із заданими параметрами характеризується значними коливаннями.

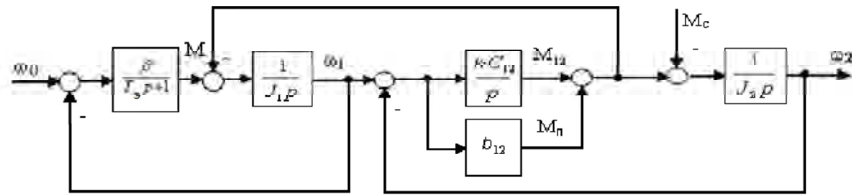


Рис. 2. Структурна схема двухмасової пружної електромеханічної системи з лінійною механічною характеристикою і пристроєм гасіння коливань

Введення в систему автоматичного пристрою на гнучкому підвісі вимагає обліку складової втрат в'язкого тертя $M_{\pi} = b_{12} \cdot (\omega_1 - \omega_2)$, де b_{12} – коефіцієнт в'язкого тертя. Тому в структурну схему слід ввести поправочний коефіцієнт k і вузол підсумовування $M_{12} + M_{\pi}$, що показано на Рис. 2. На Рис. 4, 5 наведено результати моделювання перехідних процесів для системи управління з введеним автоматичним пристроєм на гнучкому підвісі для різних значень k . Кількісна оцінка показників якості ЕМС говорить про те, що їхній рівень не достатній для виключення розгойдування вантажу і зниження динамічної напруженості в механізмах баштового крана.

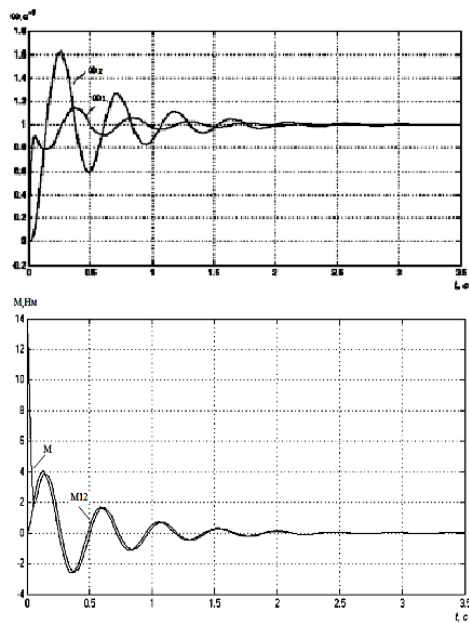


Рис. 3. Графіки перехідних процесів швидкостей і моментів двухмасової пружної електромеханічної системи

Програмне керування переміщенням вантажів дозволить зв'язати реальні параметри ЕМС J_1, J_2, β (жорсткість механічної характеристики), C_{12} з показниками якості ЕМС. Так дослідження [1] показали, що на ці показники впливає жорсткість механічної характеристики електропривода. Введення жорсткого негативного зворотного зв'язку по різниці швидкостей $(\omega_1 - \omega_2)$ дозволить додатково демпфувати коливання по пружному моменту. На структурній схемі реалізується за допомогою коефіцієнта динамічності K_D , який буде залежати від темпу зміни моменту. Способи переміщення [5, 6] забезпечать монотонне наростання

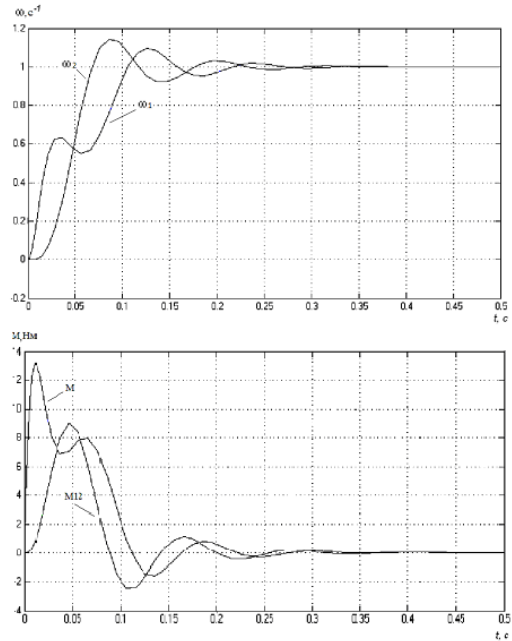


Рис. 4. Графіки перехідних процесів швидкостей і моментів двухмасової пружної електромеханічної системи з пристроєм гасіння коливань при $k=10$

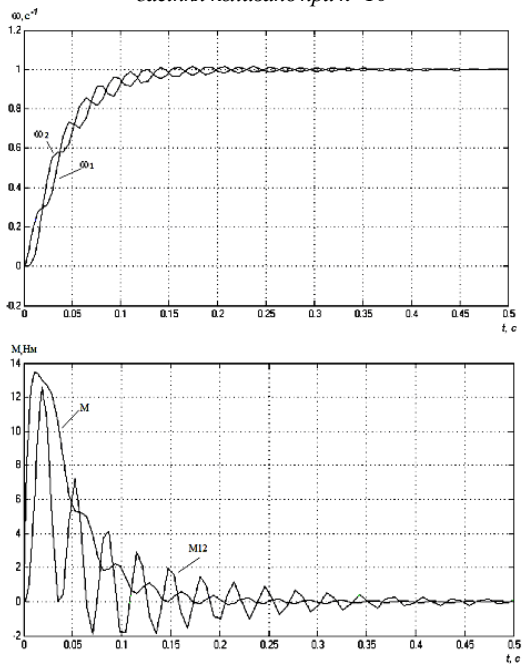


Рис. 5. Графіки перехідних процесів швидкостей і моментів двухмасової пружної електромеханічної системи з пристроєм гасіння коливань при $k=100$

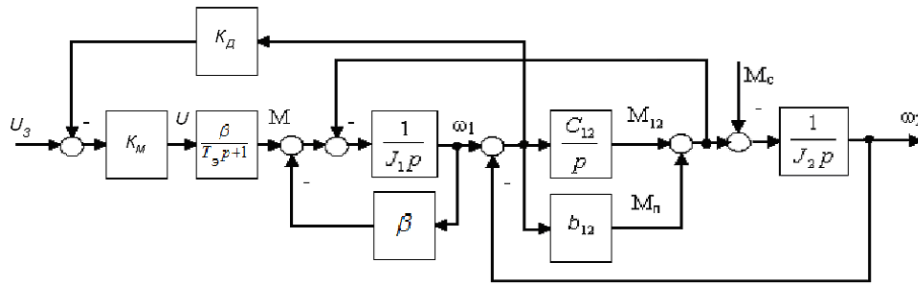


Рис. 6. Структурна схема двухмасовой пружной электромеханической системы с введением коррекции для снижения колебательности

момента. Коэффициент передачи K_M отображает связь момента двигателя с напряжением ($M=k \cdot U^2$). На Рис. 6 приведена структурная схема двухмассовой ЭМС. Система замкнута по скорости для повышения жесткости механических характеристик электропривода и имеет коррекцию для снижения колебательности ЭМС. На Рис. 7 показаны графики переходных процессов скоростей и моментов. Из графиков видно, что результаты по выключению колебаний параметров ЭМС отрегулированы наилучшим образом.

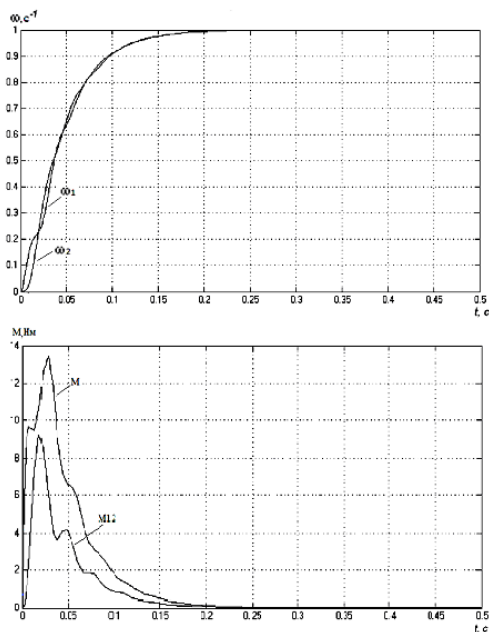


Рис. 7. Графики переходных процессов скоростей и моментов двухмассовой пружной ЭМС с введением коррекции для снижения колебательности

Висновки та рекомендації

1. Найкращі результати за показниками якості і за визначенням раціональної швидкодії ЭМС отримані при програмному управлінні з параметрами вантажу, який підіймається ЭМС баштового крана, заснованому на мікроконтролерах
2. Для побудови автоматизованої ЭМС баштового крана, заснованої на програмованих мікроконтро-

лерах, необхідні розробка програмного забезпечення з переміщення вантажів ЭМС крана, облік дії на вантаж і конструкцію крана сил, вище описані датчики для контролю параметрів руху вантажу на різних етапах технологічного переміщення вантажів.

3. Напрямок подальших досліджень має стати отримання закономірностей зміни основних параметрів ЭМС, вдосконалення програмного забезпечення і розробка відповідних датчиків.

Література

- [1] Герасимьяк Р.П., Лещев А.А. Анализ и синтез крановых электромеханических систем. Одесса: СМІЛ, 2008 г., 192 с.
- [2] Герасимьяк Р.П. Динамика электромеханических систем механизмов циклического действия. / Р.П. Герасимьяк // Уч. пособие. – Одесса, 1996 – 48с.
- [3] Автоматическое устройство на гибкой подвеске для гашения раскачивания груза. / Кокоев М.Н. и др. (Россия), №2141926, В66С13/06. Заявл. 16.09.1997 г.
- [4] Мельникова Л.В. Автоматизация технологического процесса перемещения механизма с повышенным вантажем засобами мікропроцесорного керування: 05.13.07 / Автореф. дис. канд. техн. наук; Одес. держ. політехн. ун-т. – О., 2000. – 19 с – укр.
- [5] Спосіб вертикального переміщення вантажів краном / Н.В. Клімченкова, А.М. Спаська (Україна), №27558, В66719/00 Заявл. 23.05.2007, Бюл. №18.
- [6] Спосіб вертикального переміщення вантажів краном / Н.В. Клімченкова, Т.В. Кірієнко, С.В. Корнієнко, Г.В. Ластовченко (Україна), №201004749, В66719/00. Заявл. 21.04.2010, Бюл. №24.
- [7] Клімченкова Н.В., Корнієнко С.В. и др. Повышение степени автоматизации технологического процесса перемещения грузов краном / Восточно – Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: Технологический центр, 2008, №41(31). – с.41-44.