

ZBIÓR
ARTYKUŁÓW NAUKOWYCH

INŻYNIERIA I TECHNOLOGIA.
WSPÓŁCZESNE PROBLEMY I
PERSPEKTYWY ROZWOJU.

Kraków

29.04.2016 - 30.04.2016

СБОРНИК
НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ.
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Kraków

29.04.2016 - 30.04.2016

U.D.C. 004+62+54+66+082

B.B.C. 94

Z 40

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Druk i oprawa: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Adres wydawcy i redakcji: 00-728 Warszawa, ul. S. Kierbedzia, 4 lok.103

e-mail: info@conferenc.pl

Zbiór artykułów naukowych.

Z 40 Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne problemy i perspektywy rozwoju. " (29.04.2016 - 30.04.2016) - Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. - 68 str.

ISBN: 978-83-65207-85-2

Wszelkie prawa zastrzeżone. Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora jest zakazane. Wszelkie prawa do materiałów konferencji należą do ich autorów. Pisownia oryginalna jest zachowana. Wszelkie prawa do materiałów w formie elektronicznej opublikowanych w zbiorach należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour». Obowiązkowym jest odniesienie do zbioru.

nakład: 50 egz.

"Diamond trading tour" © Warszawa 2016

Бабій С. М.

доцент, кандидат технічних наук

Мошноріз М. М.

кандидат технічних наук

Кириловська Т. В.

магістрант

Вінницький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ ПІДЙОМНИКА З ВРІВНОВАЖЕНОЮ КІНЕМАТИЧНОЮ СХЕМОЮ

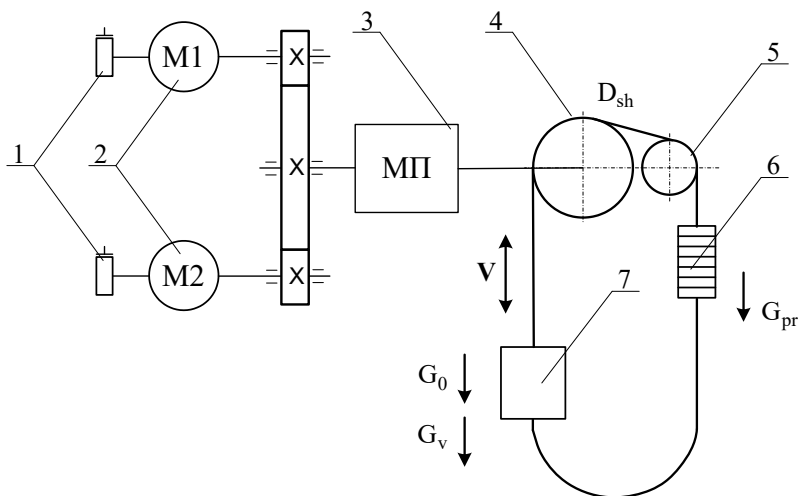
Ключові слова: комп'ютерна модель, підйомник, електропривод.

Keywords: computer model, lift, electric drive.

Вступ. Сучасний стан цивільного і промислового будівництва був би неможливий без технічно досконалих підйомно-транспортних машин, наприклад, таких як вантажні та пасажирські підйомники, які забезпечують транспортування людей і/або вантажів з одного рівня на інший [1].

Забезпечення оптимального режиму роботи будь-якого обладнання можливе лише після його ґрунтовного дослідження. Враховуючи сучасні підходи до проектування, зокрема використання комп'ютерної техніки, важливо мати комп'ютерну модель підйомника, яка суттєво спростить процес проектування та дозволить проводити дослідження його роботи як в нормальних, так і аварійних режимах роботи без шкоди та зношення реального обладнання.

Мета дослідження. Полегшення процесу проектування підйомних установок з врівноваженою кінематичною схемою та дводвигунним електроприводом підйомної лебідки, а також підвищення достовірності отриманих у проєкті результатів за раху-



«Кінематична схема підйомника» **рисунок 1**

нок розробки математичної моделі підйомника та відповідної комп'ютерної моделі для проведення імітаційного моделювання в пакеті прикладних програм Matlab Simulink.

Матеріал і результати дослідження. Кінематична схема підйомника з врівноваженою кінематичною схемою та дводвигунним електроприводом підйомної лебідки зображена на **рис. 1**: 1 – гальмівні шківів; 2 – приводні двигуни; 3 – механічна передача; 4 – канатоведучий шків (КВШ); 5 – відвідний блок; 6 – противага; 7 – кабіна.

Механічна частина даного підйомника описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} G_v = m_v \cdot g, \\ G_0 = m_0 \cdot g, \\ m_{pr} = m_0 + \alpha \cdot m_{v \text{ nom}}, \\ G_{pr} = m_{pr} \cdot g, \\ F_{sh} = G_0 + G_v - G_{pr}, \\ M_{op} = \frac{F_{sh} \cdot D_{sh}}{2 \cdot i_{mp}}. \end{cases} \quad (1)$$

де m_v – маса вантажу; $m_{v \text{ nom}}$ – номінальна вантажопідйомність; m_0 – маса кабіни; m_{pr} – маса противаги; G_v – вага вантажу; G_0 – вага кабіни; G_{pr} – вага противаги; α – коефіцієнт врівноваження; g – прискорення вільного падіння; F_{sh} – результуюче зусилля на КВШ; M_{op} – момент опору без врахування втрат в механічній передачі; D_{sh} – діаметр КВШ; i_{mp} – передавальне число механічної передачі; η_{mp} – коефіцієнт корисної дії (ККД) механічної передачі.

Моменти статичного опору врівноваженого підйомника [1, 2]:

– при підйомі кабіни з номінальним вантажем (при спуску порожньої кабіни):

$$M_c = \frac{F_{sh} \cdot D_{sh}}{2 \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}; \quad (2)$$

– при спуску кабіни з номінальним вантажем (при підйомі порожньої кабіни):

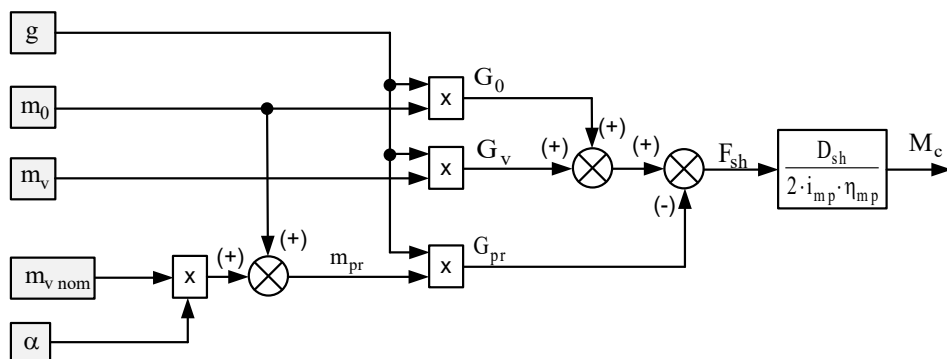
$$M_c = \frac{F_{sh} \cdot D_{sh}}{2 \cdot i_{mp}} \cdot \eta_{mp}; \quad (3)$$

де i_{mp} – передавальне число механічної передачі.

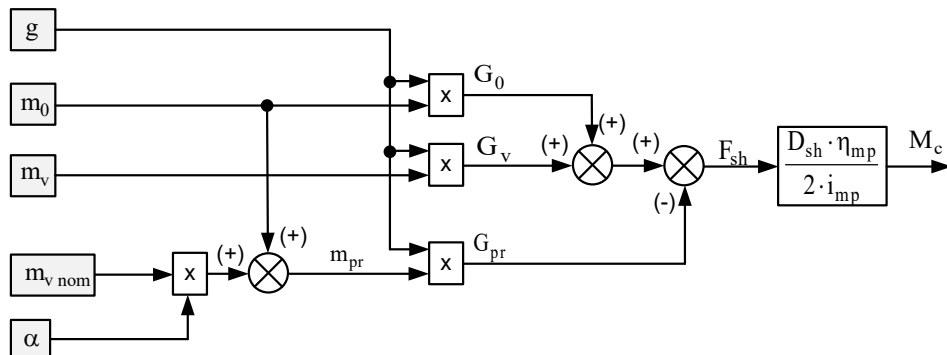
Структурні схеми згідно виразів (ф.1) – (ф.3) зображені на **рис. 2** та **рис. 3** відповідно.

Вибір тієї чи іншої структурної схеми повинен відбуватись залежно від напрямку руху привода (підйом, спуск) та завантаженості підйомника, тобто, фактичної маси вантажу, що транспортується m_v . Представимо відповідні умови у вигляді математичної моделі:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{If } \left\{ \begin{array}{l} m_0 + \alpha \cdot m_{v \text{ nom}} \geq m_{pr}, \\ \omega > 0, \end{array} \right. \quad \text{then } M_c = \frac{M_{op}}{\eta_{mp}}; \\
 \text{If } \left\{ \begin{array}{l} m_0 + \alpha \cdot m_{v \text{ nom}} \geq m_{pr}, \\ \omega < 0, \end{array} \right. \quad \text{then } M_c = M_{op} \cdot \eta_{mp}; \\
 \text{If } \left\{ \begin{array}{l} m_0 + \alpha \cdot m_{v \text{ nom}} < m_{pr}, \\ \omega > 0, \end{array} \right. \quad \text{then } M_c = M_{op} \cdot \eta_{mp}; \\
 \text{If } \left\{ \begin{array}{l} m_0 + \alpha \cdot m_{v \text{ nom}} < m_{pr}, \\ \omega < 0, \end{array} \right. \quad \text{to } M_c = \frac{M_{op}}{\eta_{mp}}; \\
 \text{If } \omega = 0, \quad \text{then } M_c = M_{op}.
 \end{array} \right. \quad (4)$$



«Структурна схема механічної частини врівноваженого підйомника при підйомі кабіни з номінальним вантажем (спуску порожньої кабіни)» **рисунок 2**



«Структурна схема механічної частини врівноваженого ліфта при спуску кабіни з номінальним вантажем (підйомі порожньої кабіни)» **рисунок 3**

Розподіл навантажень у дводвигунному електроприводі з жорстким зв'язком валів, за умови однакових параметрів приводних двигунів, повинен бути рівномірним. Здійснимо виведення залежностей, які дозволяють отримати розподіл навантаження між приводними двигунами, параметри яких можуть бути як однаковими, так і відрізнитись.

Рух дводвигунного привода описується системою рівнянь (J – приведений момент інерції; M – момент приводного двигуна; M_c – момент опору; індекси 1 та 2 відносяться, відповідно, до першого та другого приводного двигуна):

$$\begin{cases} J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M_1 - M_{c1}, \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_2 - M_{c2}. \end{cases} \quad (5)$$

Для дводвигунного електропривода врівноваженого підйомника характерними є співвідношення:

$$\begin{cases} \omega_1 = \omega_2 = \omega, \\ J_1 = J_2 = J, \\ M_{c1} + M_{c2} = M_c. \end{cases} \quad (6)$$

З врахуванням (ф.6) система рівнянь (ф.5) набуде вигляду:

$$\begin{cases} J \frac{d\omega}{dt} = M_1 - M_{c1}, \\ J \frac{d\omega}{dt} = M_2 - M_{c2}. \end{cases} \quad (7)$$

Прирівнявши праві частини рівнянь системи (ф.7) отримаємо:

$$M_1 - M_{c1} = M_2 - M_{c2} \quad (8)$$

З рівняння (ф.8) визначимо статичне навантаження, яке припадає на один з приводних двигунів:

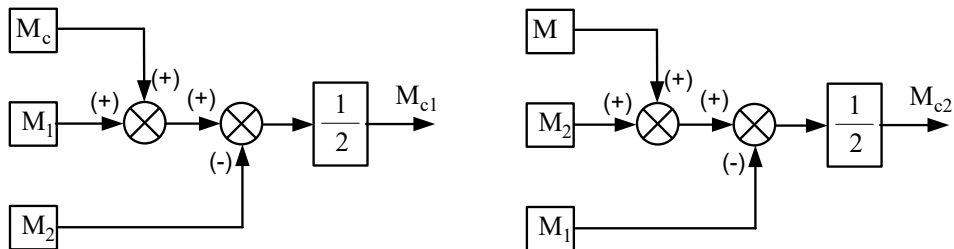
$$M_{c1} = M_1 - M_2 + M_{c2}, \quad (9)$$

$$M_{c2} = M_c - M_{c1}, \quad (10)$$

$$M_{c1} = M_1 - M_2 + M_c - M_{c1}, \quad (11)$$

$$M_{c1} = \frac{1}{2}(M_1 - M_2 + M_c). \quad (12)$$

Аналогічним чином можна отримати вираз статичного навантаження для іншого приводного двигуна:



«Структурні схеми згідно виразів (12) та (13)» **рисунок 4**

$$M_{c2} = \frac{1}{2}(M_2 - M_1 + M_c). \quad (13)$$

Структурні схеми відповідно до виразів (ф.12) та (ф.13) зображені на **рис. 4**.

В пакеті прикладних програм Matlab, зокрема в його додатковому пакеті розширення Simulink [3, 4], який представляє собою середовище імітаційного моделювання, створено відповідну модель підйомника з врівноваженою кінематичною схемою та сформовано її у вигляді елемента бібліотеки. Параметри налаштувань даного елемента зображені на **рис. 5**.

Під час моделювання були використані такі параметри налаштувань моделі: маса кабіни $m_0 = 3000$; маса вантажу $m_v = 0$; номінальна вантажопідйомність $m_{vnom} = 4000$ кг; діаметр КВШ $D_{sh} = 0,4$ м; коефіцієнт врівноваження $\alpha = 0,5$; передавальне число механічної передачі $i_{mp} = 45$; ККД механічної передачі $\eta_{mp} = 0,68$.

«Налаштування моделі врівноваженого підйомника» **рисунок 5**

Отримані результати моделювання повністю збігаються з результатами аналітичних розрахунків, які були проведені в пакеті прикладних програм Mathcad.

Висновки. Розроблено математичну модель механічної частини підйомника з врівноваженою кінематичною схемою та дводвигунним електроприводом підйомної лебідки, яка на відміну від існуючих, враховує розподіл навантаження між двигунами та залежність цього навантаження від напрямку руху. Розроблено відповідну комп'ютерну модель і проведено її імітаційне моделювання.

Література

1. Волков Д. П. Лифты / Волков Д. П. – М. : Из-во АСВ, 1999. – 480 с.
2. Ключев В. И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В. И. Ключев, В. М. Терехов. – М. : Энергия, 1980. – 360 с.
3. MathWorks Центр компетенций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.ru/products/simulink>
4. Черных И. В. Моделирование электромеханических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink / Черных И. В. – М. : ДМК Пресс; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.