



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85763

(13) U

(51) МПК

B66C 13/22 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 08105**

(22) Дата подання заявки: **26.06.2013**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.11.2013**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.11.2013, Бюл.№ 22**

(72) Винахідник(и):

**Ловейкін Вячеслав Сергійович (UA),  
Ромасевич Юрій Олександрович (UA),  
Годун Василь Анатолійович (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ,  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041  
(UA)**

## (54) СПОСІБ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ МОСТОВОГО КРАНА

### (57) Реферат:

Спосіб керування електродвигуном механізму підйому вантажу мостового крана, при якому рух механізму підйому вантажу виконують за неперервною функцією від аргументу часу з усуненням коливань вантажу у кінці перехідного процесу. Рух електродвигуна механізму підйому вантажу розділений на три етапи: на першому - електродвигун розганяють і він певний час обертається на посадочній швидкості; на другому - виконують розгін електродвигуна до усталеної швидкості та рух електродвигуна на усталеній швидкості, причому зміну кутової швидкості двигуна виконують за законом:

$$\omega_{\text{ел.дв.}} = (-60m_{\text{вант.}} t(2t^2 - 3tT + T^2)(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + c_{\text{кан.}}(T^5\omega_{\text{пос}} + 15 \times \\ \times t^4T(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + 6t^5(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}}) + 10t^3T^2(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}})))c_{\text{кан.}}^{-1}T^{-5},$$

де  $m_{\text{вант.}}$  - маса вантажу;  $T$  - тривалість розгону електродвигуна до усталеної швидкості;  $\omega_{\text{уст}}$  - усталена швидкість руху електродвигуна;  $\omega_{\text{пос}}$  - посадочна швидкість руху електродвигуна;  $t$  - поточний час;  $c_{\text{кан.}}$  - приведена жорсткість канату; на третьому етапі здійснюють гальмування електродвигуна до зупинки та накладання гальма, причому зміну кутової швидкості двигуна виконують за законом:

$$\omega_{\text{ел.дв.}} = (-c_{\text{кан.}}(t - T_{\text{г.}})^3(6t^2 + 3tT_{\text{г.}} + T_{\text{г.}}^2) + m_{\text{вант.}}(-120t^3 + 180t^2T_{\text{г.}} - 60tT_{\text{г.}}^2 + gT_{\text{г.}}^5))\frac{\omega_{\text{уст}}}{c_{\text{кан.}}T_{\text{г.}}^5},$$

де  $T_{\text{г.}}$  - тривалість гальмування електродвигуна до повної зупинки.

UA 85763 U



Корисна модель належить до галузі підйомно-транспортного машинобудування, зокрема до способів керування електродвигуном змінного струму механізму підйому вантажу мостових кранів.

Відомий спосіб керування рухом вантажу у вертикальному напрямку [Ловейкін В.С. Комплексний синтез оптимального керування рухом вантажопідйомного крана / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. № 45.-2011. - С. 385-399.], який дозволяє усунути його коливання у кінці перехідного процесу, а сам рух вантажу і механізму підйому описується неперервними функціями від аргументу часу.

Недоліком способу є те, що він може використовуватись лише при попередньому навантаженні канату силою ваги вантажу. У протилежному випадку застосування цього способу викликає перевантаження електродвигуна механізму підйому вантажу мостового крана та небажані коливання вантажу у вертикальному напрямку, що знижує надійність та довговічність канатів.

В основу корисної моделі поставлена задача унеможливити перевантаження електродвигуна механізму підйому вантажу мостового крана та підвищити надійність канатів мостового крана за рахунок зменшення динамічних коливань навантажень, які діють на канати, при підйомі вантажу "з підхватом".

Поставлена задача вирішується тим, що рух електродвигуна механізму підйому вантажу розділений на три етапи: на першому етапі електродвигун розганяється і певний час обертається на посадочній швидкості (при цьому виконується вибір слабину канату, його натяг та підйом вантажу на невелику висоту); на другому етапі виконується розгін електродвигуна до усталеної швидкості за певним законом та рух на усталеній швидкості; на третьому - гальмування електродвигуна за визначеним законом до зупинки та накладання гальма.

На фіг. 1 показано графік зміни кутової швидкості електродвигуна механізму підйому вантажу; графік побудований при умовах, що тривалість етапів складає: першого - 1 секунда, другого і четвертого - 2 секунди, третього - 3 секунди. Графік, який показано на фіг. 1 побудований за умови, що усталена швидкість руху  $\omega_{уст}$  електродвигуна механізму підйому вантажу рівна 1400 рад/с.

На фіг. 2 зображено алгоритм реалізації способу керування електродвигуном механізму підйому вантажу мостового крана.

Також поставлена задача вирішується тим, що процес підйому вантажу виконують у три етапи. До початку першого етапу оператор крана вводить команду на зміну довжини канату (підйом вантажу на певну висоту, яка відповідає довжині канату  $l_{зад}$ ). Після цього починається перший етап підйому вантажу, при якому виконують розгін електродвигуна до посадочної швидкості  $\omega_{пос}$  ( $\omega_{пос} = 0,1\omega_{уст}$ ). При цьому слабину канату вибирається, вантаж починає підніматись, а у канаті виникають незначні динамічні навантаження, які пов'язані з невеликими затухаючими коливаннями вантажу, що виникли в момент його відриву від основи. Надалі вимірюють зусилля натягу канату для визначення зусилля, яке діє у ньому  $F_{нат.кан.}$ , і перевіряють умову:

$$\begin{cases} F_{нат.кан.i} > 0; \\ F_{нат.кан.i} = F_{нат.кан.i-1} \end{cases}, (1)$$

де  $F_{нат.кан.i}$  та  $F_{нат.кан.i-1}$  - зусилля натягу канату, які відповідають поточному, і-тому, та попередньому, (і-1)-ому, вимірам. Виконання першої умови означає, що канат навантажений, а другої - що зусилля натягу канату  $F_{нат.кан.}$  не змінилося між вимірюваннями і що коливні процеси руху вантажу затухли, а у канаті діє лише зусилля від ваги вантажу, яке визначається за виразом:

$$F_{ваг.вант.} = m_{вант.} \cdot g, (2)$$

де  $m_{вант.}$  - маса вантажу;  $g$  - прискорення вільного падіння. Використовуючи формулу (2),

знаходять масу вантажу  $m_{вант.} = \frac{F_{ваг.вант.}}{g}$ . Після цього визначають поточну довжину канату  $l_{пот}$

та розраховують його приведену жорсткість:

$$c_{\text{кан.}} = \frac{Esa}{l_{\text{пот}}}, \quad (3)$$

де  $E$  - модуль пружності канату;  $s$  - площа поперечного перерізу канату;  $a$  - кратність поліспасти;  $l_{\text{пот}}$  - поточна довжина канату.

Другий етап підйому вантажу починається з того, що виконують розгін електродвигуна до усталеної швидкості  $\omega_{\text{уст}}$  за законом:

$$\omega_{\text{еп.дв.}} = (-60m_{\text{вант.}} t(2t^2 - 3tT + T^2)(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + c_{\text{кан.}} (T^5 \omega_{\text{пос}} + 15 \times \\ \times t^4 T(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + 6t^5(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}}) + 10t^3 T^2(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}}))) c_{\text{кан.}}^{-1} T^{-5}, \quad (4)$$

де  $T$  - тривалість розгону електродвигуна до швидкості  $\omega_{\text{уст}}$ ;  $t$  - поточний час. Як тільки електродвигун набрав швидкість  $\omega_{\text{уст}}$  перевіряють умову:

$$l_{\text{пот.}} + \frac{T_r \omega_{\text{уст}} r}{2ua} \geq l_{\text{зад.}}, \quad (5)$$

де  $l_{\text{зад.}}$  - довжина канату, яка задана оператором крана;  $T_r$  - тривалість гальмування електродвигуна до повної зупинки;  $r$  - радіус канатного барабана. Якщо умова (5) не виконується, то продовжить жити електродвигун у режимі, при якому його вал обертається з усталеною швидкістю  $\omega_{\text{уст}}$ . Виконання умови (5) означає, що необхідно загальмовувати електродвигун, оскільки для того, щоб досягти заданої оператором крана довжини підвісу  $l_{\text{зад.}}$

потрібно, щоб на канатний барабан набігла довжина канату, яка рівна  $\frac{T_r \omega_{\text{уст}} r}{2ua}$ . Як тільки умова (5) виконалась, починають третій етап руху електродвигуна. На третьому етапі руху електродвигуна його загальмовують, причому кутова швидкість вала змінюється за законом:

$$\omega_{\text{еп.дв.}} = \left( -c_{\text{кан.}} (t - T_r)^3 (6t^2 + 3tT_r + T_r^2) + m_{\text{вант.}} (-120t^3 + 180t^2 T_r - 60tT_r^2 + gT_r^5) \right) \frac{\omega_{\text{уст}}}{c_{\text{кан.}} T_r^5}. \quad (6)$$

У момент зупинки електродвигуна на його вал накладають гальмо, яке унеможливило опускання вантажу під дією його ваги.

Пропонований спосіб керування електродвигуном механізму підйому вантажу мостового крана дозволяє унеможливити перевантаження електродвигуна механізму підйому вантажу мостового крана, зменшити шкідливі коливання вантажу у вертикальному напрямку, подовжити термін експлуатації канатів та підвищити їх надійність.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб керування електродвигуном механізму підйому вантажу мостового крана, при якому рух механізму підйому вантажу виконують за неперервною функцією від аргументу часу з усуненням коливань вантажу у кінці перехідного процесу, який **відрізняється** тим, що рух електродвигуна механізму підйому вантажу розділений на три етапи: на першому - електродвигун розганяють і він певний час обертається на посадочній швидкості; на другому - виконують розгін електродвигуна до усталеної швидкості та рух електродвигуна на усталеній швидкості, причому зміну кутової швидкості двигуна виконують за законом:

$$\omega_{\text{еп.дв.}} = (-60m_{\text{вант.}} t(2t^2 - 3tT + T^2)(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + c_{\text{кан.}} (T^5 \omega_{\text{пос}} + 15 \times \\ \times t^4 T(\omega_{\text{пос}} - \omega_{\text{уст}}) + 6t^5(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}}) + 10t^3 T^2(\omega_{\text{уст}} - \omega_{\text{пос}}))) c_{\text{кан.}}^{-1} T^{-5},$$

де  $m_{\text{вант.}}$  - маса вантажу;  $T$  - тривалість розгону електродвигуна до усталеної швидкості;  $\omega_{\text{уст}}$  - усталена швидкість руху електродвигуна;  $\omega_{\text{пос}}$  - посадочна швидкість руху електродвигуна;  $t$  - поточний час;  $c_{\text{кан.}}$  - приведена жорсткість канату; на третьому етапі здійснюють гальмування електродвигуна до зупинки та накладання гальма, причому зміну кутової швидкості двигуна виконують за законом:

$$\omega_{\text{ел.дв.}} = \left( -c_{\text{кан.}}(t - T_r)^3(6t^2 + 3tT_r + T_r^2) + m_{\text{вант.}}(-120t^3 + 180t^2T_r - 60tT_r^2 + gT_r^5) \right) \frac{\omega_{\text{уст}}}{c_{\text{кан.}}T_r^5},$$

де  $T_r$  - тривалість гальмування електродвигуна до повної зупинки.

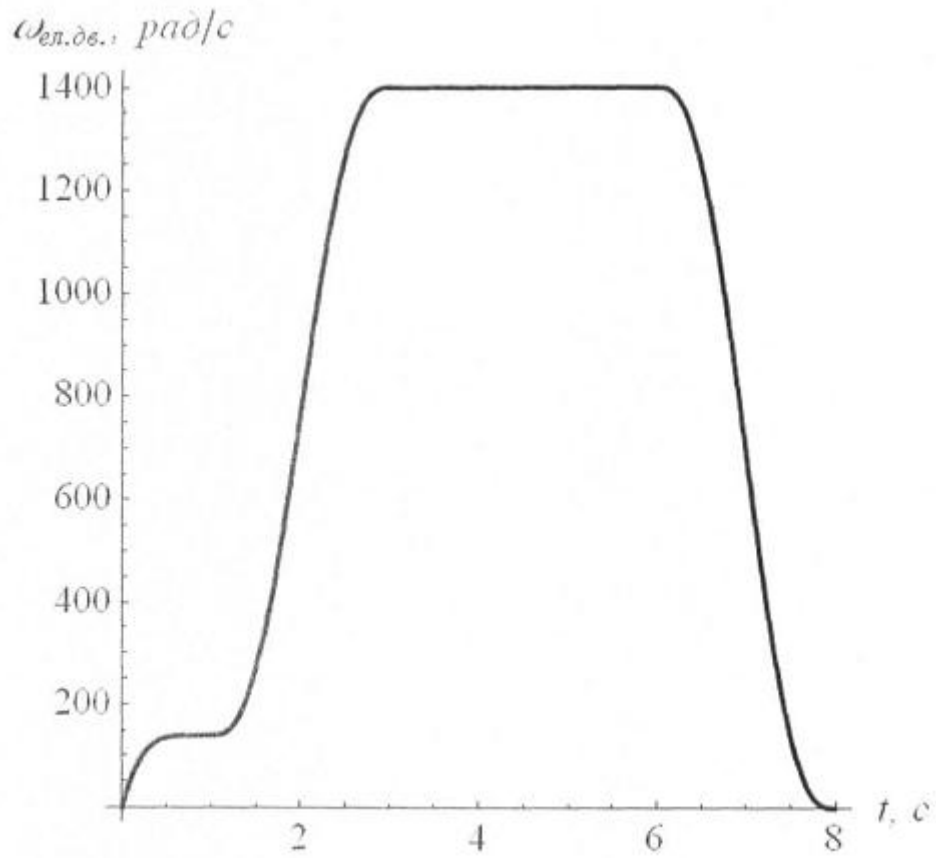
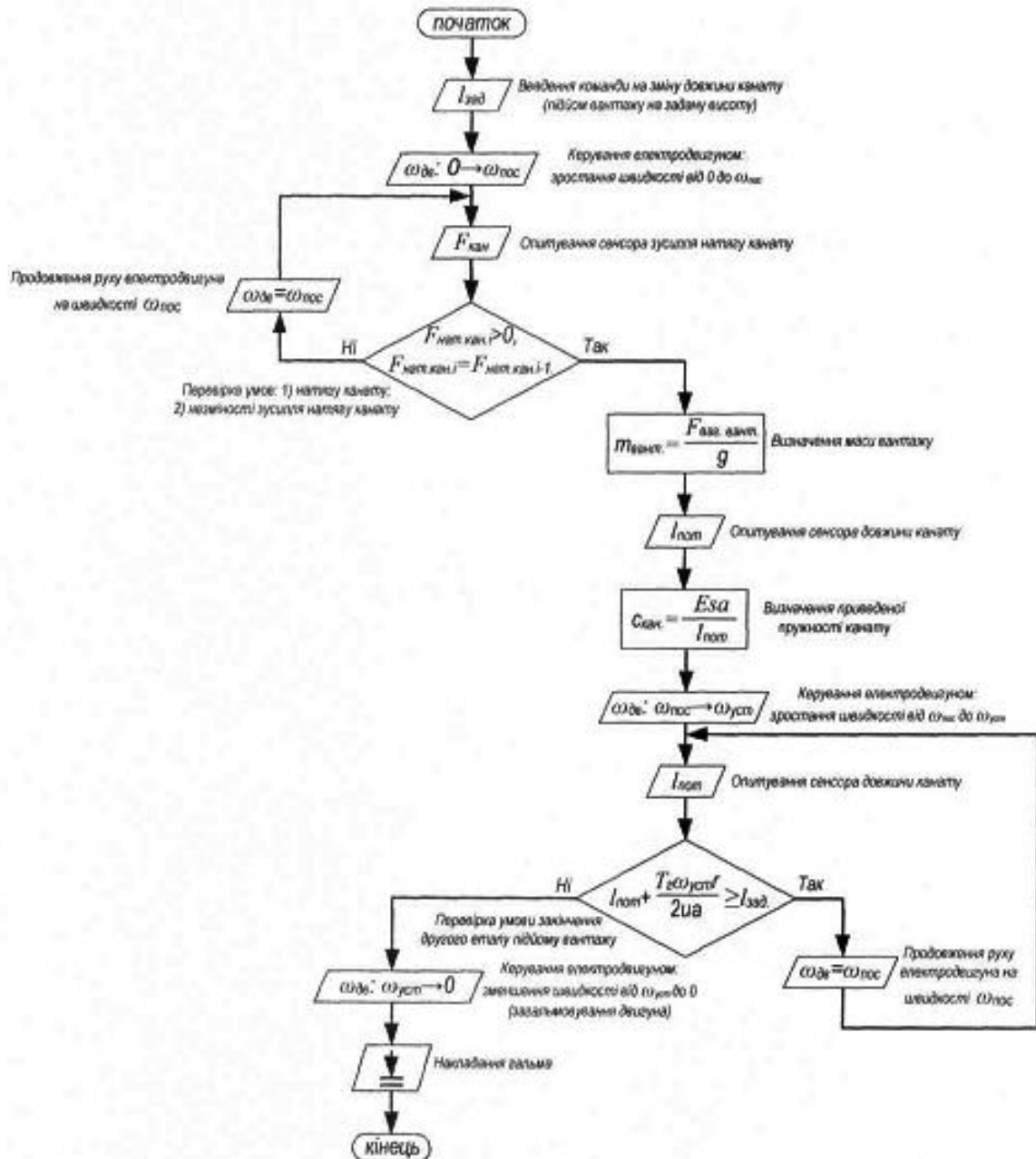


Fig. 1



Фіг. 2