

УДК 621.313.333

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТА В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ С УЧЕТОМ УПРУГОСТИ КАНАТОВ

**С. И. Алехин, Д. С. Рочняк**

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61024, Украина. E-mail: dmitrij-rochnyak@yandex.ru

Проведен анализ работы электромеханической системы типового лифта при отработке цикла в различных режимах загрузки кабины. На основе трехмассовой расчетной схемы с учетом упругостей канатов получены переходные характеристики электропривода с двухскоростным двигателем при прямом пуске, которые реально показывают величины ударных моментов как на валу двигателя, так и в упругих звеньях. Получены также переходные характеристики регулируемого электропривода по этой расчетной схеме, которые сравниваются с предыдущими. Сделаны соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** электропривод, лифт, электромеханическая система, упругие моменты, колебания.

## АНАЛІЗ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛІФТА В ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ З УРАХУВАННЯМ ПРУЖНОСТІ КАНАТІВ

**С. І. Альохін, Д. С. Рочняк**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: dmitrij-rochnyak@yandex.ru

Виконано аналіз роботи електромеханічної системи типового ліфта при відпрацюванні циклу в різних режимах завантаження кабіни. На основі тримасової розрахункової схеми з урахуванням пружності канатів отримано перехідні характеристики електропривода з двошвидкісним двигуном при прямому включенні, які реально показують характер та величину моментів як на валу двигуна, так і в пружних ланках. Також було отримано перехідні характеристики регульованого електроприводу на основі даної розрахункової схеми, які зрівнюються з попередніми. Зроблено відповідні висновки.

**Ключові слова:** електропривод, ліфт, електромеханічна система, пружні моменти, коливання.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** В настоящее время лифтовой транспорт является одним из самых распространенных в народном хозяйстве, поэтому требует непрерывного совершенствования путем внедрения новых систем электропривода, которые обладают рядом лучших динамических показателей.

Целью работы является исследование динамических свойств типового асинхронного электропривода (ЭП) с двухскоростным двигателем с учетом упругости канатов, выявление перегрузок в процессе отработки цикла и выдача рекомендаций к их снижению.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Известно, что динамические показатели в подъемных механизмах часто изучаются с помощью упрощенных расчетных схем с ограниченным числом степеней свободы [1].

Однако при составлении расчетной схемы лифта на основе кинематической необходимо учитывать наличие тросов, представляющих собой упругие связи одностороннего действия (работают только на растяжение). Точность анализа работы ЭП лифта зависит от количества параметров, учтенных в расчетной модели.

В данной работе производится анализ динамики ЭП лифта на основе трехмассовой расчетной схемы, представленной на рис. 1.

Дифференциальные уравнения, описывающие происходящие процессы в трехмассовой

электромеханической системе (ЭМС), приведены ниже:

$$\begin{cases} M_1 + M_{12} - M_{13} = J_1 \frac{d\omega_1}{dt}; \\ M_{12} - M_I = J_{12} \frac{d\omega_2}{dt}; \\ M_{13} - M_K = J_{13} \frac{d\omega_3}{dt}; \\ M_1 = (\omega_1 - \omega_0) \beta; \\ (\omega_1 - \omega_2) C_{12} = \frac{dM_{12}}{dt}; \\ (\omega_1 - \omega_3) C_{13} = \frac{dM_{13}}{dt}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\beta$  – жесткость механической характеристики двигателя, Нм/с;  $J_1, J_{12}, J_{13}$  – момент инерции, соответственно, АД и вращающихся масс на его валу, а также приведенные к скорости вала моменты инерции противовеса и кабины, кгм<sup>2</sup>;  $C_{12}, C_{13}$  – жесткости канатов между двигателем и противовесом, двигателем и кабиной, Н/м;  $M_1, M_{12}, M_{13}, M_I, M_K$  – моменты, соответственно, электродвигателя, упругие в канате противовеса и кабины, а также – от веса кабины и противовеса, Н·м;  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  – приведенные угловые скорости двигателя, противовеса и кабины, с<sup>-1</sup>.

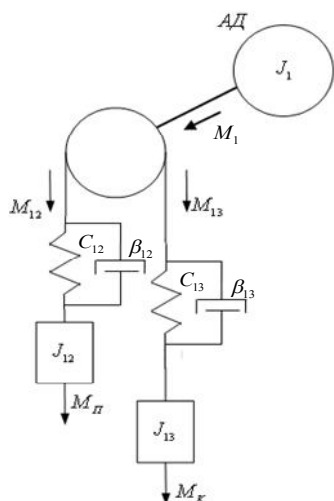


Рисунок 1 – Расчетная схема трехмассовой электромеханической системы ЭП

Для анализа процессов, происходящих в ЭМС лифта и моделирования, составляем, согласно системе уравнений (1), структурную схему, которая представлена на рис. 2.

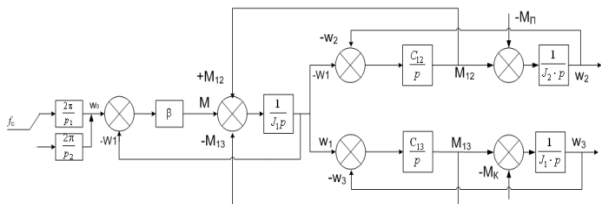


Рисунок 2 – Структурная схема трехмассовой ЭМС с двухскоростным двигателем

Расчет параметров структурной схемы производится согласно методике, изложенной в [2]. Параметры структурной схемы приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры структурной схемы

Частота сети, Гц	$f_c$	50
Число полюсов двигателя	$p_1/p_2$	3/9
Жесткость наклона механической характеристики двигателя, Нм/с	$\beta$	3,21
Момент инерции двигателя, кг/м <sup>2</sup>	$J_1$	0,045
Жесткость каната, соединяющего противовес с канатоведущим шкивом, Н/м	$C_{12}$	840
Жесткость каната, соединяющего кабину с канатоведущим шкивом, Н/м	$C_{13}$	56
Момент инерции противовеса, приведенный к скорости вала двигателя, кг/м <sup>2</sup>	$J_{12}$	0,0413
Момент инерции кабины с номинальным грузом, приведенный к скорости вала двигателя, кг/м <sup>2</sup>	$J_{13}$	0,0825

При моделировании для расчетов использовались данные ЭП лифта со скоростью движения ка-

бины  $v = 0,71$  м/с на базе двухскоростного двигателя типа 4МТКН160Л6/16.

Результаты моделирования прямого пуска привода лифта и процессы, происходящие в ЭМС, приведены на графиках рис. 3–6.

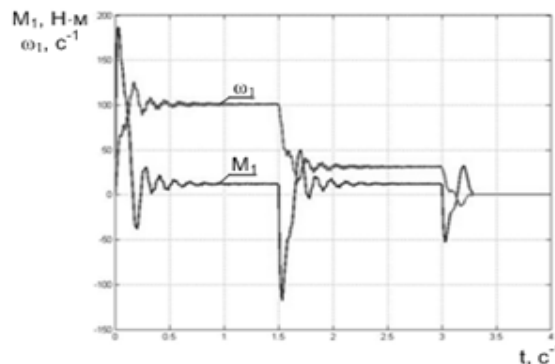


Рисунок 3 – Момент и скорость двигателя при подъеме полной кабины

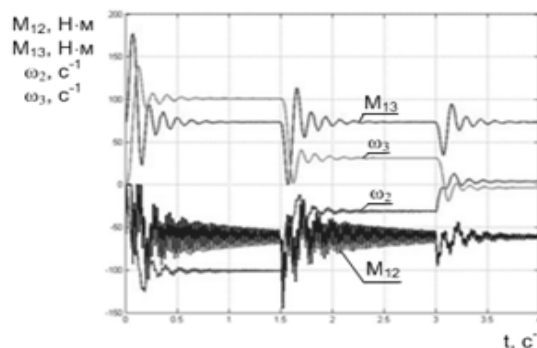


Рисунок 4 – Упругие моменты и скорости противовеса и кабины при подъеме полной кабины

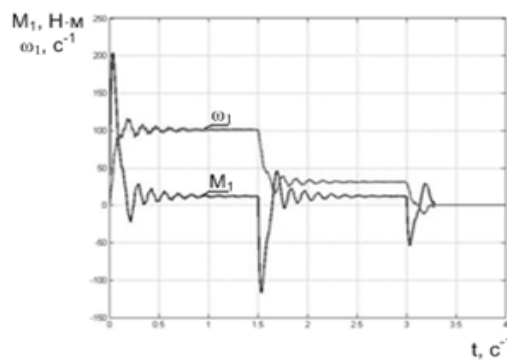


Рисунок 5 – Момент и скорость двигателя при спуске полной кабины

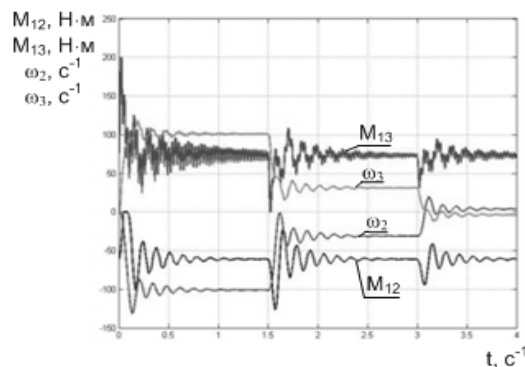


Рисунок 6 – Упругие моменты и скорости противовеса и кабины при спуске полной кабины

Как видно из переходных характеристик пуска лифта с загруженной кабиной, на подъем и спуск скорость и момент на валу двигателя (рис. 3), а также скорость второй и третьей массы и упругие моменты изменяются по гармоническому закону с наличием ударных моментов, превышающих номинальный примерно в пять раз.

Упругие моменты  $M_{12}$  и  $M_{13}$  носят медленно затухающий колебательный характер с  $f_{12}=33$  Гц и  $f_{13}=11,9$  Гц. Скорости этих масс в переходных процессах также имеют вид затухающих колебаний.

Такая динамика ЭП типового лифта явно неудовлетворительна, т.к. приводит к снижению надежности и срока службы.

Также в данной работе проводилось моделирование регулируемого ЭП по системе «ПЧ–АД» со скалярным управлением [3]. За основу была взята модель двигателя в системе координат, ориентированной по вектору потокосцепления ротора ( $d, q$ ). Результаты моделирования представлены на рис. 7–8.

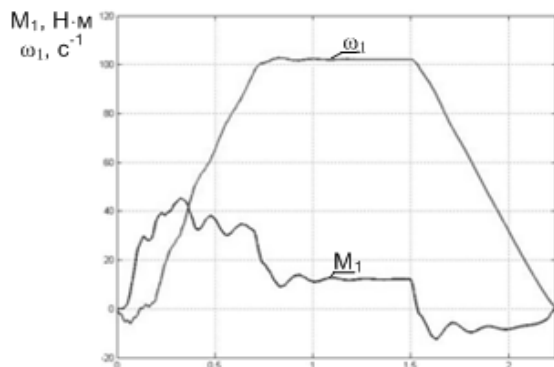


Рисунок 7 – Момент и скорость двигателя при подъеме полной кабины

**ВЫВОДЫ.** Из графиков можно сделать следующие выводы:

– снижение уровня динамических нагрузок, возникающих при прямом пуске ЭП в период неустановившегося движения;

– с использованием датчика интенсивности амплитуда ударных моментов уменьшилась приблизительно в два раза и не превышает допустимых значений;

– снижается колебательность кабины. Она определяется частотой  $f_{13}=6,7$  Гц. Частота колебаний противовеса осталась прежней;

– значительно улучшается комфортность перемещения пассажиров;

– создаются благоприятные условия эксплуатации всего оборудования лифтовой установки.

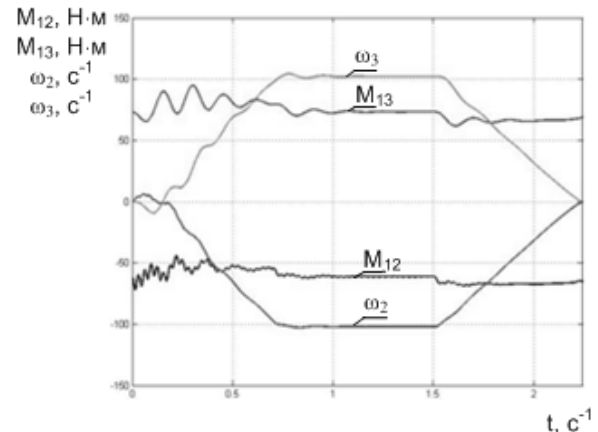


Рисунок 8 – Упругие моменты противовеса и кабины при подъеме полной кабины

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Тургенев Д.В. Анализ трехмассовой механической системы для безредукторного привода лифтовой лебедки // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2012. – № 1. – С. 59–61.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: учебное пособие. – СПб.: Корона, 2001.

#### ANALYSIS OF THE ELECTRIC LIFT IN THE TRANSIENT REGIME BASED ELASTIC ROPE

**S. Alekhine, D. Rochniak**

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

ul. Frunze, 21, Kharkov, 61024, Ukraine. E-mail: dmitrij-rochniak@yandex.ru

The analysis of the electromechanical system lifts when developing cycle in different modes of loading the cab. On the basis of tree-mass design scheme taking into account the relaxation of ropes were obtained from the transient characteristics of two-speed electric motor with the direct start-up, which really shows the value of shock moments, as on the motor shaft, and in the elastic links. Also obtained the transitional characteristics of regulated electric on this design scheme, which are compared with previous ones. Corresponding conclusions.

**Key words:** electric, lift, electro-mechanical system, the elastic moments, hesitation.

#### REFERENCES

1. Alexandrov M.P. *Hoisting machines*. The textbook for high schools. – M.: Vishaya shkola, 2000. – 552 p. [in Russian]
2. Turgenev D. Analysis tree-mass mechanical systems for gearless lift hoist // *Electrical systems and control systems*. – 2012. – № 1. – С. 59–61. [in Russian]
3. German-Galkin S. *Computer simulation of semiconductor systems in Matlab 6.0: Tutorial*. – SPb.: Corona, 2001. [in Russian]

Стаття надійшла 13.07.2012.

Рекомендовано до друку  
к.т.н., доц. Гладирием А.І.