

УДК 692.66:62-83

Бойко А. А., д-р техн. наук,
Семенюк В. Ф. д-р техн. наук,
Бесараб А. Н., к.т. н.,
Мирошниченко Н. В.,
Акчебаш Н. В.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМИ ЛИФТОВЫМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. В работе определено, что при функционировании традиционного редукторного подъемного механизма с разомкнутой тиристорной системой управления, нормованные средние значения ускорения кабины выдерживаются только во время пуска. Предложены рекомендации по применению замкнутой тиристорной системы управления для управления лифтовыми лебедками «традиционной конструкции». Сформированы состояния логического устройства управления тиристорным преобразователем. Определено, что применение замкнутой тиристорной системы управления позволяет сократить эквивалентное время движения кабины, повысить точность остановки, повысить плавность пуска-тормозных режимов.

Ключевые слова: лифт, лебедка, подъемный механизм, система управления, тиристорное управление, асинхронный двигатель

Бойко А. О., д-р техн. наук,
Семенюк В. Ф. д-р техн. наук,
Бесараб О. М., к.т. н.,
Мірошніченко Н. В.,
Акчебаш Н. В.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ТИРИСТОРНИМИ ЛІФТОВИМИ СИСТЕМАМИ

Анотація. У роботі визначено, що при функціонуванні традиційного редукторного підйомного механізму з розімкненою тиристорною системою управління, нормовані середні значення прискорення кабіни витримуються тільки під час пуску. Запропоновано рекомендації по застосуванню замкнутої тиристорної системи управління для управління ліфтовими лебідками «традиційної конструкції». Сформовані стани логічного пристрою керування тиристорним перетворювачем. Визначено, що застосування замкнутої тиристорної системи управління дозволяє скоротити еквівалентне час руху кабіни, підвищити точність зупинки, підвищити плавність пуско-гальмівних режимів.

Ключові слова: ліфт, лебідка, підйомний механізм, система управління, тиристорне управління, асинхронний двигун.

Bojko A. A., Sc.D.,
Semeniuk V. F., Sc.D.,
Besarab A. N., Ph.D.,
Miroshnichenko N. V.,
Akchebash N. V.

FEATURES OF CONTROL ALGORITHM FORMATION OF THYRISTOR LIFTS SYSTEMS

Abstract. In article is determined, that at functioning of traditional geared elevating mechanism with the open thyristor control system, the normalized average account of cabin acceleration are maintained only during start-up. The recommendations for application of closed thyristor control system of lifts winches by traditional design are offered. The condition of the control logic device of thyristor converter are generated. Is determined, that the application of closed thyristor control system allows to reduce equivalent time of movement, to raise accuracy of a stop, to raise smoothness of start-brake modes.

Keywords: lift, winch, hoist, control system, thyristor control, induction motor.

Введение. Выполняя оценку лифтовых тиристорных систем управления, следует отметить их основные достоинства, которые состоят в простоте схмотехники, высокой надежности бесконтактной аппаратуры, возможности формирования пуско-тормозных переходных процессов, практическом отсутствии наладочных работ

при вводе в эксплуатацию и в ходе эксплуатации, простоте эксплуатации [1,2]. При этом следует различать нерегулируемые и регулируемые лифтовые тиристорные системы управления [2].

Целью настоящей работы является синтез алгоритма управления замкнутыми тиристорными лифтовыми системами и проверка его работоспособности.

Материалы исследования. Нерегулируемые тиристорные системы управления фактически выполняют функции бесконтактных коммутационных устройств, обеспечивающих пуск, торможение и вращение двухскоростных асинхронных двигателей (АД) в обоих направлениях с учетом заданных требований. Естественно, что фактически неуправляемые динамиче-

ские процессы значительно искажают пуско-тормозные показатели механизма подъема лифта, что подтверждается рядом проведенных исследований, где в качестве критерия были выбраны ускорения и рывок для случая перемещения кабины на один этаж. На примере одного из грузопассажирских лифтов с лебедкой «традиционной» конструкции, функционирующего на территории Одесского национального политехнического университета (грузоподъемность 500 кг) определено, что нормированные средние значения ускорения кабины (1 м/с^2) выдерживаются только во время пуска (табл. 1., рис. 1). При торможении ускорение почти вдвое превышает нормируемое. Еще большее значение ускорение имеет место на начальных фазах пуска и торможения кабины.

Таблица 1 – Экспериментальные динамические показатели грузопассажирского лифта при подъеме кабины на один этаж с номинальной загрузкой кабины

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Максимальное значение ускорения, $a_{\text{макс}}$, м/с^2	2,47
Постоянное значение ускорения при разгоне, $a_{\text{уст_разг}}$, м/с^2	0,96
Постоянное значение ускорения при торможении, $a_{\text{уст_торм}}$, м/с^2	-1,79
Максимальное время разгона, $t_{\text{разг_макс}}$, с	1,52
Максимальное время торможения, $t_{\text{торм_макс}}$, с	0,51

Значительно большие возможности имеют лифтовые тиристорные системы управления с регулируемыми характеристиками, что достигается изменением напряжения U_1 на статоре АД лебедки, за счет фазового параметрического управления тиристорным преобразователем (ТПН). В данном случае, применяется замкнутые системы подчиненного регулирования, которые включает обратные связи по скорости (или ЭДС), току, а также пути [4], что позволяет получить отличные

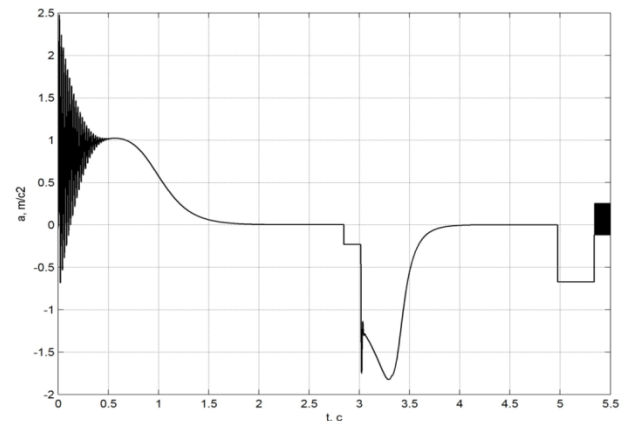


Рисунок 1 – Экспериментальная диаграмма изменения ускорения кабины пассажирского лифта

показатели комфортности перемещения кабины лифта, не отличающиеся от стандартов. Так, применение управляемых тиристорных преобразователей в сочетании с замкнутой системой регулирования в пассажирских лифтах грузоподъемностью 400 – 1500 кг и скоростью кабины 0,75 и 1,0 м/с обеспечивает [2]: увеличение эквивалентной скорости движения и сокращение суммарного цикла времени движения; - улучшение условий комфортности при движении подъемного механизма (величина ускорения и

замедления кабины в нормальных условиях не более $1-1,5 \text{ м/с}^2$; величина рывка кабины не более $3-5 \text{ м/с}^3$; увеличение точности остановки кабины (не более $\pm 10 \text{ мм}$); электрическую износостойкость не менее $1 \cdot 10^6$ циклов; возрастание ресурса работы.

Режимы и условия работы лифтового подъемного механизма и тиристорной системы управления определяются расстоянием поездки, направлением движения и загрузкой кабины. Кроме режимов, связанных с обработкой заданной диаграммы движения, у лифтовой системы управления существуют режимы - точной остановки, уравнивания момента нагрузки с помощью момента двигателя лебедки в начале пуска, а также наложения и снятия электромагнитного тормоза. Реализация движения кабины лифта с заданными параметрами возможна при использовании 2-х видов треугольных и одной трапецеидальной диаграммы [5]. При разработке перемещения приняты следующие знаки скорости и момента: $+\omega$ – движение кабины вверх (подъем); $-\omega$ – движение кабины вниз (спуск); $+M_c, +M_{дв}$ – статический момент нагрузки и момент двигателя лебедки, вызывающий вращения двигателя в положительном направлении; $-M_c, -M_{дв}$ – то же, в отрицательном направлении. В целом, от подачи команды на начало движения кабины до его полного окончания один цикл движения следует разбить на 4 такта, в пределах каждого из которых выполняется одна из типовых операций:

1-й такт (растормаживание кабины в зависимости от текущей загрузки, определение необходимого режима работы ТПН);

2-й такт (режим уравнивания статического момента нагрузки моментом двигателя лебедки, то есть подготавливаются необходимые начальные условия движения по оптимальной диаграмме);

3-й такт (режим движения лифтового подъемного механизма по оптимальной диаграмме заданного вида. В пределах этого такта происходит разгон кабины, установившееся движение (если оно предусмотрено) и торможение);

4-й такт (режим точной остановки, в котором происходит выравнивание пола каби-

ны с уровнем площадки этажа с заданной точностью).

Поскольку режимы работы тиристорной системы управления в 4 и 2 тактах по своим целям и используемым средствам совпадают, то они в необходимых случаях объединяются под общей характеристикой 2-го такта, в котором происходит режим уравнивания или точной остановки. В качестве тормозных применяются два вида режимов. При уравнивании кабины в начальной фазе пуска и в конечной фазе торможения в диапазоне скоростей двигателя от 0 до 0,1 номинальной применяется режим противовключения [6]. При скоростях более 0,1 от номинальной применяется режим динамического торможения

Управление двухскоростным двигателем лебедки, в зависимости от технических данных, предусматривает два вида. В первом случае, когда при включении обмотки пониженной скорости кратность пускового момента значительно меньше, чем при включении обмотки высокой, пуск в ход и установившееся движение осуществляется путем включения обмотки высокой скорости, а замедление – путем включения обмотки пониженной скорости [7]. Во втором случае, когда при включении обмотки пониженной скорости кратность пускового момента лишь немного меньше, чем при включении обмотки большей скорости, пуск начинается путем включения обмотки пониженной скорости АД, затем, после достижения соответствующей скорости, включается обмотка высокой скорости и при работе на ней завершается пуск и происходит установившееся движение, а замедление осуществляется путем включения обмотки пониженной скорости. Этот вид управления включает и первый вид, как частичный случай. Он позволяет уменьшить потери энергии при пуске.

Логические уравнения движения лифтовой лебедки могут быть получены, если ввести входные (независимые) логические переменные ВП (включение на подъем), ВС (включение на спуск), ВЗ (включение на замедление), ВЭ1 и ВЭ2 (временные

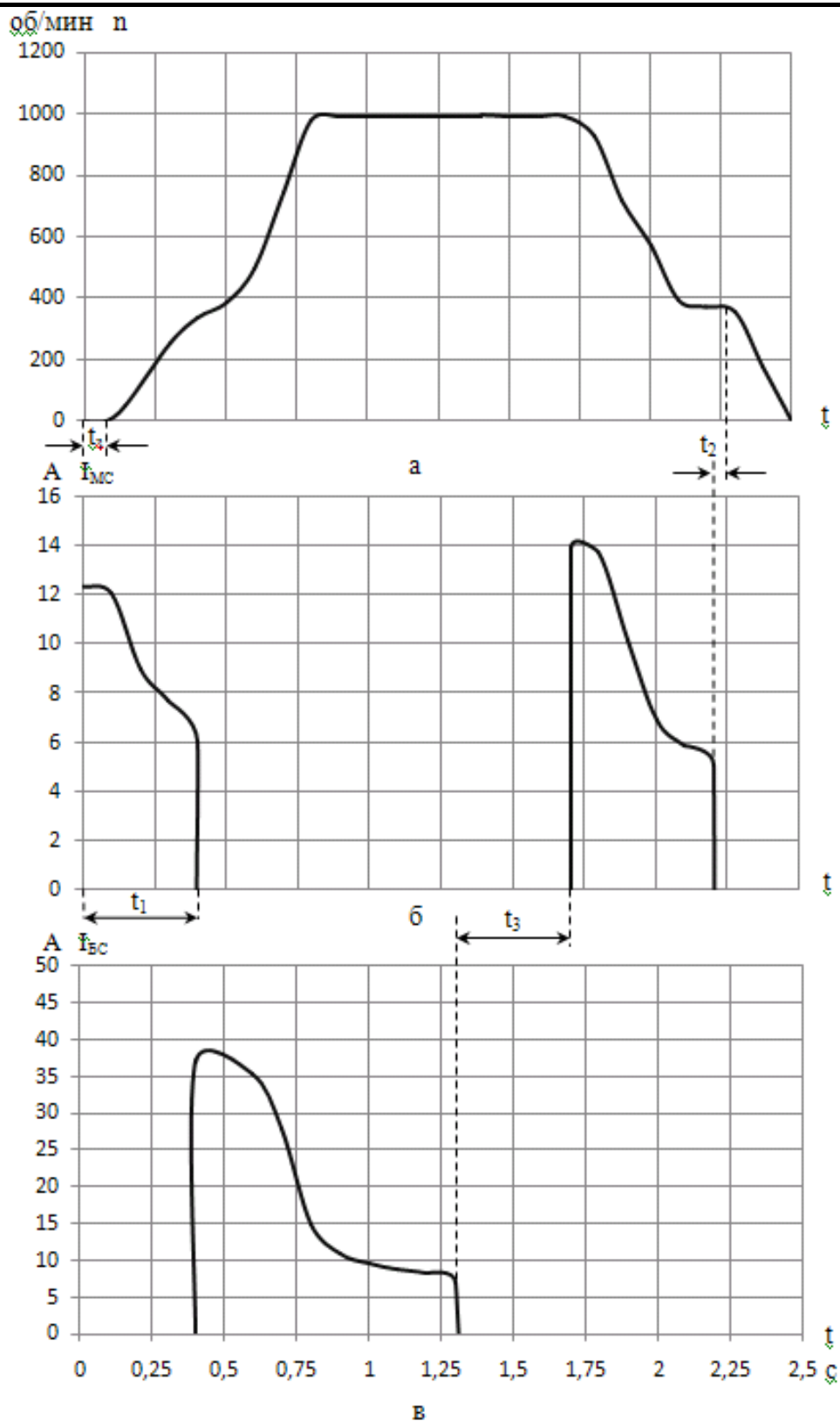


Рисунок 2 – Осцилограммы: а - частоты вращения; б - тока в обмотке пониженной скорости I_{MC} и в - тока в обмотке высокой скорости I_{BC} ($t_1 = 0,4$ с - выдержка времени ВЭ1; $t_2 = 0,4$ с – выдержка времени ВЭ2; $t_3 = 0,04 - 0,06$ с, - время срабатывания тормоза).

элементы). Тогда состояния логического устройства управления представлены в табл. 2. В таблице не показаны некоторые неиспользуемые нерабочие состояния. Вместе с тем, к неиспользуемым можно отнести и такие состояния, как, например, когда ВП и ВС одновременно принимают логические состояния 1, так как такое состояние исключается с одной стороны схемой управления пуска-тормоза, а с другой стороны – конкретной схемой управления лифтом. Учитывая это, могут быть определены следующие логические уравнения

$$П = ВП, \quad (1)$$

$$С = ВС, \quad (2)$$

$$Б = \overline{ВЗ} \cdot ВЭ1 (ВП + ВС), \quad (3)$$

$$М = (ВП + ВС) \cdot \overline{ВЭ1} + ВЗ \cdot ВЭ2 \quad (4)$$

Эксперименты подтвердили работоспособность разработанных логических функций. Для иллюстрации динамических процессов были сняты осциллограммы скорости

вращения и тока обмоток высокой и низкой скоростей в процессе пуска, установившегося движения и остановки лифтового двухскоростного АД АС2-72-6/18ШЛ с тиристорным управлением (рис. 2). Из осциллограмм видно, что процесс перехода тока от одной обмотки к другой протекает весьма благоприятно для параметров подъемного механизма. Пауза между токами в процессе пуска не превышает 2-х периодов переменного тока, выдержка времени временных элементов ВЭ1 и ВЭ2 составляет по 0,4 с, соответственно, что также удовлетворяет требованиям технологического процесса. Анализ рис. 2 позволяет утверждать, что применение тиристорной системы управления позволяет сократить эквивалентное время движения кабины на 15- 30%, повысить точность остановки лифта на 45%, повысить плавность пуско-тормозных режимов, значительно уменьшить колебательность электромеханической системы.

Таблица 2 - Таблица состояний логического устройства управления ТПН

Состояние устройства	Входные переменные					Выходные переменные			
	ВП	ВС	ВЭ1	ВЭ2	ВЗ	П	С	Б	М
Рабочее	1	0	0	0	0	1	0	0	1
	1	0	1	0	0	1	0	1	0
	1	0	1	0	1	1	0	0	0
	1	0	1	1	1	1	0	0	1
	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	0	1	1	0	0	0	1	1	0
	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Нерабочее	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	1	0	0	0	0

Выводы. 1. Экспериментально определено, что при работе традиционного редукторного подъемного механизма с нерегулируемыми системами управления лебедкой, в том числе разомкнутой тиристорной, нормированные средние значения ускорения кабины выдерживаются только во время пуска. При торможении ускорения в 1,3 - 2 раза превышают нормируемое. Еще большие зна-

чения ускорений имеет место на начальных фазах пуска и торможения кабины.

2. Применение замкнутой тиристорной системы управления, согласно предложенному алгоритму управления, позволяет сократить эквивалентное время движения кабины на 15- 30%, повысить точность остановки на 45%, повысить плавность пуско-тормозных режимов, значительно умень-

шить колебательность лифтовой электромеханической системы.

Список использованной литературы:

1. Архангельский, Г. Г. Современные тенденции и перспективы развития лифтостроения / Г. Г. Архангельский // *Стройпрофиль*. — 2008. — № 7. — С. 94 — 96.
2. Браславский, И. Я. Опыт внедрения тиристорных асинхронных электроприводов с фазовым управлением [Текст] / И. Я. Браславский, А. М. Зюзев // *Автоматизированный электропривод*. — 1999. — № 3. — С. 47–57.
3. Бойко, А.А. Особенности анализа динамических режимов работы лифтовых лебедок традиционной конструкции с тиристорным управлением / А. А. Бойко // *Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка»*. — Вып. 4 (44). — Одеса: ОНПУ, Підйомно-трансп. акад. наук України, 2014. — С. 35 — 43.
4. Braslavskij, I. Thyristor controlled asynchronous electrical drive without speed sensor [Text] / I. Braslavskij, A. Zyuzev, K. Nesterov // *2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2008*. — P. 1093–1096. doi: 10.1109/speedham.2008.4581098
5. Семенюк, В.Ф. Методика синтеза диаграмм движения подъемных механизмов пассажирских лифтов с учетом влияния упругих связей / В.Ф. Семенюк, А. А. Бойко, Н. В. Акчешбаш // *Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка»*. — Вып. 1 (41). — Одеса: Інтерпрінт, 2014. — С. 41 — 48.
6. Анучин А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анучин. — М: Издательский дом МЭИ, 2015. — 373с.
7. Buja, G. A new control strategy of the induction motor drives: the direct flux and torque control [Text] / G. Buja // *IEEE Ind. Electron. Soc. Newsletter*, 1998. — P. 14–16.

References:

1. Arkhangelsky G. G. Current trends and prospects of development of the lift engineering sector / G. G. Arkhangelsky // *Stroyprofil*. — 2008. — No. 7. — P. 94 — 96.
2. Braslavsky, I. Y. Experience of implementing asynchronous thyristor electric-trapistov with phase control [Text] / I. Y. Braslavsky, A. M. Zusev // *Automated electric drive*. — 1999. — No. 3. — P. 47-57.
3. Boiko, A. A. The Peculiarities of analysis of dynamic modes of Elevator-o winches traditional design with thyristor control / A. A. Boyko // *Scientific-techni virobnichi magazine "Payano-transport machinery"*. — Vol. 4 (44). — Odessa: ONPU, Payano-box. Acad. of Sciences of Ukraine, 2014. — S. 35 — 43.
4. Braslavskij, I. Thyristor controlled asynchronous electrical drive without speed sensor [Text] / I. Braslavskij, A. Zyuzev, K. Nesterov // *2008 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2008*. — P. 1093–1096. doi: 10.1109/speedham.2008.4581098
5. Semeniuk, V. F. The method for the synthesis diagrams of the movement of the lifting arrangements of passenger elevators with the influence of elastic swasey / F. V. Semenyuk, A. A. Boiko, N. V. Akchebash // *Naukova-techni virobnichi magazine "Payano-transport machinery"*. — Vol. 1 (41). — Odessa: Interprint, 2014. — S. 41 — 48.
6. Anuchin A. S. Control System El-tropindol / A. S. Anuchin. — M: *MEI Publishing house*, 2015. — 373с.
7. Buja, G. A new control strategy of the induction motor drives: the direct flux and torque control [Text] / G. Buja // *IEEE Ind. Electron. Soc. Newsletter*, 1998. — P. 14–16.

Получено 27.04.2016



Бойко Андрей Александрович, доктор техн. наук, доцент, дир. института электромеханики и энергоменеджмента Одесского нац. политехнического ун-та
тел. (048)7058581;
dart77@ukr.net



Акчешаш Наталья Викторовна, аспирант каф. электромеханических систем с компьютерным управлением Одесского нац. политехнического ун-та
моб. +380977061284;
4ud8@mfil.ru



Семенюк Владимир Федорович, доктор техн. наук, профессор, дир. украинско-немецкого института Одесского нац. политехнического ун-та
тел. (048)7058581;
svf@ugi.opu.ua



Бесараб Александр Николаевич, к-т техн. наук, доцент, зав. кафедры электроснабжения и энергетического менеджмента Одесского нац. политехнического ун-та
тел.(048)7058567;
al_besarab@ukr.net



Мирошниченко Наталия Владимировна, секретарь ученого совета института электромеханики и энергоменеджмента Одесского нац. политехнического ун-та
тел. (048)7058423;
mirohi@ukr.net