

УДК 621.313.333

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ БЕЗРЕДУКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛИФТОВОЙ ЛЕБЕДКИ

Тургенев Д. В., Дементьев Ю. Н., Ланграф С. В.

*ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск  
Томск, Россия (634050, Томск, ул.Ленина, 30), e-mail: [turgenev@tpu.ru](mailto:turgenev@tpu.ru)*

---

В статье представлена разработка и исследование модифицированной системы управления асинхронным безредукторным электроприводом лифтовой лебедки на базе тихоходного асинхронного двигателя. Предложена система управления с переключателем структуры для осуществления необходимых режимов работы асинхронного безредукторного электропривода лифтовой лебедки, учитывающая особенности асинхронного тихоходного двигателя, а также явления, возникающие в механической части безредукторной лифтовой лебедки. Предложен нестандартный подход при формировании потокосцепления тихоходного асинхронного двигателя в функции от его момента – функция адаптивного формирования потокосцепления. Использование переключателя структуры в системе управления позволяет организовать три режима работы асинхронного безредукторного электропривода. Проведены экспериментальные исследования, показавшие работоспособность модифицированной системы управления с асинхронным безредукторным электроприводом лифтовой лебедки и хорошую совместимость с большинством используемых в России станций управления.

---

Ключевые слова: тихоходный асинхронный двигатель, безредукторный электропривод, система управления, адаптивное формирование потокосцепления.

## MODIFIED CONTROL SYSTEM OF INDUCTION ELECTRIC DRIVE FOR GEARLESS ELEVATOR WINCHES

Turgenev D. V., Dementyev U. N., Langraf S. V.

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, (634050, Tomsk, Lenina st., 30), e-mail: [turgenev@tpu.ru](mailto:turgenev@tpu.ru)*

---

The article is about research and development of modified control system for a gearless elevator winch based on a low-speed induction motor. The developed control system has a switch, which is used to allow organizing necessary operational modes of gearless elevator winch electric drive. The modified control system is able to take into account the peculiarities of low-speed induction motor, as well as phenomena arising in the mechanical part of the gearless elevator winch. Also, the developed control system uses an unusual approach in the flux reference for low-speed induction motor as a function of induction motor's moment. This function called adaptive flux reference. Using the switch in the structure of modified control system allows organizing three modes of operation for the gearless elevator winch electric drive. The experiments present qualitative operation of modified control system with the gearless elevator winch and its good compatibility with the most used elevator control stations in Russia.

---

Key words: low-speed induction motor, gearless drive, control system, adaptive flux reference.

### Введение

В настоящее время наметилась устойчивая тенденция по применению частотно-регулируемого электропривода в лифтовых лебедках. Управление электроприводом с помощью преобразователя частоты обеспечивает движение кабины без рывков при разгоне и торможении, точное позиционирование кабины на этажной площадке и позволяет отказаться от использования многоскоростного лифтового асинхронного двигателя.

Безредукторный привод на базе тихоходного асинхронного двигателя (ТАД) постепенно занимает свою нишу. В сравнении с безредукторным приводом на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами обладает следующими преимуществами:

1. Дешевизна в силу отсутствия постоянных магнитов.
2. Способность функционировать в условиях высоких температур.

Зачастую покупая новый безредукторный электропривод, заказчик редко решается на одновременную замену станции управления (обычно релейного типа), рассчитанную на работу с многоскоростными асинхронными двигателями.

Анализ стандартного режима работы асинхронного безредукторного электропривода лифтовой лебедки показал, что при переходе на скорость дотягивания возникают резонансные явления в механике лифтовой лебедки [4, 5], что приводит к некорректной работе системы управления и поломке механического оборудования. Более того, наличие участка движения на скорости дотягивания отрицательно сказывается на общей производительности лифтовой лебедки.

Разработанная система управления асинхронным безредукторным электроприводом лифтовой лебедки позволяет исключить вышеперечисленные недостатки и обеспечить комфортабельность перемещения и высокую точность останова кабины на этажной площадке.

### Функциональная схема модифицированной системы управления асинхронным безредукторным электроприводом

Функциональная схема модифицированной системы управления асинхронным безредукторным электроприводом приведена на рис. 1.

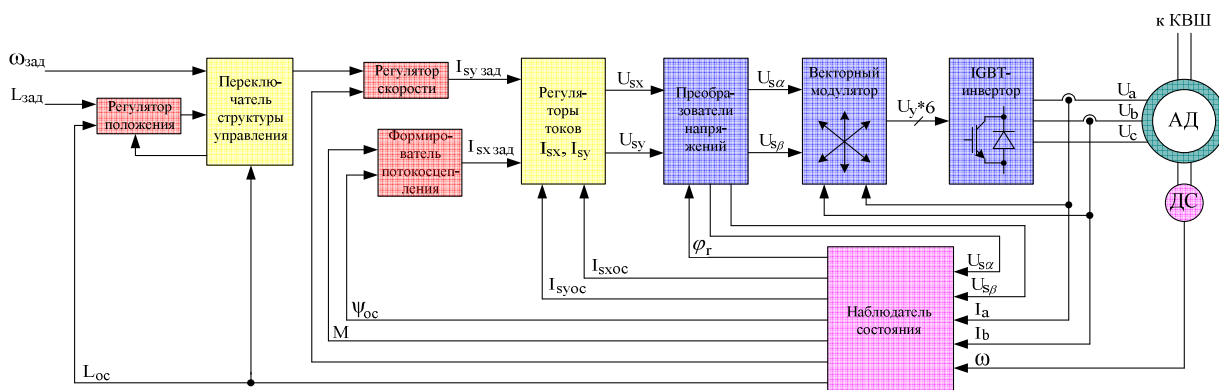


Рис. 1. Функциональная схема модифицированной системы управления асинхронным безредукторным электроприводом

Для управления асинхронным безредукторным электроприводом лифтовой лебедки применено векторное управление с датчиком скорости / положения. Отличительной особенностью предлагаемой системы управления является наличие формирователя потокосцепления и переключателя структуры, позволяющие согласовать работу с

установленным оборудованием, увеличить комфортабельность перемещения и точность останова кабины.

### Формирователь потокосцепления

Формирователь потокосцепления состоит из функции задания потокосцепления от момента  $\psi = f(M)$  и ПИ-регулятора потокосцепления. Кривая формирования потокосцепления от момента двигателя представлена на рис.2.

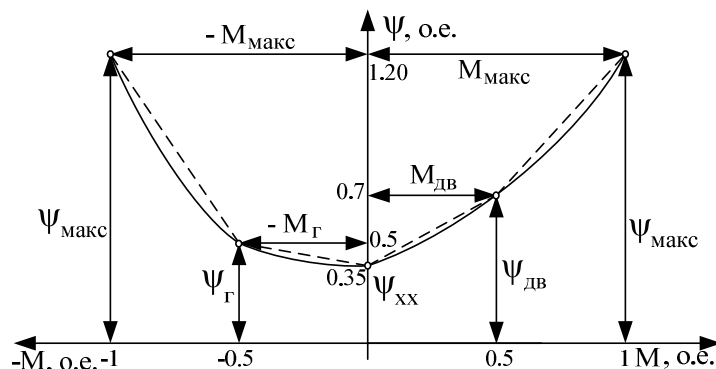


Рис. 2. Кривая формирования потокосцепления в функции от момента двигателя

Из-за большой индуктивности статорной обмотки ТАД, постоянное формирование потокосцепления приводило к «жесткости» характеристики момента. В таком режиме работы возникали рывки момента на валу двигателя, что приводило к колебаниям кабины и противовеса. Для исключения этого эффекта был разработан метод адаптивного формирования потокосцепления ТАД в функции от текущего момента двигателя. Адаптивное формирование потокосцепления позволяет сформировать «мягкую» характеристику по моменту, что увеличивает комфортабельность перемещения кабины.

### Переключатель структуры

Переключатель структуры позволяет организовать три режима работы системы управления.

**Первый режим работы:** работа по стандартной двухскоростной циклограмме. В этом режиме привод работает по принимаемым от станции управления релейным сигналам задания на скорость (номинальная скорость и скорость дотягивания). Для разгона и замедления привода используется S-образный задатчик интенсивности. Недостатки способа: наличие участка движения на скорости дотягивания отрицательно сказывается на общей производительности лифтовой лебедки. Преимущества способа: простой и надежный способ управления.

**Второй режим работы:** работа привода в следящем режиме. В этом режиме сигнал задания поступает на вход регулятора положения привода. Для разгона и замедления

привода также используется S-образный задатчик интенсивности. Для организации данного типа управления помимо замены электропривода необходима замена и станции управления на более современную и дорогостоящую. Станция управления должна иметь микроконтроллер и интерфейс для обмена данными с приводом. Недостатки способа: увеличение стоимости ЭП в силу необходимости замены станции управления на более современную. Преимущества способа: комфортабельность и плавность останова кабины; высокая точность позиционирования на этажной площадке.

**Третий режим работы:** работа привода в режиме переключения структуры управления. В этом режиме начало движения осуществляется по заданию от контура скорости с использованием S-образного задатчика интенсивности. Как только система управления получает сигнал от датчика предварительного останова, система переходит на управление от контура положения и плавно производит остановку. Начало следующего движения начинается с задания от контура скорости. Переходные процессы скорости и момента для данного режима работы представлены на рис. 4. Преимущества способа: комфортабельность и плавность останова кабины; высокая точность позиционирования на этажной площадке; возможность реализаций на релейных станциях управления.

Предварительная проверка работоспособности представленной системы управления проводилась на имитационной модели в приложении Matlab. Результаты математического моделирования представлены на рис. 3.

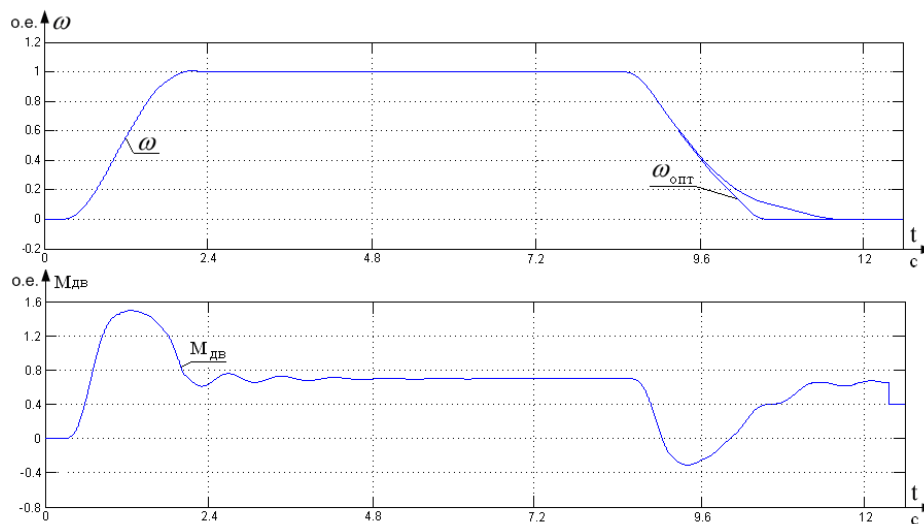


Рис. 3. Переходные процессы при имитационном моделировании в режиме переключения структуры управления

Анализ переходного процесса показывает его хорошее совпадение с оптимальной диаграммой движения кабины лифтовой лебедки.

### Результаты экспериментальных испытаний

Экспериментальные испытания работоспособности системы управления проводились в лифтовой испытательной лаборатории. Состав испытательного оборудования: преобразователь частоты ESD-TCL с модифицированной системой управления; тихоходный асинхронный двигатель: ЧРАД225–8Л ( $n_{НОМ} = 60$  об/мин,  $M_{НОМ} = 242$  Нм). На рис. 4 представлены следующие кривые:  $\omega$  – скорость ТАД ( $\omega_H = 10.e. = 6.28$  рад/с);  $M_{ДВ}$  – момент на валу ТАД в двигательном режиме;  $M_{ур}$  – момент на валу ТАД при уравновешенной кабине;  $M_{Ген}$  – момент на валу ТАД в генераторном режиме ( $M_H = 10.e. = 240$  Нм).

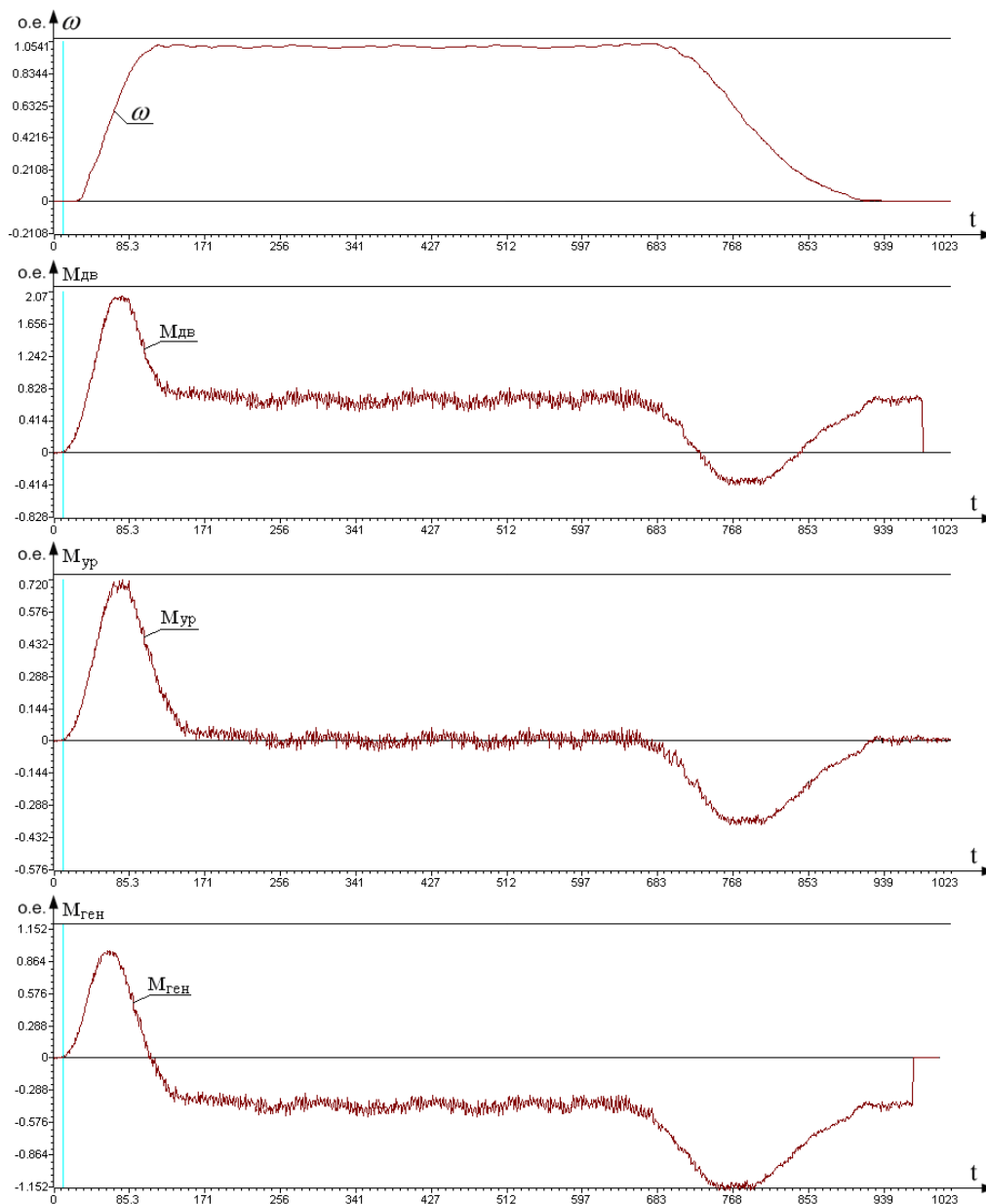


Рис. 4. Графики работы ЭП в режиме переключения структуры управления

Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований показывают хорошую сходимость.

## **Заключение**

1. Разработана система управления, учитывающая особенности тихоходного асинхронного двигателя и явления, возникающие в механической части безредукторной лифтовой лебедки, позволяющая организовать управление асинхронным безредукторным электроприводом лифтовой лебедки.

2. Результаты исследований на имитационной модели и реальной экспериментальной установке подтвердили работоспособность и возможность осуществления необходимых режимов работы безредукторной лифтовой лебедки.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

## **Список литературы**

1. Виноградов А., Сибирцев А., Колодин И. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ // Силовая электроника. – 2006. – №3. – С. 50 – 55.
2. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 2001. – 274 с.
3. Олссон Г., Дж. Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
4. Тургенев Д. В., Дементьев Ю. Н., Ланграф С. В. Особенности механики лифтов с безредукторным приводом лебедки // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Электромеханические преобразователи энергии 2009». – ТПУ. – 2009. – С. 236 – 240.
5. Тургенев Д.В. Анализ трехмассовой механической системы для безредукторной лифтовой лебедки // Журнал «Электротехнические комплексы и системы управления». – 2012. – №1(25). – С. 59 – 63.
6. C28xx C/C++ Header Files and Peripheral Examples, Texas Instruments, SPRC097.

## **Рецензенты:**

Аристов А. В., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.

Лукутин Б. В., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.