

УДК 621.3

В.М. Галай

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІФТА ІЗ ПОКРАЩЕНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*Розглянуто моделювання електроприводу пасажирського ліфта з характеристиками використання перетворювача частоти та S-подібного профілю плавного пуску та гальмування асинхронного двигуна.*

**Ключові слова:** система управління, модернізація електроприводу, перетворювач частоти, плавний пуск, плавне гальмування, S-профіль.

### Вступ

У зв'язку з дедалі більшим розвитком і ускладненням технологічних процесів, з одного боку, і з доступністю сучасної перетворювальної техніки – з іншого, існує необхідність у розробці нових і вдосконаленні вже наявних методів і алгоритмів управління промисловими механізмами з метою економії електроенергії та збільшення терміну їх служби.

Механізми, що піддаються частим включенням і відключенням, найбільш схильні до зносу металевих конструкцій саме під час пуску та гальмування. В технологічних процесах, де найбільш важлива плавність розгону і гальмування (пасажирські ліфти), лінійні профілі не забезпечують бажаного комфорту і не дозволяють оптимізувати використання ресурсів механічних конструкцій. Для мінімізації таких небажаних впливів на конструкції механізмів описаних вище типів, ставиться завдання модернізації, що забезпечить найбільш плавні, в порівнянні з прямим включенням або лінійним профілем, розгін і гальмування виконавчих органів електроприводу ліфту.

### Основна частина

Використання в електромеханічній системі ліфта практично безінерційного ТП дозволяє найбільш точно відрегулювати необхідний закон руху перехідного процесу в часі. Заміна обертових механізмів статичним перетворювачем зменшує шум, спрощує і зменшує витрати на ремонт і обслуговування. До переваг системи ТП-Д слід віднести також і великий коефіцієнт підсилення, тобто малий сигнал управління. У зв'язку з цим, упровадження новітніх енергозберігаючих технологій при модернізації ліфтового обладнання стає вкрай актуальним завданням. Систематичний аналіз інформації будівельних, монтажних і проектних організацій дозволяє зробити висновок, що в якості базисної програми з енергозбереження на ліфтах, необхідно розглядати впровадження частотно-регульованих електропри-

водів. Застосування частотно-регульованого електроприводу підйомного пристрою (лебідки) ліфта значно підвищує комфортність під час руху кабіни, забезпечує безшумність і високу точність зупинки, збільшує довговічність механічного обладнання, а також дозволяє знизити витрату електроенергії на 40-60% за рахунок отримання плавних перехідних процесів, а також знижує експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання, за рахунок значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичних ланцюгів.

Зниження споживання електроенергії досягається завдяки значному (в 5-6 разів) зменшенню обертових махових мас лебідки, що виключає непродуктивні втрати в перехідних пуско-гальмівних режимах: плавні перехідні процеси дозволяють знизити динамічні навантаження в елементах кінематичних ланцюгів приводу ліфта, що призводить до збільшення терміну служби редуктора головного приводу, канатоведучого шківів, гальмівних колодок, електродвигуна, тягових канатів, елементів підвіски противаги.

Основна особливість при регулюванні АД полягає в тому, що необхідно змінювати напругу  $U$  на статорі, як в функції моменту статичних  $M_c$  опорів, так і відповідно до зміни частоти. Отже, при скалярному методі управління залежність напруги живлення від частоти визначається характером навантаження на валу електричного двигуна. При цьому для постійного моменту навантаження завжди підтримується відношення  $U / f = \text{const}$ , і, по суті, забезпечується сталість максимального моменту двигуна.

Застосування перетворювача частоти (ПЧ), що підключається до високошвидкісної обмотки двигуна, забезпечує переміщення кабіни ліфта з підвищеною (робочою) і зниженою (дотягування) швидкостями, а також зі швидкістю ревізії. Рух здійснюється з плавними пусками і гальмуваннями при обмежених поштовхах та прискореннях і високому рівні комфорту проїзду в кабіні ліфта [2].

Для забезпечення плавності руху механізмів електроприводу ліфта та комфортності пасажиріву якості форми розгону доцільно використовувати S-подібний профіль (рис. 1, 2).

Застосування S-подібних кривих дозволяє вибрати механічні проміжки, усунути удари і обмежити розбіжність швидкості із завданням під час швидких перехідних процесів у разі великого моменту інерції. За S-подібними профілями відбувається поступова зміна вихідної частоти у відповідності з її необхідним рівнем і швидкістю зміни. S-подібні профілі розгону та гальмування складаються з двох ділянок із рівноприскореним характером, а між ними – ділянка з прямолінійним характером. Перша ділянка будується у відповідності з параболічним

законом, ділянки прямолінійного характеру – у відповідності з лінійним законом (рис. 1, де  $f_{зад}$  – необхідна,  $f_0$  – початкова; прискорення обертання валу двигуна (Гц/с):  $\alpha_{зад}$  – необхідне,  $\alpha_0$  – початкове; тривалість розгону (с):  $t_{розг}$  – загальна,  $t_{1розг}$  – першої ділянки,  $t_{2розг}$  – лінійної ділянки,  $t_{3розг}$  – третьої ділянки; рис. 2, де  $t_{гальм}$  – загальна,  $t_{1гальм}$  – першої ділянки,  $t_{2гальм}$  – лінійної ділянки,  $t_{3гальм}$  – третьої ділянки).

На етапі дослідження плавного пуску та гальмування було проведено імітаційне моделювання роботи електроприводу пасажирського ліфта, згідно з [3].

Модель ЕП складається з наступних блоків: АД з короткозамкненим ротором, інвертора, системи управління та формування частоти за S-подібним профілем (рис. 3).

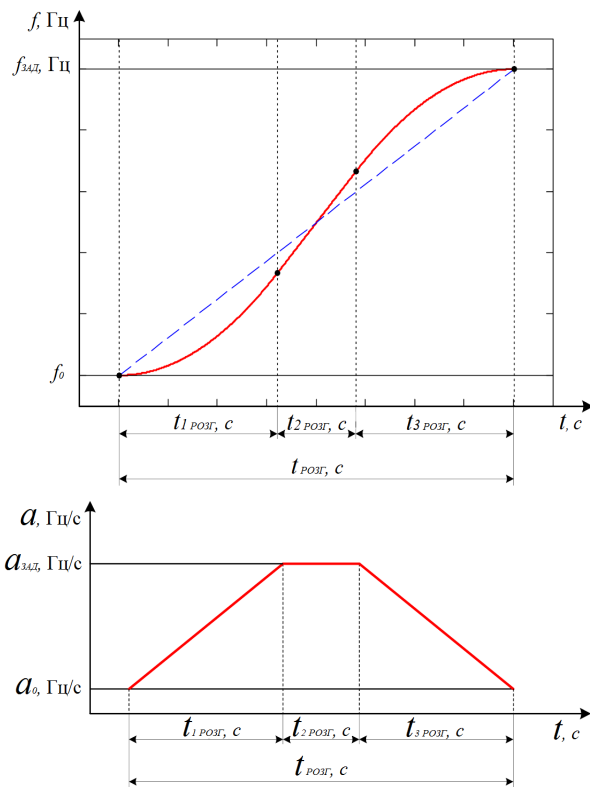


Рис. 1. Загальний вигляд профілю частоти (знизу) розгону; частоти обертання валу двигуна (Гц):

Блок формування частоти забезпечує необхідну частоту обертання вала ротора АД за S-подібними профілями: профіль розгону – з 0 до 50 Гц за 2 с та профіль гальмування – з 50 до 5 Гц (уповільнення) за 2 с, з 5 Гц до 0 за 1,5 с (рис. 4).

АД з короткозамкненим ротором потужністю 7,5 кВт був обраний на основі проведених розрахунків, виходячи з передбачуваного навантаження (маси кабіни ліфта з пасажирями). Перетворювач частоти, в залежності від сигналу управління формує необхідну частоту і амплітуду напруги живлення. В процесі проведення імітаційного моделювання були отримані криві перехідних процесів, що протікають в АД (рис. 6). Достатня плавність кривої електромагніт-

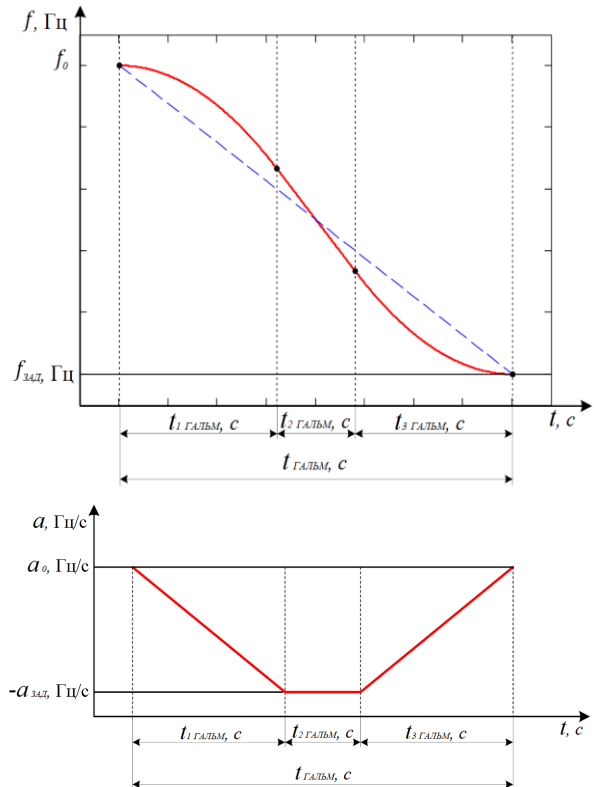


Рис. 2. Загальний вигляд профілю частоти (знизу) гальмування; тривалість гальмування (с):

ного моменту АД свідчить про плавність процесів електродвигуна. Для порівняння на рис. 7 зображено криві перехідних процесів АД без використання ПЧ.

Представлені методи забезпечення плавного пуску та гальмування асинхронного двигуна були використані при роботі з ПЧ ATV58HD12N4 виробництва Schneider Electric пасажирського ліфта. При роботі у складі програмного забезпечення ПЧ у процесах плавного пуску та гальмування відбулося покращення характеристик процесів асинхронного електроприводу пасажирського ліфта. Перехідний процес за частотою обертання вала ротора АД, як при пуску, так і при гальмуванні, має S-подібну форму, подібну з формою заданої частоти, вказаний на рис. 5.

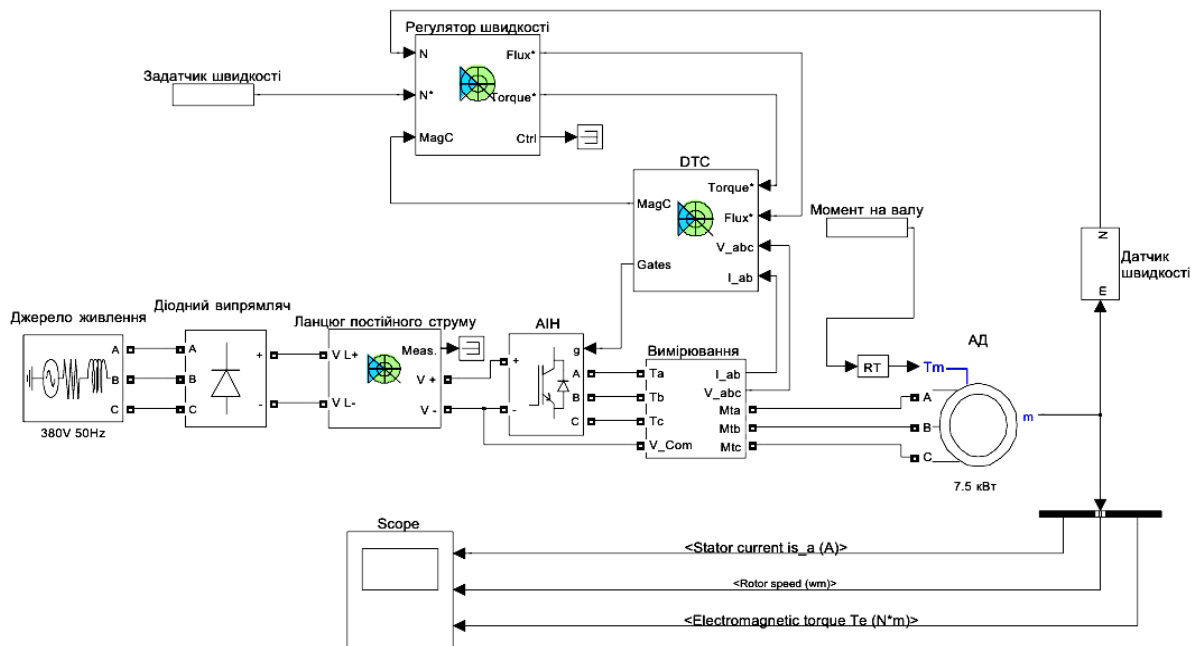


Рис. 3. Модель електропривода пасажирського ліфта в середовищі MatlabSimulink

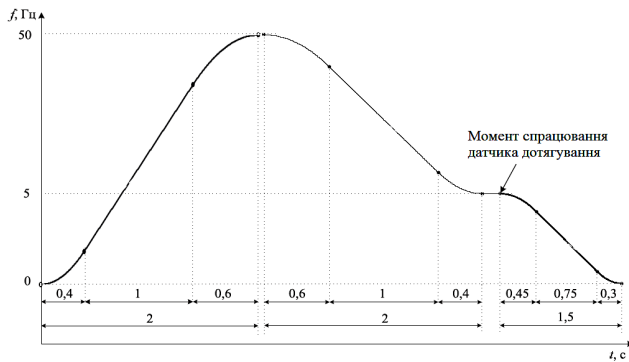


Рис. 4. Профіль частоти пуску та гальмування приводу ліфта за S-подібним профілем

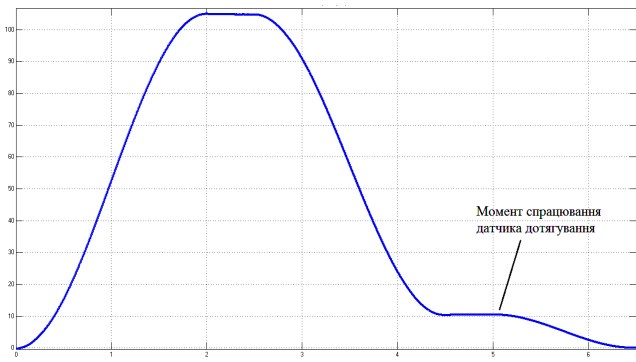


Рис. 5. Частота обертання вала ротора АД при пуску та гальмуванні (результат моделювання)

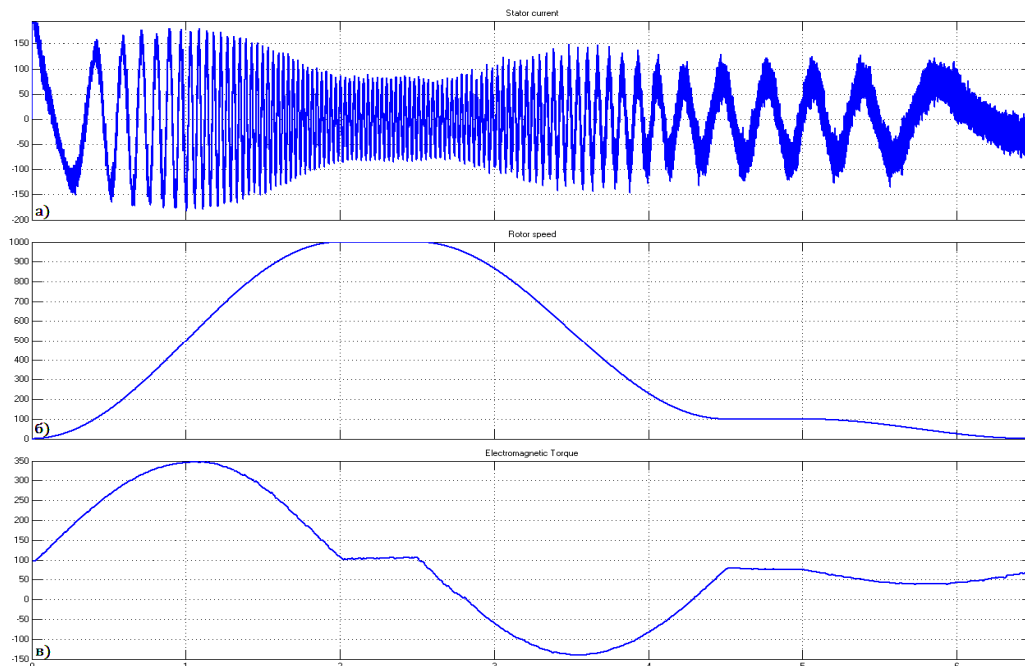


Рис. 6. Криві перехідних характеристик АД із використанням ПЧ: а – струм фази А, А; б – частота обертання вала ротора, об/хв; в – електромагнітний момент, Н·м

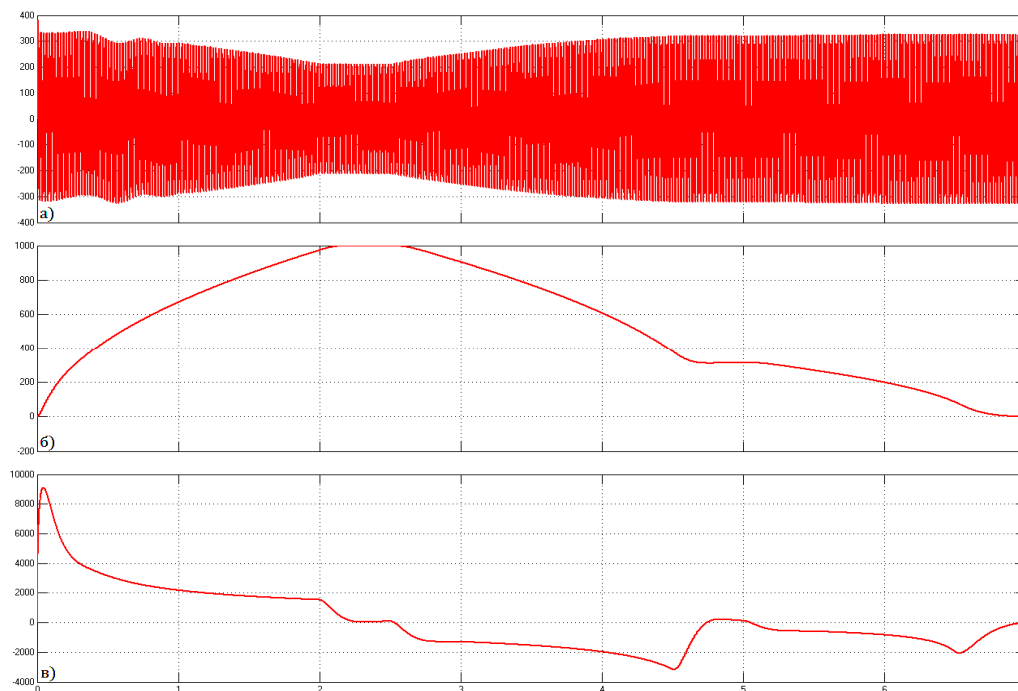


Рис. 7. Криві перехідних характеристик АД без використання ПЧ:  
а – струм фази А, А; б – частота обертання вала ротора, об/хв;  
в – електромагнітний момент, Н·м

## Висновки

У ході проведених досліджень були отримані результати, що підтверджують покращення плавності ходу електроприводу ліфту, а, тим самим, і кабіни з пасажиром. У кривій частоти обертання вала АД (рис. 5) відсутні пульсації, зломи та розриви.

Загальний характер частоти обертання вала АД має S-подібну форму, що свідчить про покращення динамічних показників роботи електроприводу ліфту, до якого входить перетворювач частоти ATV58HD12N4 фірми Schneider Electric для живлення асинхронних двигунів потужністю 7,5 кВт.

## Список літератури

1. Симаков Г.М. Процессы пуска и торможения асинхронного электропривода с частотным управлением

при вентиляторной нагрузке / Г.М. Симаков, М.А. Марченко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2010. – №2. – С. 383-387.

2. Руководство пользователя «Altivar 58 Lift Telemechanique» Schneider Electric, 2004 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/694-altivar-58>.

3. Краснов И.Ю. Обеспечение плавного разгона и торможения промышленных механизмов / И.Ю. Краснов, Н.В. Гусев, С.В. Ланграф / Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т.319. №4. – С. 122-127.

Надійшла до редакції 6.03.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА С УЛУЧШЕННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В.Н. Галай

В статье рассмотрены моделирование электропривода пассажирского лифта с характеристиками использования преобразователя частоты и S-образного профиля плавного пуска и торможения асинхронного двигателя.

**Ключевые слова:** система управления, модернизация электропривода, преобразователь частоты, плавный пуск, плавное торможение, S-профиль.

## RESEARCH DESIGN AND MANAGEMENT OF ELECTRIC PASSENGER ELEVATORS WITH IMPROVED DYNAMIC CHARACTERISTICS

V.M. Galai

The article deals with the simulation of electric passenger elevator with the characteristics of the use of the frequency converter and the S-shaped profile of smooth start and braking of the induction motor.

**Keywords:** control system, modernization of the electric drive, frequency converter, soft-start, soft braking, S-profile.