

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТУПЕНЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДВОШВИДКІСНОГО ЛІФТА****В. В. Осадчий, О. С. Назарова, С. С. Шульженко***Запорізький національний технічний університет*

**Анотація.** *Заміна застарілого ліфтового обладнання новим супроводжується значними матеріальними витратами. Тому пошук альтернативних варіантів реконструкції ліфтових електроприводів є актуальним. Для проведення дослідження створено математичну модель ліфтового електропривода і стенд, що імітує його роботу. З метою зменшення впливу ступеня завантаження ліфта на точність його позиціонування розроблено метод ідентифікації ступеня завантаження двошвидкісного ліфта у реальному часі з похибкою  $\pm 5\%$ .*

**Ключові слова:** *електропривод, система автоматичного керування, ідентифікація, математичне моделювання, фізичний експеримент.*

**Вступ**

Потреби індустріального розвитку вимагають постійного вдосконалення засобів внутрішнього транспорту будівель і споруд на основі сучасних науково-технічних досягнень. Зростаючий парк ліфтів вимагає безперервного вдосконалення техніки монтажу та технічного обслуговування цих машин з метою підвищення надійності і безпеки їх застосування. Головними техніко-економічними показниками при обґрунтуванні технічних рішень різних систем ліфтових електроприводів є здатність забезпечити оптимальні комфортні умови перевезення, енергетичну ефективність і масогабаритні показники [1].

Сучасним і актуальним напрямком розвитку електромеханіки є перехід від некерованих автоматизованих систем до керованих, які забезпечують значне поліпшення динамічних і енергетичних показників електроприводу і механізму. В області ліфтів – це заміна некерованих асинхронних електроприводів з двошвидкісними двигунами на частотно керовані електропривода з одношвидкісними двигунами, а також впровадження безредукторних лебідок з тихохідними приводними двигунами [2,3].

В той же час більшість ліфтів, що експлуатуються, є двошвидкісними з досить застарілою елементною базою системи керування [4], яка не в змозі забезпечити більш жорсткі вимоги щодо точності позиціонування у відповідності до EN 81-20. Вказаний документ діє у Європі та планується як заміна діючому в Україні нормативному документу «Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів» (ПУБЕЛ). Точність позиціонування згідно EN 81-20 становить  $\pm 10$ мм замість  $\pm 20$ мм згідно ПУБЕЛ. Як показано в [5] урахування в алгоритмі керування ступеня завантаження ліфту

теоретично дозволяє підвищити точність позиціонування з  $\pm 15$ мм до  $\pm 3$ мм.

Заміна морально застарілої системи керування сучасною мікропроцесорною системою, яка реалізує запропоновані алгоритми, дозволить при низьких витратах отримати ліфт, який відповідає високим технічним вимогам. Таким чином, підвищення точності позиціонування існуючих ліфтів – це економічна і технічна задача державного рівня, а робота, яка спрямована на вирішення цієї проблеми – актуальна, представляє науковий інтерес і має практичне значення для економіки країни.

**Мета роботи**

Розробка та дослідження методу ідентифікації у реальному часі ступеня завантаження двошвидкісного ліфта з використанням створених математичної моделі і стенда, що імітують роботу ліфтового електропривода.

**Матеріали та результати дослідження**

Як показує аналіз на основі сучасної науково-технічної літератури, цифрові системи керування знаходять все більше застосування завдяки своїм перевагам у порівнянні з аналоговими системами. Тому перехід від нерегульованої системи електропривода до регульованої дозволяє значно покращити її технічні характеристики, розширити функціональні можливості системи, значно знизити кількість споживаної електроприводом електроенергії, а також впровадити енерго- і ресурсозберігаюче обладнання і технології.

Основними перевагами електроприводу з мікропроцесорною системою автоматичного керування (САК) є висока надійність, низькі експлуатаційні витрати та відносно невисока вартість [6]. При створенні та налаштуванні САК

значна увага приділяється питанням безпеки при користуванні ліфтами. Всі вузли та елементи ліфтів повинні відповідати державним стандартам, а також Технічному регламенту затверджену Кабінетом Міністрів України [7].

Велика кількість досліджень [8,9,10] була направлена на докладне вивчення впливів електричних завод на роботу ліфта, дослідження механічних та електромеханічних характеристик електроприводу, альтернатив використання мікропроцесорних САК. Але ідентифікація маси вантажу, що знаходиться у кабіні, залишилася майже без уваги.

З метою спрощення опису системи процесу, що пов'язані з наявністю пружних зв'язків між елементами ліфту, не розглядалися. Припускаючи, що система є одномасовою, за основне рівняння руху ліфта прийнято рівняння (1)

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_c, \quad (1)$$

де  $J$  – момент інерції зведений до валу електродвигуна,  $M_d$  – обертальний момент електродвигуна,  $M_c$  – момент опору.

Модель ліфта, що представлена на рис.1, це складна система, яка в свою чергу складається з ряду підсистем: асинхронного двошвидкісного електродвигуна, моменту опору, моменту інерції, гальма і т. д.

Асинхронний двигун представлений підсистемою AD1 на основі спрощеної формули Клосса. Зміна значення синхронної швидкості з 1000 об/хв на 250 об/хв здійснюється перемикачем на вході підсистеми. Критичний момент для малої швидкості прийнято 70% від критичного моменту для великої швидкості.

Підсистема моменту опору Moment soprotiv виражена рівнянням (2)

$$M_c = \frac{g \cdot r \cdot (m_{gr} + m_{kab} - m_{pr})}{2 \cdot i \cdot \eta_n}, \quad (2)$$

де  $r$  – радіус канатоведучого шківів,  $m_{gr}$  – маса вантажу,  $m_{kab}$  – маса кабінки,  $m_{pr}$  – маса проти ваги,  $i$  – передатне число редуктора,  $\eta_n$  – ККД підйомної установки, що враховує тертя в напрямних.

Блок моменту інерції представлений рівнянням (3)

$$J = \frac{r^2 \cdot (m_{gr} + m_{kab} + m_{pr} + m_{kan})}{i^2} + J_0, \quad (3)$$

де  $m_{kan}$  – маса канатів,  $J_0$  – момент інерції ротора.

Для різних ступенів завантаження кабінки від 0 до 100 % з кроком 20% було проведено моделювання для визначення кутової швидкості обертання. Результати моделювання представлені на рис. 2. Для нього прийняті наступні позначення: 1 – кутова швидкість обертання при пуску порожньої кабінки; 2 – кутова швидкість обертання при пуску кабінки завантаженої на 20%; 3 – кутова швидкість обертання при пуску кабінки завантаженої на 40%; 4 – кутова швидкість обертання при пуску кабінки завантаженої на 60%; 5 – кутова швидкість обертання при пуску кабінки завантаженої на 80%; 6 – кутова швидкість обертання при пуску кабінки завантаженої на 100%; 7 – синхронна кутова швидкість.

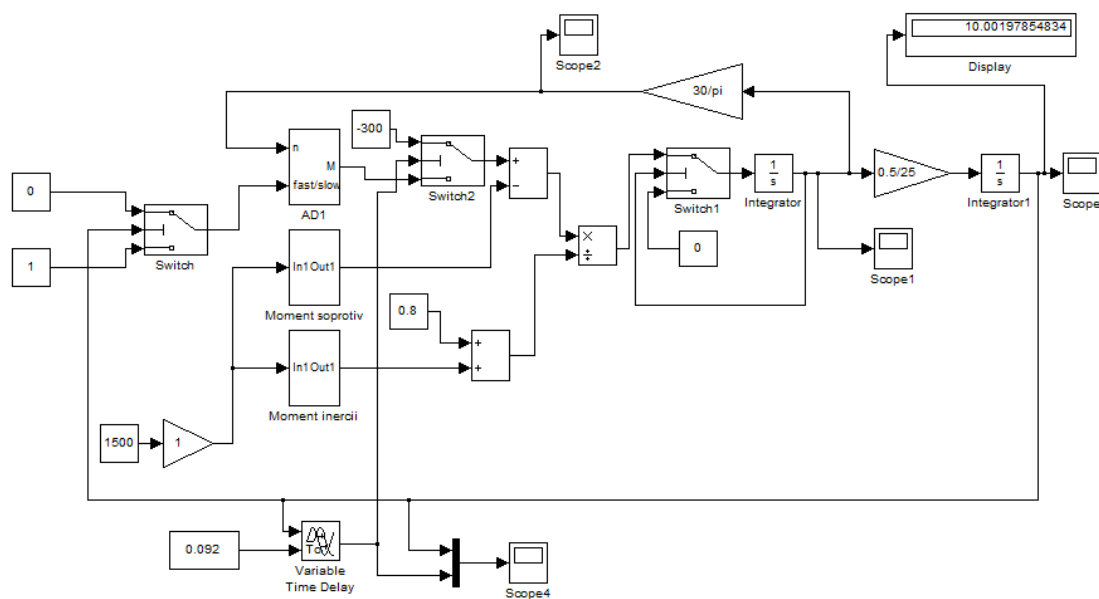


Рис. 1. Структурна схема моделі ліфта

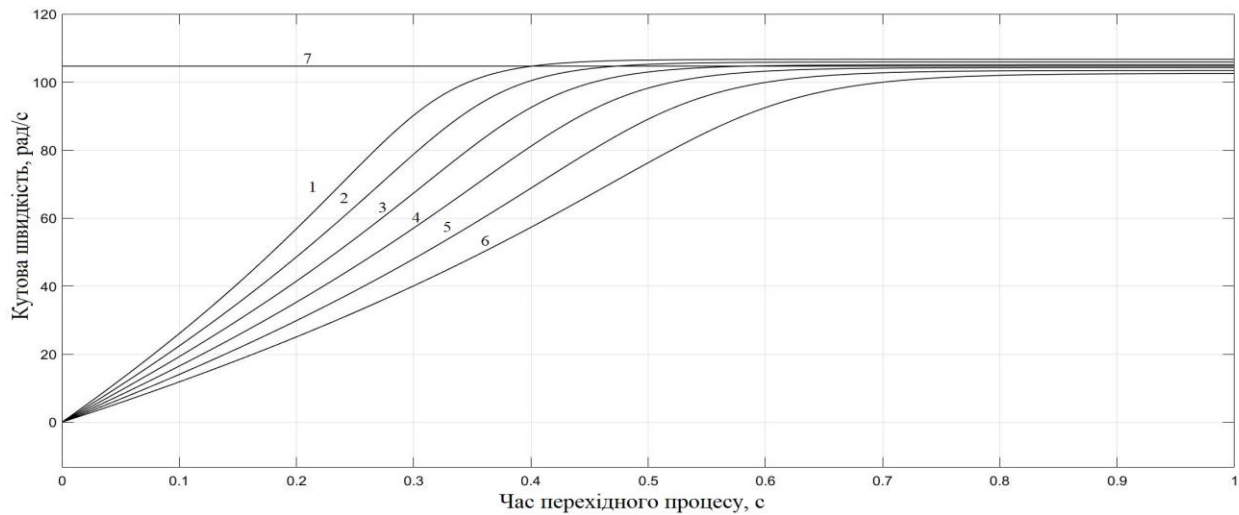


Рис. 2. Залежність кутової швидкості від ступеня завантаження кабіни

Результати експерименту показують, що в залежності від ступеня завантаження ліфта змінюється час його пуску. На підставі досліджень було встановлено, що визначення ступеня завантаження кабіни в початковій стадії руху на підставі перехідних процесів при пуску двигуна, дозволяє підвищити точність позиціонування за рахунок зміни часу початку гальмування і використання затримки у часі [5,11].

Керування двигуном і гальмом відбувається за допомогою системи, яка за заданим алгоритмом визначає час роботи двигуна, його відключення і включення гальма. Датчик положення і швидкості, встановлений на валу двигуна, дозволяє отримати дані про швидкість розгону і відстань, що пройшла кабіна в початковій стадії руху. Таким чином, для конкретного випадку завантаження кабіни буде отримана власна характеристика.

Система керування має набір характеристик для різних ступенів завантаження. Отримані дані з датчиків, мікроконтролер обробляє і будує характеристику, яка порівнюється з набором заданих характеристик, закладених у пам'яті мікроконтролера для різних ступенів завантаження. Алгоритм автоматично визначає характеристику, найбільш наближену до встановленої, тим самим визначає приблизний ступінь завантаження кабіни. Знаючи його, система керування подає сигнал на відключення двигуна і включення гальма в певний момент часу, який зазначено для конкретного випадку завантаження кабіни.

В ході дослідження було розроблено стенд, що імітує роботу ліфта, схема елементів якого представлена на рис. 3. На стенді встановлено двигун потужністю 0,15 кВт з номінальною частотою обертання 2650 об/хв.

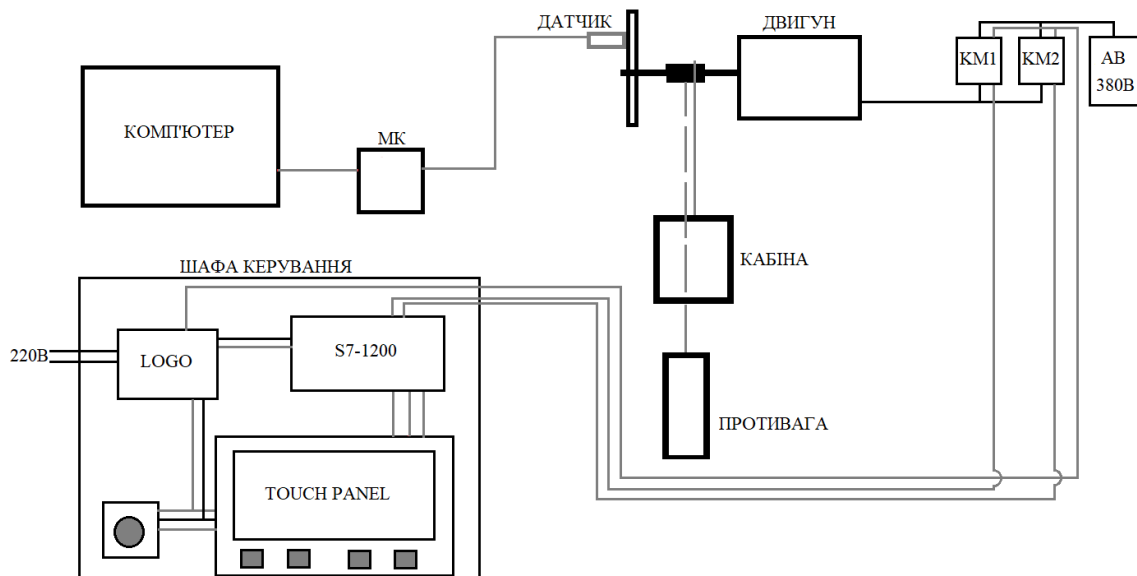


Рис. 3. Схема лабораторного стенду

Керування двигуном виконується за допомогою програмованого контролера SIMATIC S7-1200 (CPU 1211C) фірми Siemens, а також тач-панелі для встановлення завдання. За допомогою панелі задаються необхідні моменти часу спрацювання контакторів KM1 і KM2, встановлюючи таким чином час роботи двигуна в прямому або зворотному напрямку. Для безпеки проведення експериментів, натискання кнопки пуску в прямому і зворотному напрямку можливо за умови включеної червоної кнопки, відключення якої миттєво припиняє подачу напруги на контактори, отже, і на двигун. Контролер запрограмовано з урахуванням неможливості включення працюючого двигуна в зворотному напрямку.

Для визначення швидкості обертання використовується встановлений на валу двигуна диск з шістьма отворами, розташованими по колу. Датчик, що знаходиться в безпосередній близькості від диска, змінює свій стан при проходженні отворів повз нього. Контролер отримує від датчика інформацію про швидкість обертання валу двигуна у вигляді імпульсів, після чого перетворює її в значення, що пропорційні інтервалу часу між сусідніми імпульсами. Отримані значення з контролера передаються на комп'ютер. Далі за допомогою програми вони обробляються і видаються як масив, що складається з перетворених значень положення вала двигуна, представлених у вигляді значень шістнадцятирічної системи обчислення. За допомогою програми Excel отриманий масив перетворюється за формулами в значення періодів і швидкості, на підставі яких будуються сімейства точок і кривих для різних ступенів завантаження кабіни.

Для перевірки правильності роботи стенду була розроблена імітаційна модель ліфта в середовищі Matlab. Дана модель створена на підставі розробленої раніше для реального ліфта (Рис. 1), всі параметри системи замінені відповідно до параметрів стенду.

Імітаційна модель ліфтового електропривода дозволяє відтворити електромеханічні процеси фізичної моделі, що представлена стендом (Рис. 3), а також розрахувати необхідні параметри з досить великою точністю (Рис. 4 – Рис. 6). Основні переваги комп'ютерної моделі перед фізичною – це необмежена кількість проведення експериментів з можливістю випробовувати різні режими роботи, при цьому з безпекою для життя людини.

Проведено експерименти для різних ступенів завантаження. Як приклад для розрахунку були обрані три ступеня завантаження. Дані отримані двома методами: експериментальним (на стенді) і моделюванням (в середовищі Matlab).

Маса противаги становила 750 грам, маса кабіни – 750, 1000 та 1250 грам.

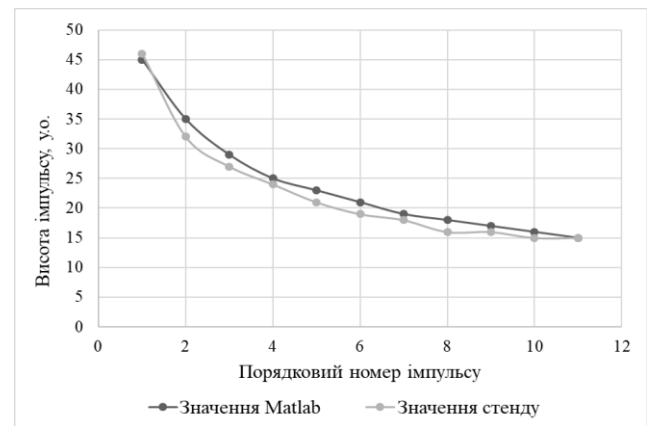


Рис. 4. Результат фізичного експерименту та математичного моделювання для співвідношення мас 750x750 грам

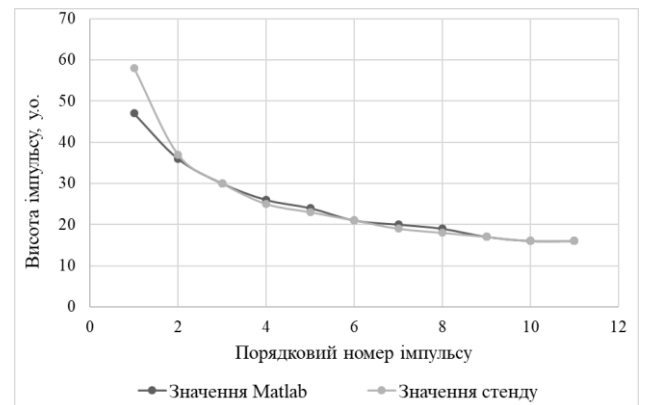


Рис. 5. Результат фізичного експерименту та математичного моделювання для співвідношення мас 750x1000 грам

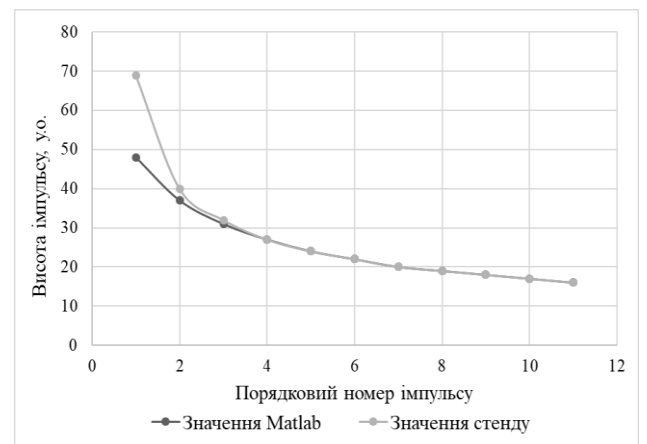


Рис. 6. Результат фізичного експерименту та математичного моделювання для співвідношення мас 750x1250 грам

З графіків бачимо, що значення, які отримані експериментально та за допомогою середовища математичного моделювання Matlab схожі і знаходяться в допустимих межах відхилення  $\pm 5\%$ . Похибка пов'язана з фізичними властивос-

тями обладнання, яке має власну похибку через електричні перешкоди і стрибки напруги у мережі, а також мінливих сил тертя і ковзання, що виникають при різних експериментах. Отже, можна зробити висновок, що в результаті проведених математичного та фізичного експериментів доведено, що розроблена математична модель стенду може використовуватися для моделювання реальних параметрів системи автоматичного керування електроприводом ліфта.

На підставі результатів, що підтверджують адекватність розроблених комп'ютерної і фізичної моделей, перенесемо блоки визначення ширини імпульсів і побудови їх графіків в імітаційну модель ліфта з реальними параметрами, яка розроблена раніше (Рис. 1).

Модель підсистеми вимірювання швидкості обертання валу двигуна (Рис. 7), який складається з диска та датчика, побудована на основі пері-

одичної функції «sin». Кут повороту валу двигуна з урахуванням коефіцієнту, що відображає кількість отворів у диску, подається на вхід блоку «sin». Додатні значення функції вважаються такими, що відповідають увімкненому стану датчика.

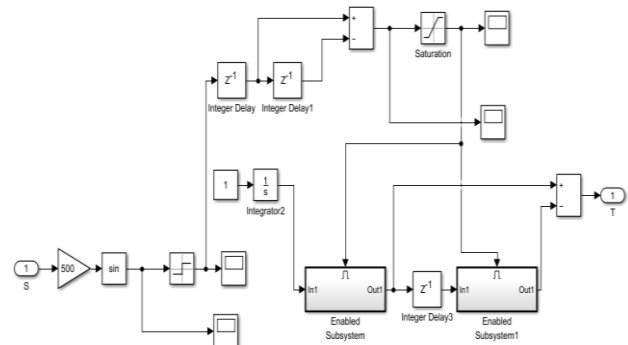


Рис. 7. Модель підсистеми вимірювання швидкості обертання валу двигуна

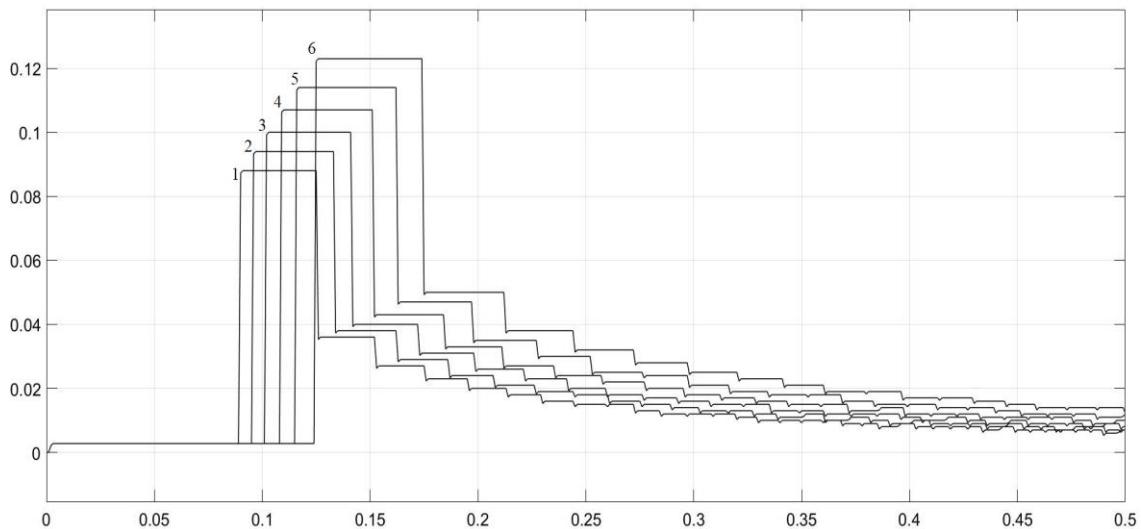


Рис. 8. Графіки імпульсів при розгоні двигуна для різних ступенів завантаження

Результати моделювання для різних ступенів завантаження представлені на (Рис. 8). Для нього прийняті наступні позначення ліній: 1 – імпульси при пуску двигуна з порожньою кабіною; 2 – імпульси при пуску двигуна з завантаженням кабіни 20%; 3 – імпульси при пуску двигуна з завантаженням кабіни 40%; 4 – імпульси при пуску двигуна з завантаженням кабіни 60%; 5 – імпульси при пуску двигуна з завантаженням кабіни 80%; 6 – імпульси при пуску двигуна з повним завантаженням кабіни. З рисунку 8 видно, що для різного ступеня завантаження кабіни ширина імпульсів, а також час їх перемикання відрізняється. Це означає, що при різному ступені завантаження кабіни вал двигуна за одиницю часу проходить різну відстань.

Для отримання значень імпульсів розроблено підсистему, яка дозволяє розрахувати ширину

імпульсу, тобто час його роботи. Для визначення потрібного проміжку часу руху при розгоні двигуна обмежимося 12 імпульсами. Датчик видає 6 імпульсів за оберт валу двигуна, отже, отримаємо значення для перших двох обертів валу двигуна. Цих даних достатньо для визначення ступеня завантаження кабіни. Отримавши по 12 значень для шести різних ступенів завантаження, проведено тестові вимірювання для ступенів завантаження, що не входять в набір стандартних. Для прикладу було обрано ступені завантаження 17, 36 і 74%, для яких також отримані по 12 значень імпульсів. Отримані значення показані в таблиці 1. Для зручності подальших розрахунків приймемо позначення елементів, де буква латинського алфавіту відповідає певній мірі завантаження кабіни, а індекс – порядковий номер імпульсу.

## Експериментальні значення імпульсів

| Порядковий № імпульсу | Значення імпульсів для стандартних ступенів завантаження |     |     |     |     |     | Тестові значення імпульсів |      |      |
|-----------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|------|------|
|                       | Ступінь завантаження, %                                  |     |     |     |     |     |                            |      |      |
|                       | 0  | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1   | 0,17                       | 0,36 | 0,74 |
|                       | a  | b   | c   | d   | e   | f   | k                          | m    | n    |
| 1                     | 154  | 163 | 174 | 186 | 199 | 215 | 162                        | 172  | 195  |
| 2                     | 62   | 66  | 70  | 75  | 80  | 86  | 65                         | 69   | 79   |
| 3                     | 47   | 50  | 54  | 56  | 61  | 65  | 50                         | 53   | 59   |
| 4                     | 39   | 41  | 44  | 47  | 50  | 54  | 41                         | 44   | 49   |
| 5                     | 34   | 36  | 39  | 41  | 44  | 48  | 36                         | 38   | 43   |
| 6                     | 30   | 32  | 35  | 37  | 39  | 42  | 32                         | 34   | 38   |
| 7                     | 28   | 30  | 31  | 33  | 36  | 39  | 29                         | 31   | 36   |
| 8                     | 26   | 27  | 29  | 31  | 33  | 35  | 27                         | 29   | 32   |
| 9                     | 24   | 26  | 27  | 29  | 31  | 33  | 25                         | 27   | 30   |
| 10                    | 22   | 24  | 25  | 27  | 29  | 32  | 23                         | 25   | 28   |
| 11                    | 22   | 22  | 24  | 26  | 28  | 26  | 23                         | 24   | 27   |
| 12                    | 20   | 21  | 23  | 24  | 26  | 0   | 21                         | 22   | 25   |

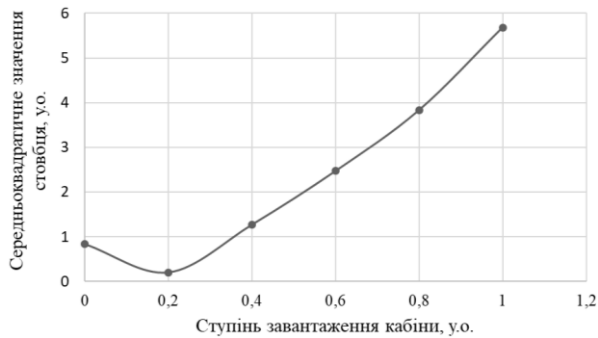


Рис. 9. Графік середньоквадратичних значень імпульсів для 17% ступеня завантаження

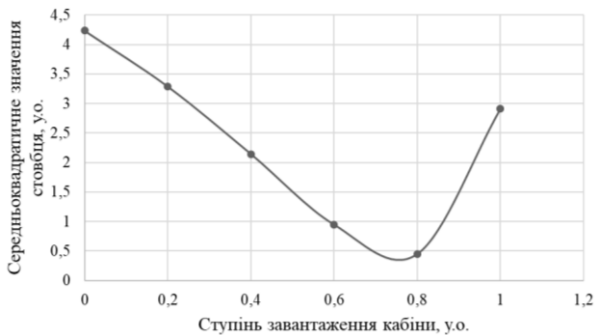


Рис. 10. Графік середньоквадратичних значень імпульсів для 36% ступеня завантаження

Обчислено середньоквадратичне значення при різних ступенях завантаження кабіни ліфта, результати розрахунків представлені у вигляді графіків на Рис. 9, Рис. 10 і Рис. 11.

Для знаходження необхідної точки, що вказує ступінь завантаження ліфта з точністю  $\pm 5\%$ , за графіком середньоквадратичних значень імпульсів через три найближчі точки будується пара-

бола, за якою визначаються коефіцієнти функції, що їй відповідають. Для останньої розраховується екстремум. Координата за віссю OX вершини параболі і буде відображувати відсоткову ступінь завантаження кабіни ліфта.

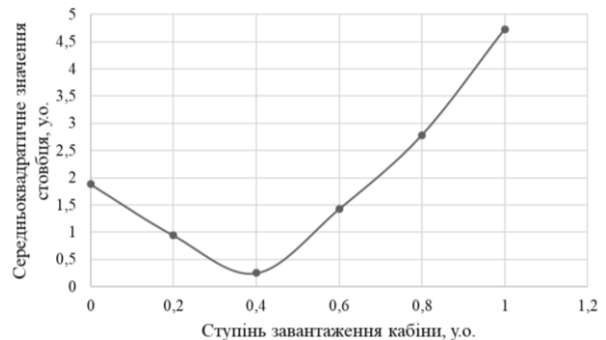


Рис. 11. Графік середньоквадратичних значень імпульсів для 74% ступеня завантаження

Для знаходження рівняння параболі, що описує конкретний графік, складається система рівнянь з трьома невідомими.

$$\begin{cases} y_1 = a \cdot x_1^2 + b \cdot x_1 + c \\ y_2 = a \cdot x_2^2 + b \cdot x_2 + c \\ y_3 = a \cdot x_3^2 + b \cdot x_3 + c \end{cases}$$

Представимо її в матричному вигляді форми  $A \cdot x = B$ :

$$\begin{bmatrix} a \cdot 0 + b \cdot 0 + c \\ a \cdot 0.2^2 + b \cdot 0.2 + c \\ a \cdot 0.4^2 + b \cdot 0.4 + c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.833 \\ 0.204 \\ 1.272 \end{bmatrix}$$

Дане матричне рівняння вирішимо методом Крамера. В результаті отримуємо для ступеня завантаження 17 % рівняння параболи.

$$y = 21.21 \cdot x^2 - 7.387 \cdot x + 0.833$$

Аналогічно знаходяться рівняння парабол для Рис. 10 та Рис.11 із ступенем завантаження 36 та 74% відповідно.

$$y = 23.34 \cdot x^2 - 17.468 \cdot x + 3.503$$

$$y = 36.988 \cdot x^2 - 54.268 \cdot x + 20.191$$

Для знаходження вершини параболи продиференціюємо кожне рівняння. В результаті отримуємо координату  $x$  вершини параболи, яка і буде відповідати приблизному ступеню завантаження кабіни, допускається відхилення  $\pm 5\%$ .

Отже, для формули 4, 5 та 6 отримуємо відповідно:

$$x = \frac{7.387}{42.42} = 0.17; \quad x = \frac{17.468}{46.68} = 0.374;$$

$$x = \frac{54.268}{73.976} = 0.734.$$

Бачимо, при розрахунках є похибки, але вони знаходяться в допустимих межах  $\pm 5\%$ . Таким чином, виконуючи досить прості математичні операції, легко визначити ступінь завантаження кабіни.

### Висновки

Для проведення дослідження створено математичну модель ліфтового електропривода і стенд, що імітують його роботу. В результаті проведених математичного та фізичного експериментів доведено, що розроблена математична модель стенду може використовуватися для моделювання реальних параметрів системи автоматичного керування електроприводом ліфта. Розроблений метод ідентифікації дозволяє за відомими параметрами ліфта в продовж часу двох обертів вала двигуна визначити ступінь завантаження двошвидкісного ліфта з похибкою  $\pm 5\%$ , що підвищить точність його позиювання. Подальші дослідження будуть направлені на виявлення впливу електричних та механічних перешкод на якість отриманих даних, для підвищення точності позиювання.

### Список використаної літератури

1. Ліфты. Учебник для вузов [Текст] / Под общ. ред. Д. П. Волкова. - М.: АСВ, 1999.- 480с.
2. Андриющенко, О. А. Повышение технического уровня пассажирских лифтов Украины,

эволюция или революция? [Текст] / О. А. Андриющенко, А. О. Бойко // Экономист. - 2011. - № 8. - С.75-79.

3. Архангельский, Г. Г. Современные тенденции и перспективы развития лифтостроения [Текст] / Г. Г. Архангельский // Стройпрофиль. - 2008. - № 7. - С. 9-96.

4. Бойко, А. А. Разработка методологии оптимального проектирования и эксплуатации энергоэффективных лебедок пассажирских лифтов [Текст] : дис. ... докт. техн. наук : 05.05.05 : защищена 04.07.15 : утв. 24.12.15 / Бойко Андрей Александрович - Одесса, 2015. - 402 с.

5. Назарова, О. С. Дослідження системи автоматичного керування електропривода ліфта з урахуванням ступеня завантаження його кабіни / О. С. Назарова, С. С. Шульженко // Актуальні проблеми автоматизації та управління : 5-а міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. молодих учених і студентів, 30 лист. 2017 р. : мат. конф. - Луцьк, 2017. - С.85-90. - Режим доступу: [http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference\\_2017.pdf](http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference_2017.pdf)

6. Герман, М. В. Перспективи мікропроцесорних систем керування електроприводом ліфта [Текст] / М. В. Герман, С. П. Пахущий // Сталий розвиток міст : матер. X всеукр. студ. наук.-техн. конф. - Харків, 2017. - Ч. 2 - С. 132-133.

7. Постанова КМУ від 21 червня 2017 р. № 438 «Про затвердження Технічного регламенту ліфтів і компонентів безпеки для ліфтів» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/438-2017-%D0%BF>

8. Ihedioha Ahmed C., Anyanwu A. M. Implementation of an Elevator's Position-Controlled Electric Drive [Electrical Resours] // International Journal of Trend in Research and Development, Volume 3(5), 2016. - p.19-23. Режим доступу: <http://www.ijtrd.com/papers/IJTRD4105.pdf>

9. Yingjie Liu, Hejun Yu, Gang Li, Zhongxing Li, Xingjun Wu. Modeling and Simulation of the drive system of elevator based on AMESIM /3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering (IC3ME 2015) [Electrical Resours]. Режим доступу: [http://download.atlantis-press.com/php/download\\_paper.php?id=25837827](http://download.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=25837827)

10. Стецюк, В. І. Підвищення ефективності роботи ліфтових перетворювачів частоти шляхом введення сигналу зворотного зв'язку [Текст] / В. І. Стецюк, В. А. Нікітов // Вісник Хмельницького національного університету - 2017. - № 6(255). - С.169-177.

11. Осадчий, В. В. Підвищення точності позиювання двошвидкісного електропривода ліфта [Текст] / В. В. Осадчий, О. С. Назарова, С. С. Шульженко // Тиждень науки : наук.-техн.

конф., 18-21 квіт. 2017 р. : тези доп. – Запоріжжя, 2017. – С.375. – Режим доступу: [http://zntu.edu.ua/uploads/dept\\_s&r/2017/conf/1/TN2017.pdf](http://zntu.edu.ua/uploads/dept_s&r/2017/conf/1/TN2017.pdf)

### References

1. Volkov, D. P. (1999), *Lifts. Textbook for high schools* [Lifty. Uchebnik dlya vuzov] ASV, Moscow, Russia.
2. Andryushchenko, O. A., Boyko A. O. (2011), “Increasing the technical level of passenger elevators Ukrain, evolution or revolution?” [Povishenie tekhnicheskogo urovnia pasazhirskikh liftov Ukraini, evolutsiya ili revolutsiya?], *Ekonomist*, no.8., pp.75–79.
3. Arkhangelskii, G. G. (2008), “Modern trends and prospects for the development of elevator construction” [Sovremennie tendentsii I perspektivi razvitiya liftostroeniya], *Stroyprofile*, no.7, pp. 94–96.
4. Boyko, A. A. (2015), “Development of methodology for optimal design and operation of energy-efficient winches of passenger elevators” [Razrabotka metodologii optimalnogo proektirovaniya I ekspluatatsii energoefektivnikh lebedok pasazhirskikh liftov], Dis. Doct. tech. Sciences, 05.05.05, Odessa Ukraine.
5. Nazarova, O. S. (2017), “Investigation of the system of automatic control of the electric drive of the elevator, taking into account the loading capacity of its cab” [Doslidzhennia sistemi avtomatichnogo keruvannia elektroprivoda lifta z urakhuvanniam stupenia zavantazhennia yogo kabini], available at: [http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference\\_2017.pdf](http://www.av.lntu.edu.ua/csv/konference_2017.pdf) (accessed March 14, 2018)
6. Herman, M. V. (2017), “Prospects of microprocessor control systems for electric drive of an elevator” [Perspektyvy mikroprotsesornykh system keruvannia elektroprivodom lifta] *Staliy rozvitok mist materialy X Vseukr. stud. nauk.-techn. konf.* [Sustainable development of cities proceedings of the X Allukr. studio sci.-tech. conf.], Kharkiv: KhNUMG them. O. M. Beketov. – Ch. 2. – pp. 132–133.
7. CMU Resolution No. 438 of June 21, 2017 “On Approval of the Technical Regulation of Elevators and Safety Components for Lifts” [Pro zatverdzhennia Tekhnichnogo reglamentu liftiv I komponentiv bezpeki dlia liftiv], available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/438-2017-%D0%BF> (accessed March 14, 2018)
8. Ihedioha Ahmed C., Anyanwu A.M. (2016), “Implementation of an Elevator’s Position-Controlled Electric Drive”, available at: <http://www.ijtrd.com/papers/IJTRD4105.pdf> (accessed March 14, 2018)
9. Yingjie Liu, Hejun Yu, Gang Li, Zhongxing Li, Xingjun Wu. (2015), “Modeling and Simulation of the drive system of elevator based on AMESIM”, available at: [http://download.atlantispress.com/php/download\\_paper.php?id=25837827](http://download.atlantispress.com/php/download_paper.php?id=25837827) (accessed March 14, 2018)
10. Stetsyuk, V.I. (2017), “Increasing the efficiency of elevator frequency converters by introducing a feedback signal” [Pidvishchennia efektyvnosti roboti liftovykh peretvoruvachiv chastoti shliakhom vvedennia signal zvorotnogo zvyazku] // *Bulletin of Khmelnytsky National University*, No. 6, - pp. 169–177.
11. Osadchiy, V. V. (2017), “Improvement of accuracy of positioning of two-speed elevator electric drive” [Pidvishchennia tochnosti pozitsiuvannia dvoshvidkysnogo elektroprivoda lifta], available at: [http://zntu.edu.ua/uploads/dept\\_s&r/2017/conf/1/TN2017.pdf](http://zntu.edu.ua/uploads/dept_s&r/2017/conf/1/TN2017.pdf) (accessed March 14, 2018)

## IDENTIFICATION OF THE LOADING DEGREE OF THE TWO-SPEED LIFT

V. V. Osadchiy, O. S. Nazarova, S. S. Shulzhenko

Zaporizhzhia National Technical University

**Abstract.** Increase of comfortable transportation, energy efficiency, safety are priority technical and economic indicators in the modernization of lift’s electric drives. Most of the lifts being operated are two-speed with a rather outdated elemental control system. . The transition from an unregulated system to a regulated electric drive can significantly improve its technical characteristics, expand the functionality of the system, significantly reduce the amount of electricity consumed by the electric drive, and introduce energy-saving equipment and technologies, but at the same time, it needs a lot of money. Replacement of the outdated equipment of the control system of a two-speed electric drive on the modern allows at low material costs to get a lift that meets the high technical requirements and almost inferior to its parameters of the new kit. The main advantages of the electric drive with microprocessor-based automatic control system are high reliability, low operating costs and relatively low cost. . In that work proposed the method of determination a degree of loading of the lift depending on the starting parameters of the drive. Based on the research it was found that the determination of the degree of loading of the cab in the initial stage of the motion on the basis of transient processes at engine start-up makes it possible to improve the positioning accuracy by changing



the start time of the braking and using the time delay. As a result of the performed mathematical and physical experiments, it has been proved that the developed mathematical model of the stand can be used for modeling of the real parameters of the automated control system by electric drive of the lift. Based on the conducted experiments it was obtained that the identification method allows to determine the degree of loading of a two-speed lift with an error of  $\pm 5\%$  with known parameters of the elevator during the time of two turnover of the motor shaft. Knowing the weight of the load this allows determine braking start time and approach of the lift's cabin to a given stop height with minimal error which increases the comfort and quality of movement of the lift's cabin. Further research is planned to focus on detection the impact of the variability of electrical and mechanical parameters on the quality of identification.

**Keywords:** electric drive, automatic control system, identification, mathematical modeling, physical experiment.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРУЗКИ ДВУХСКОРОСТНОГО ЛИФТА

**В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, С. С. Шульженко**

*Запорожский национальный технический университет*

**Аннотация.** Замена устаревшего лифтового оборудования новым сопровождается значительными материальными затратами. Поэтому поиск альтернативных вариантов реконструкции лифтовых электроприводов является актуальным. Для проведения исследования созданы математическая модель лифтового электропривода и стенд, имитирующие его работу. С целью уменьшения влияния степени загрузки лифта на точность его позиционирования разработан метод идентификации степени загрузки двухскоростного лифта в реальном времени с погрешностью  $\pm 5\%$ .

**Ключевые слова:** электропривод, система автоматического управления, идентификация, математическое моделирование, физический эксперимент.

Отримано 16.03.2018



**Осадчий Володимир Володимирович;** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електропривод та автоматизація промислових установок» Запорізького національного технічного університету. Вул. Жуковського, 64, Запоріжжя, Україна, E-mail: w.osadchyy@gmail.com, тел. +38-061-769-83-13

**Osadchiy Volodymyr,** Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of the Department of electric drive and automation of industrial installation, Zaporozhye National Technical University Zhukovskogo st., 64, Zaporozhye, Ukraine

**ORCID ID: 0000-0002-2707-0805**



**Назарова Олена Сергіївна;** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електропривод та автоматизація промислових установок» Запорізького національного технічного університету. Вул. Жуковського, 64, Запоріжжя, Україна, E-mail: nazarova16@gmail.com, тел. +38-061-769-83-13

**Nazarova Olena,** Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of the Department of electric drive and automation of industrial installation, Zaporozhye National Technical University Zhukovskogo st., 64, Zaporozhye, Ukraine

**ORCID ID: 0000-0002-0784-7621**



**Шульженко Сергій Сергійович;** студент кафедри «Електропривод та автоматизація промислових установок» Запорізького національного технічного університету. Вул. Жуковського, 64, Запоріжжя, Україна, E-mail: serega\_shulzhenko14@ukr.net, тел. +38-066-951-65-28

**Shulzhenko Serhiy,** student of the Department of electric drive and automation of industrial installation, Zaporozhye National Technical University Zhukovskogo st., 64, Zaporozhye, Ukraine

**ORCID ID: 0000-0002-8975-2131**