

**Ю. В. МАРТИНОВ, О. М. ПЕТРЕНКО, Б. Г. ЛЮБАРСЬКИЙ**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ЛІФТОВОГО ДВИГУНА**

В статті розглянуто методику випробувань електричних двигунів для приводу ліфтів. Проведено комплекс випробувань асинхронного електродвигуна АДБ180М6 та знайдено його основні характеристики при живленні від перетворювача частоти «Altivar2» потужністю 22 кВт і частотах обертання двигуна 910 та 289 об/хв – відповідають вимогам технічних вимог до ліфтових електродвигунів, а рівень шуму знаходився у встановлених значеннях.

**Ключові слова:** ліфтовий електропривод, електричний двигун, робочі характеристики, електродинамометр, перетворювач частоти.

**Ю. В. МАРТЫНОВ, А. М. ПЕТРЕНКО, Б. Г. ЛЮБАРСКИЙ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЛИФТОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

В статье рассмотрена методика испытаний электрических двигателей для привода лифтов. Проведен комплекс испытаний асинхронного электродвигателя АДБ180М6 и найдены его основные характеристики при питании от преобразователя частоты «Altivar» мощностью 22 кВт и частотах вращения двигателя 910 об/мин. и 289 об/мин – соответствуют требованиям технических требований к лифтовым электродвигателям, а уровень шума находился в установке.

**Ключевые слова:** лифтовый электропривод, электрический двигатель, рабочие характеристики, электродинамометр, преобразователь частоты.

**Y. MARTYNOV, O. PETRENKO, B. LIUBARSKYI**

### **DEFINING THE MAIN PARAMETERS AND PERFORMANCES OF THE ELEVATOR MOTOR**

Contemporary tendencies relentlessly dictate the conditions for the appearance of a more qualitative, reliable and comfortable elevator chain for the rolling stock of a vertical motion. At the same time, the issues of energy saving and cost-effective use of resources gain currency against the background of rising prices for energy carriers and market prices for various elements that play an essential role in the availability of many electromechanical systems. Unfortunately, attention was paid to the availability of above problems in the elevator sector when the majority of the elevators (about 60% of them) outlived their technical service life that ensured the reliable operation. As a matter of fact, an amazingly important issue is relating to the embedment of reliable, durable and economically substantiated components of electromechanical systems into contemporary Ukrainian elevators. The purpose of the research done was to define the main parameters and performances of the asynchronous elevator motor of an ADB180M6 type. The motor is powered from the industrial network of 50 Hz and the frequency converter with the frequency of 50Hz and 16.6 Hz. This scientific paper uses the methods of physical investigations. The elevator motor test data satisfy the reliability parameters that make any elevator user feel comfortable. The main measurement data obtained for the engine No43886 of an ADB180M6 type powered from the frequency converter “Altivar” of 22kW with the motor speed of 910 rpm and 289 rpm satisfy the requirements of the regulatory documentation. The noise level is within satisfactory margins.

**Key words:** the electric drive of an elevator, the electric motor, performance data, electric dynamometer and the frequency converter.

#### **Вступ**

Сучасні тенденції неупинно диктують умови для виникнення все більш якісної, надійної та комфортної для користувачів ліфтової ланки рухомого складу вертикального переміщення. Разом з цим питання енерго- та ресурсозбереження набуває особливої актуальності на фоні все зростаючих цін на енергоносії, та ринкових цін на різноманітні елементи, що відіграють значну роль в існуванні багатьох електромеханічних систем. Нажаль на існування вищезгаданих проблем в ліфтовому господарстві було звернуто увагу лише тоді, коли ліфти в переважній своїй більшості (близько 60 %) – вичерпали свій технічний ресурс безпечної експлуатації, через це напрочуд важливим питанням є заклати надійні, довговічні та економічно обгрунтовані складові електромеханічних систем сучасного українського ліфту [1, 2]. Використання надійного асинхронного двигуна дозволить поступово модернізувати існуючу застарілу та не ефектив-

ну систему керування типового ліфту шляхом поступової або комплексної заміни. Разом із відмовою від двошвидкісних асинхронні двигуни на одношвидкісний – вилучається необхідність використання редукторів, що зменшить собівартість таких систем [3].

Завдяки сучасним перетворювачам частоти досягається плавність перехідних процесів в ліфтовій механіці, що в свою чергу сприяє збільшенню терміну експлуатації окремих вузлових елементів і механізмів. Це веде до зниження витрат на технічне обслуговування. Так, в ліфтовому обладнанні елементи, які раніше потрібно було замінювати раз в 5–10 десять років, в сучасних моделях можуть прослужити до двадцяти п'яти років (мова йде про редукторах, електродвигуні, канатах, гальмах і канатотяговому шківі) [4–7].

Одношвидкісний електродвигун, на відміну від свого попередника – двошвидкісного електричного двигуна, не тільки має менші розміри і вагу, але і коштує значно дешевше. До того ж, таке

обладнання відрізняється більшою плавністю розгону і гальмування кабіни, а це означає менше шумових ефектів і вібрацій, що в цілому робить поїздку в ліфті більш комфортною.

Через відсутність маховика значно зменшується маса ліфтової лебідки. Зниження пускових струмів в двигуні в два-три рази економить електроенергію при пуску кабіни і сприяє зниженню температури нагріву двигуна, що в свою чергу підвищує його ресурс роботи. І в результаті, хоча ціна на енергозберігаючі ліфти трохи вище, ніж на «звичайні», їх термін окупності значно менше. Але головне, крім вищепованих достоїнств такі ліфти не просто економлять енергію, а ще й повертають її в систему енергозбереження будівлі [8–10].

Для точного позиціонування кабіни ліфта відносно рівня точної зупинки та ефективного керування виникає залежність керування від перетворювачів частоти (ПЧ) [11–12]. ПЧ мають досить велику собівартість, проте моніторингові данні свідчать про довгу але все ж таки окупність таких електромеханічних систем. Завдяки таким «розумним» системам, які дозволяють в режимі реального часу аналізувати технічний стан та повідомляти в диспетчерські данні про стан ліфта – створюється економія часу для фахівців на ремонтні роботи та пошук несправностей. Можливий також «перехідний» стан переходу із старих систем до сучасних з поступовою модернізацією, який дозволить часткову, поступову заміну ланок ліфтового обладнання.

### Мета роботи

Визначити основні параметри і характеристики асинхронного ліфтового двигуна АДБ180М6. Живлення двигуна здійснюється від промислової мережі 50 Гц та від перетворювача частоти із частотою 50 та 16,6 Гц.

### Виклад основного матеріалу

При проведенні досліджень використовувалися фізичні методи досліджень. Було побудовано стенд для випробувань схема якого наведено на рис. 1.

Методика випробувань оснований на одночасному визначенні робочих характеристик двигуна та його шуму при живленні від мережі промислової та зниженої частоти.

Вимірювання напруги, струму і потужності на вході і виході ПЧ проводилися стрілочними приладами – комплектами вимірювальними типу К50; частота, напруга і струм на виході ПЧ (тобто на вході випробуваного двигуна) визначалися також за табло ПЧ. Вимірювання частоти обертання і моменту опору на валу двигуна проводилися за допомогою електродинамометра типу DS-742 (рис. 2, 3). Параметри корисної потужності на валу двигуна  $P_2$  визначалися за результатами вимірювань

частоти обертання  $n$  і моменту опору  $M$  на валу двигуна приладами електродинамометра.

Стенд надає можливість регулювання режимів роботи дослідного двигуна при живленні його від трифазної мережі змінного струму частотою 16,6 Гц і 50 Гц.

Визначено, що при частоті живлення двигуна АДБ180М6 50 Гц усі характеристики відповідають вимогам ТУ 3.08-23752688-100-98.

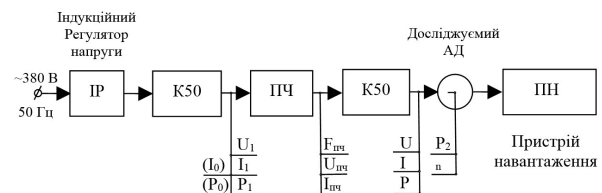


Рис. 1 – Схема стенду для випробування та отримання характеристик двигунів



Рис. 2 – Пульт керування стендом

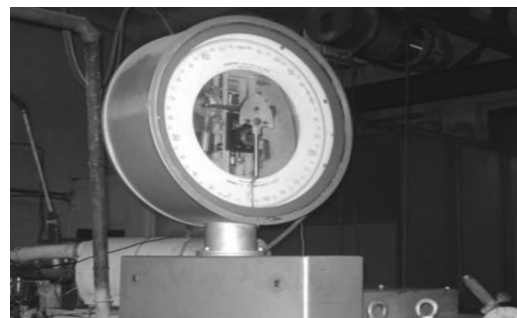


Рис. 3 – Навантажувальна машина з динамометром

Робочі характеристики визначалися з використанням електродинамометра типу DS-742, при живленні двигуна від ПЧ типу *Santerno*, 100 кВт частотою 16,6 Гц і 50 Гц з відповідною напругою (127 В і 380 В), результати випробувань наведені в табл. 1.

За результатами випробувань з живленням частотою 16,6 Гц визначено, що ККД двигуна хоча і відповідає вимогам ТУ 3.08-23752688-100-98, але знаходяться значно нижче від світових аналогів [5]. Коефіцієнт потужності відповідає світовим аналогам та технічним вимогам. Частота обертання двигуна нижче за допустиму на майже на 4 %, що обумовлено підвищеним значенням ковзання (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Визначення основних характеристик двигун АДБ180М6 при живленні частотою 16,6 Гц

Параметр	Вимоги/ допуск	Результат випробувань
Корисна потужність, Вт	1250	1250
Режим роботи	S5	S5
Напруга, В	127	127
Частота, Гц	16,6	16,6
Опір обмотки, Ом	–	0,475
Схема поєднання обмоток	Y	Y
Струм статора, А	–	4,06
ККД, %	42/33,3	66,6
Коефіцієнт потужності	0,34/0,27	0,703
Частота обертання, об/хв	306/301	289
Ковзання, %	8,0/9,6	13
Струм холостого ходу, А	–	0,85
Втрати холостого ходу, Вт	–	310
Номинальний момент, Н·м	–	41,3
Максимальний момент (гор.), Н·м	>73,5	133
Сума втрат, Вт	–	627
Підведена потужність, Вт	–	1877
Значення віброшвидкості, мм/с	2,8	–
Середній рівень звуку, дБА	72	58
Корисна потужність, Вт	1250	1250

Таблиця 2 – Результати вимірювань середнього шуму двигуна АДБ180М6

Режим роботи	Лінійна напруга, В	Частота живлення, Гц	Середній рівень звуку, дБА
1	380	50	53
2	150	50	50
3	380	50	60
4	100	50	56
5	127	16,7	58
6	63	16,7	55

Таблиця 3 – Результати вимірювань шуму двигуна АДБ180М6 за точками виміру

Режим роботи	Рівень звуку за точками, дБА			
	1	2	3	4
1	52	53	53	52
2	51	48	52	48
3	58	60	59	56
4	55	56	56	56
5	57	59	57	59
6	54	55	55	56

Електромеханічні характеристики відповідають вимогам до двигуна, як у номінальному режимі роботи, так і в режимі максимального моменту та холостого ходу.

Рівень шуму, що визначено, наведено у табл. 2 та 3. Режими 1 та 2 відповідали холостому ходу двигуна, а режими 3–6 – номінальному навантаженню.

Середній рівень шуму двигуна знаходиться у встановлених межах. Найбільший рівень шуму встановлено в режимі 3, що обумовлено найбільшим рівнем навантаження та частоти живлення. Рівень шуму в різних частинах двигуна відрізнявся не більше ніж на 7 %.

### Обговорення результатів

Опори фазних обмоток досліджуваного двигуна при температурі довколишнього середовища 18 °С дорівнює:  $R_1 = 0,472$  Ом,  $R_2 = 0,468$  Ом,  $R_3 = 0,473$  Ом, середнє значення опору становить 0,471 Ом. Струм короткого замикання при живленні від промислової мережі 50 Гц становить 16,96 А, напруга КЗ – 100 В.

Ізоляція обмоток статора випробувана напругою 1760 В частотою 50 Гц протягом однієї хвилини та відповідала встановленим вимогам.

### Висновки

Результати проведених випробувань задовольняють параметрам надійності та комфортності для споживачів. Основні данні вимірювань двигуна АДБ180М6 № 43886 при живленні від перетворювач частоти «Altivar» потужністю 22 кВт і частотах обертання двигуна 910 об/хв і 289 об/хв – відповідають вимогам ТУ 3.08-23752688-100-98. Рівень шуму знаходиться у задовільній межах.

### Список літератури

1. Пилипенко І. О. Основні організаційні заходи відтворення основних засобів підприємств ліфтового господарства / І. О. Пилипенко // Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки. – 2019. – Т. 2, Вип. 148. – С. 47–52. – ISSN 2522-1809 (print). – ISSN 2522-1817 (on-line). – DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-2-148-47-52>.
2. Чернышев С. А. Требование к энергоэффективности лифтов и энергосберегающие технологии в мировом и отечественном лифтостроении // Реформа ЖКХ. – 2010. – № 6. – С. 37–41.
3. Boyko A. Development of the gearless electric drive for the elevator lifting mechanism / A. Boyko, Y. Volyanskaya // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. 4, No. 1(94). – P. 72–80. – ISSN 1729-3774 (print). – ISSN 1729-4061 (on-line). – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139726>.
4. Волков Д. П. Атлас конструкций лифтов : учеб. пособие / Д. П. Волков, А. А. Ионов, П. И. Чутчиков. – Москва: АСВ, 2003. – 156 с. – ISBN 5-93093-213-1.
5. Асинхронный электропривод лифта [Электронный ресурс]. – URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/38939/1/TPU370816.pdf> (дата звернення 09.09.2021).
6. Могилевский завод лифтового машиностроения. Каталог. Лифты. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.liftmach.by/catalog/passazhirskie-lyfty/> (дата звернення: 09.09.2021).

7. Экономить, экономить и еще раз экономить // Информационно-аналитический журнал «Лифт Эксперт» [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(39). – URL: <https://liftexpert.com.ua/top-novosti-ru/ekonomit-ekonomit-i-esche-raz-ekonomit.html> (дата звернення: 09.09.2021).
8. Лебедка лифта OTIS GEN 2 безредукторная (на три ремня) // Креатив мастер [Электронный ресурс]. – URL: <https://platform-master.ru/products/lebedka-lifta-otis-gen-2-bezreduktornaya-na-tri-remnya> (дата звернення: 09.09.2021).
9. Монтаж лифтов, продажа и обслуживание лифтового оборудования. Малые грузовые лифты Otis подходят для различных зданий // Лифтмонтаж [Электронный ресурс]. – URL: <https://montajlift.ru/10-otis.html> (дата звернення: 09.09.2021).
10. Макаров О. Самые необычные технологии в лифтах / О. Макаров // Популярная механика [Электронный ресурс]. – Дата публікації 09.11.2021. – URL: <https://www.popmech.ru/technologies/235843-samye-neobychnye-tehnologii-v-liftakh/> (дата звернення: 10.11.2021).
11. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков. – Москва: Академия, 2004. – 256 с. – ISBN 5-7695-1704-2.
12. Про затвердження Порядку встановлення вартості технічного обслуговування ліфтів та систем диспетчеризації : наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства № 369 від 09.11.2006 р.
13. Кравец М. Тенденції та перспективи ліфтового господарства України / М. Кравец // Лифт Эксперт. – 2013. – № 5. – С. 32.
- no. 1(94), pp. 72–80, ISSN 1729-3774 (print), ISSN 1729-4061 (on-line), <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139726>.
4. Volkov, D. P., Ionov, A. A., & Chutchnikov, P. I. (2003), *Atlas konstruksiy liftov* [Atlas of elevator structures], Moscow, ASV, 156 p., ISBN 5-93093-213-1.
5. *Asinkhronnyy elektropriwod lifta* [Asynchronous electric drive of the elevator], Access mode: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/38939/1/TPU370816.pdf> Retrieved from (accessed 09 September 2021).
6. *Mogilevskiy Zavod Liftovogo Mashinostroyeniya. Katalog. Lifty*. [Mogilev Lift Engineering Plant. Catalog. Elevators], Access mode: <https://www.liftmach.by/catalog/passazhirskie-lifty/> (accessed 09 September 2021).
7. “Saving, saving and saving again”, *Information-analytical magazine “Lift Expert”*, Access mode: <https://liftexpert.com.ua/top-novosti-ru/ekonomit-ekonomit-i-esche-raz-ekonomit.html> (accessed 09 September 2021).
8. “OTIS GEN 2 elevator winch gearless (three belts)”, *Kreativ master* [Creative Master], Access mode: <https://platform-master.ru/products/lebedka-lifta-otis-gen-2-bezreduktornaya-na-tri-remnya> (accessed 09 September 2021).
9. *Montazh liftov, prodazha i obsluzhivanie liftivogo oborudovaniya. Malye gruzovye lifty Otis podhodjat dlja razlichnyh zdaniy* [Installation of elevators, sale and maintenance of elevator equipment. Otis small freight elevators are suitable for various buildings], Access mode: <https://montajlift.ru/10-otis.html> (accessed 09 September 2021).
10. Makarov O. (2021), “Samye neobychnye tehnologii v liftah [The most unusual technologies in elevators]”, *Populyarnaya mekhanika* [Popular Mechanics], Access mode: <https://www.popmech.ru/technologies/235843-samye-neobychnye-tehnologii-v-liftakh/> (accessed 10 November 2021).
11. Braslavskiy, I. Ya., & Ishmatov, Z. Sh., & Polyakov, V. N. (2004), *Energoberegayushchiy asinkhronnyy elektropriwod* [Energy-saving asynchronous electric drive], Akademiya, Moscow, 256 p., ISBN 5-7695-1704-2.
12. *Nakaz Ministerstva budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva № 369 Pro zatverdzhennya Porядku vstanovlennya vartosti tekhnichnoho obsluhovuvannya liftiv ta system dyspetcheryzatsiyi vid 9.11.2006 r.* [Order of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services No. 369 On approval of the Procedure for determining the cost of maintenance of elevators and dispatching systems from 9.11.2006] (2006, November 9), Kiev, Ukraine.
13. Kravets, M. (2013), “Tendentsiyi ta perspektyvy liftovoho hospodarstva Ukrainy [Trends and prospects of the elevator industry of Ukraine]”, *Lift Ekspert* [Elevator Expert], no. 5, p. 32.

Надійшло (received) 13.11.2021

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Мартинов Юрій Валентинович (Мартынов Юрий Валентинович, Martynov Yuriy)** – аспірант кафедри електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, тел. 063-746-91-23; e-mail: [martynov.yurii94@gmail.com](mailto:martynov.yurii94@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0828-7355>.

**Петренко Олександр Миколайович (Петренко Александр Николаевич, Petrenko Oлександр)** – доктор технічних наук, доцент; професор кафедри електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, тел. 095-688-27-16; e-mail: [petersanya1972@gmail.com](mailto:petersanya1972@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4027-4818>.

**Любарський Борис Григорович (Любарский Борис Григорьевич, Liubarskiy Borys)** – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, тел. 067-993-75-69; e-mail: [lboris1911@ukr.net](mailto:lboris1911@ukr.net); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2985-7345>.