

5. Measurement of dielectric permeability of biological substances / M. Kundenko et al. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. No. 3. P. 89–93.

**Анотація.** *Результати моделювання динамічної системи електроприводу демонструють показники перехідних процесів, що відповідають реальності. Отримані результати можуть бути використані для подальших розробок та модернізації систем керування електромеханічними системами в промислових процесах, спрямованих на енергозбереження та обмеження динамічних навантажень.*

**Ключові слова:** *електромеханічна система, стрічковий конвеєр, математична модель, багатомасова система, електропривід, система ПЧ-АД.*

**Supervisor:**

**Vakhonina L.V.,**

*Ph.D. physical mate. Sciences, associate professor  
department of electric power engineering, electrical engineering and  
electromechanics  
Mykolaiv National Agrarian University*

**УДК: 621.3.042:621.313.333**

## **СУЧАСНИЙ СТАН ЗАСТОСУВАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ З ЗОВНІШНІМ РОТОРОМ І АКсіАЛЬНИМ ЗАЗОРОМ**

**Андрій Ставинський**

канд. техн. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Миколаївський національний аграрний університет  
м. Миколаїв, Україна

**Анотація.** *На основі огляду інформаційних джерел визначена інтенсифікація застосування в рухомих транспортних об'єктах спеціальних асинхронних двигунів з зовнішнім ротором і аксіальним зазором. Показана можливість удосконалення таких двигунів на основі заміни плоских і спіральних циліндричних шарів сталі магнітопроводів на конусно-плоскі і конусно-циліндричні структури.*

**Ключові слова:** *транспортні об'єкти, спеціальні електродвигуни, зовнішній ротор, аксіальний зазор, удосконалення.*

Одним із напрямків удосконалення низки технічних об'єктів і технологічного обладнання є створення електромеханізмів при застосуванні електричних машин з підвищеною конструктивною пристосованістю до

елементів будови до таких об'єктів, як мотор-колеса, електроventильатори, центрифуги, роликові транспортери та інші. До вказаних спеціальних машин відносяться асинхронні двигуни з зовнішнім ротором (АДЗР) і аксіальним робочим зазором (ААД) [1-4]. Такі двигуни відрізняються відносно машин традиційної будови з внутрішнім циліндричним ротором підвищеною масою і металоємністю короткозамкнених роторів.

Визначення можливості удосконалення АДЗР і ААД на основі нетрадиційних конструктивно-технологічних рішень магнітопроводів.

Використання АДЗР і ААД останнім часом поширюється в транспортних засобах з гібридними (теплоелектричними) рушіями і тяговим електроприводом [5-8].

Структури активних частин АДЗР і ААД обумовлюють погіршене електромагнітне використання (знижену магнітну індукцію в зубцах) та підвищені маси, металоємність і моменти інерції роторів. Вказані особливості обумовлені збільшенням середніх розмірів зубцевих кроків магнітопроводів при зовнішньому і аксіально-паралельному положеннях активних поверхонь відносно зубцевого кроку ротора традиційного аналогу (рис. 1).

Особливістю застосування і експлуатації обортових механізмів в рухомих об'єктах є дія додаткового гіроскопічного навантаження на підшипники та інші конструктивні елементи.

При хитавиці і маневруванні відбувається коливальне повертання транспортного засобу відносно його конструктивних вісей. При подвійному обертанні рухомої конструктивної частини пересувного об'єкту у динамічному стані на ротор цієї частини і підшипники діє момент гіроскопічної реакції  $M_r$  (рис. 2) і сила  $P_r$ , що визначаються [9]:

$$P_r = M_r / l_{оп} = Y_{R\Sigma} \Omega_m \Omega / l_{оп}, \quad (1)$$

де  $l_{оп}$  – відстань між опорними підшипниками;  $Y_{R\Sigma}$  – підсумковий момент інерції обортової системи (махових мас);  $\Omega_m$  – кутова частота повертання (коливання) механізму (транспортного засобу в просторі);  $\Omega$  – частота обертання ротора.

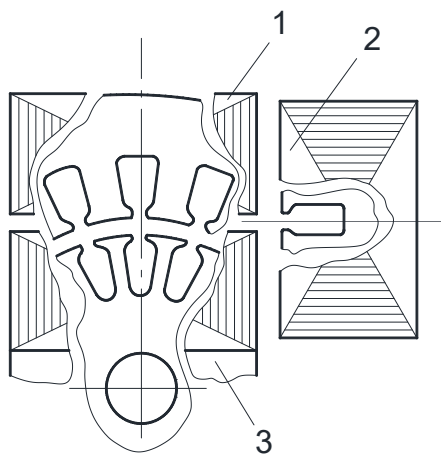


Рис. 1. Схеми магнітопроводів роторів електромагнітно-еквівалентних асинхронних

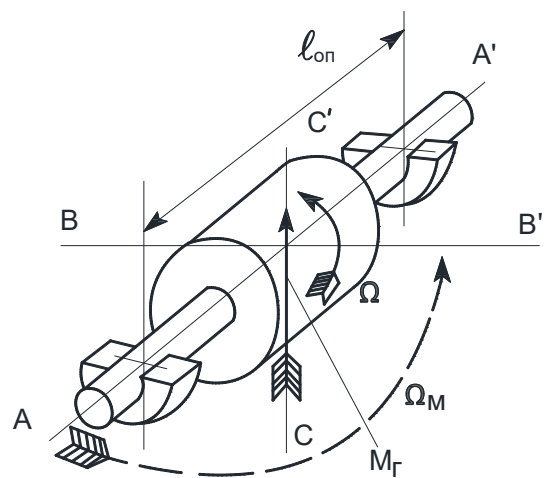


Рис. 2. Дія гіроскопічного моменту на ротаційний механізм

двигунів з традиційними  
структурами магнітопроводів  
роторів: 1 – з зовнішнім ротором;  
2 – з аксіальним зазором; 3 – з  
внутрішнім ротором.

Момент  $M_r$  намагається повернути ротор (рис. 2) навколо вісі  $BB'$  таким чином, щоби вісь  $AA'$  найкоротшим шляхом сумістилась з віссю  $CC'$  примусового переміщення рухомого об'єкту [9].

Діючи на обертові вузли транспортних механізмів гіроскопічні навантаження (1), потребують підсилення підшипників і інших конструктивних елементів та підвищення металоемності. Погіршуються масовартісні показники вузлів транспортних технічних об'єктів, зокрема тягових та допоміжних АДЗР і ААД.

Зниження мас і моментів інерції роторів та підвищення коефіцієнтів корисної дії АДЗР і ААД досягається структурними перетвореннями магнітопроводів.

Вказані перетворення (рис. 3, а, рис. 4, а) уявляються в заміні традиційних структур плоских (рис. 3, б) і спірально-циліндричних (рис. 4, б) шарів електротехнічної сталі магнітопроводів на відповідно конусно-площинні і конусно-циліндричні шари [10,11].

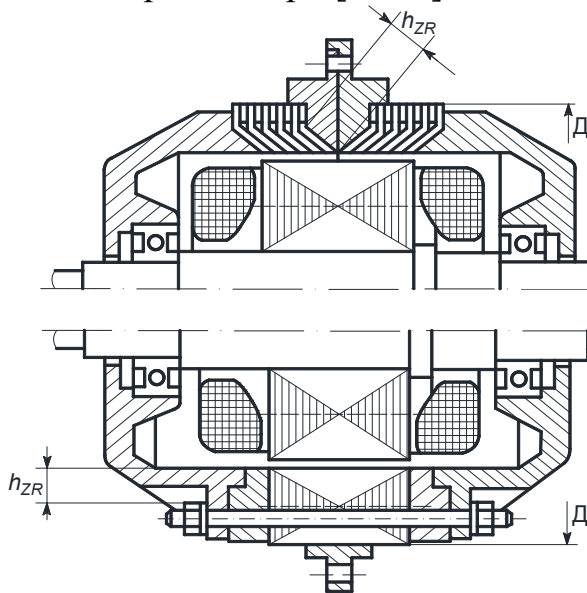


Рис.3. Варіанти конструктивної схеми оберненого асинхронного двигуна з конусно-площинними (а) і площинними (б) шарами електротехнічної сталі магнітопроводів зовнішніх роторів

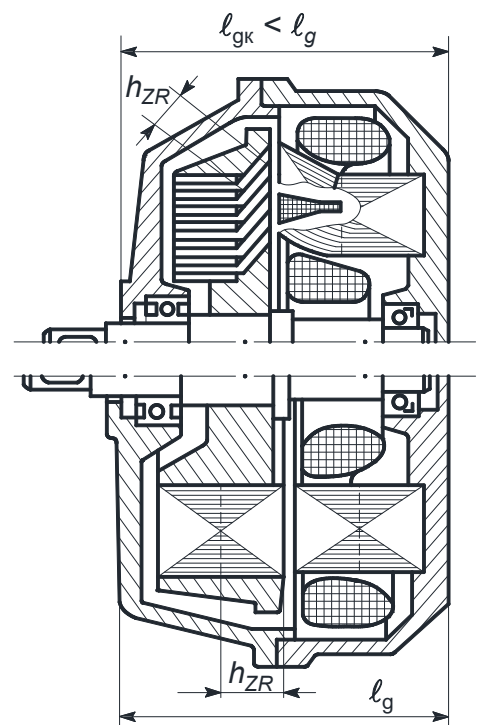


Рис.4. Варіанти конструктивної схеми аксіального асинхронного двигуна з конусно-циліндричними (а) і спірально-циліндричними (б) шарами електротехнічної сталі витих магнітопроводів роторів

Структурно-геометричні перетворення (рис. 3, рис. 4) надають можливість зниження радіусів інерції  $R_{iR3(a)}$  і мас  $M_{iR3(a)}$   $i=1...k$  активних та

конструктивних елементів зовнішнього і аксіального роторів, що призводить до суттєвого зниження моментів інерції роторів і гіроскопічних навантажень (1) АДЗР і ААД в приводах транспортних рухомих механізмів

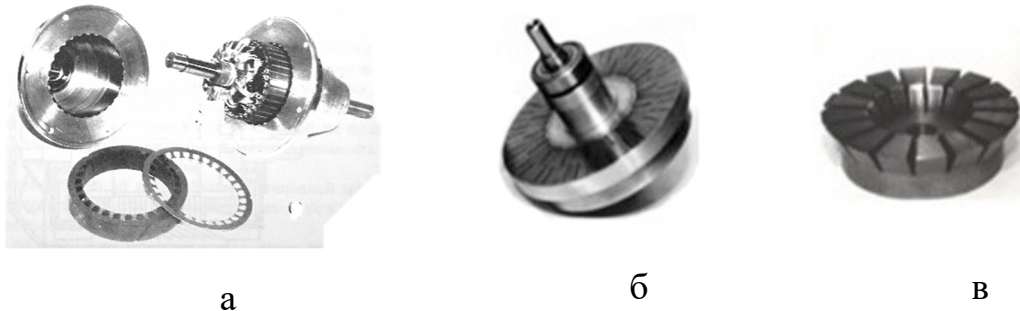
$$J_{R\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=K} M_{iR3(a)} R^2_{iR3(a)}. \quad (2)$$

Також зменшуються середні діаметри короткозамикаючих кілець обмоток і середні діаметри ярем магнітопроводів роторів (рис. 3, а, рис. 4, а) відносно аналогічних параметрів роторів (рис. 3, б, рис. 4, б). Зменшуються втрати короткозамкнених обмоток і намагнічувальний струм. Тому просторові структури перетворених магнітопроводів покращують енергетичні характеристики вказаних спеціальних електродвигунів відносно аналогів з традиційними будовами магнітопроводів. Покращуються масовартісні показники (рис. 3, рис. 4):

$$D_{RK} < D_{RP}; l_{gk} < l_g.$$

Реальні зразки активної частини АДЗР і ротора та магнітопроводу ААД розглянутих інноваційних будов наведено на рис. 5.

Рис. 5. Зразки активної частини і магнітопроводів просторових структур



асинхронних двигунів з зовнішнім ротором (а) та аксіальним зазором (б, в)

Застосування в АДЗР і ААД просторових відповідно конусно-площинних і конусно-циліндричних магнітопроводів роторів є суттєвими засобами підвищення технічного рівня тягового електрообладнання рухомих об'єктів з динамічними режимами навантаження.

#### Список використаних джерел

1. Soong W. L., Kliman G. B., Johnson R. N., White R. A., and Miller J. E., Novel high-speed induction motor for a commercial centrifugal compressor. IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 36, no. 3, May–Jun. 2000, pp. 706–713.
2. Holik P., Dorrell D., Popescu M., Improvement of external-rotor split-phase induction. IEEE Trans. Magn., vol. 43, no. 6, Jun. 2007, pp. 2549–2551.
3. Zahra Nasiri-Gheidari, Hamid Lesani, A Survey on Axial Flux Induction Motors, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), 2012, vol. 88, no. 2, pp 300-305.
4. Virlan B., Benelghali S., Simion A., Livadaru L., Outbib R., Analysis of a three phase induction motor with outer rotor for multi-speed applications. Proc. 20th Int. Conf. Elect. Mach., Marseille, France, 2012, pp. 409–415.
5. Virlan B., Benelghali S., Simion A., Livadaru L., Outbib R., Induction Motor with Outer Rotor and Ring Stator Winding for Multispeed Applications. IEEE Transactions on ENERGY CONVERSION. 2013 Desember.

6. Chaker N., Ben Salah I., Tounsi S., Neji R. Design of axial-flux motor for Traction application. Electromagnetic Analysis & Applications, 2009, noz., pp73-83.
7. Mushid F.C., Dorrell D.G. Review of axial flux induction motor for automotive applications. IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis. 20 April 2017. DOI:[10.1109/WEMDCD.2017.7947738](https://doi.org/10.1109/WEMDCD.2017.7947738). Corpus ID: 27556509
8. Ставинський А.А. Проблема і напрямки подальшої еволюції пристроїв електромеханіки. Електротехніка і електромеханіка. 2004, №1, с.57-61.
9. Ставинський А.А. Особливості призначення і використання спеціальних електричних машин. Електротехніка і електромеханіка. 2008, №1, с.44-48.

**Abstract.** *Based on a review of information sources, the intensification of the use of special asynchronous motors with an external rotor and axial clearance in mobile transport objects has been determined. The possibility of improving such motors based on replacing flat and spiral-cylindrical layers of magnetic core steel with conical-planar and conical-cylindrical structures has been shown.*

**Keywords:** *transport facilities, special electric motors, external rotor, axial clearance, improvement.*

**УДК. 621.314**

## **АНАЛІЗ СТАНУ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**Віталій Мардзявко**

асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
Миколаївський національний аграрний університет,  
м. Миколаїв, Україна

**Анотація.** *У роботі здійснено узагальнений аналіз сучасних підходів до перетворення електромагнітних систем із використанням трансформаторів для формування багатофазних режимів живлення. Проаналізовано обмотувальні та конструктивні методи створення фазових зсувів, встановлено їхні переваги та обмеження. Показано, що конструктивні рішення з оптимізованою просторовою організацією активної частини трансформатора забезпечують найвищу симетрію ЕРС та мінімальні гармонічні спотворення, тоді як обмотувальні схеми вирізняються технологічною доступністю та гнучкістю. Визначено актуальні проблеми, пов'язані з вищими гармоніками, тепловими режимами та низькими значеннями коефіцієнта потужності, що вказує на необхідність подальшої оптимізації систем перетворення числа фаз.*

**Ключові слова:** *трансформаторні перетворювачі, багатофазні системи, фазове перетворення, обмотувальні методи, конструктивні методи, електромагнітна система, гармонічні спотворення, симетрія ЕРС.*