

---

**Секція 7.  
ПРОЦЕСОРИ І МІКРОЕЛЕКТРОНІКА  
В ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ. ПРОГРАМУВАННЯ  
МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК  
І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.  
ЕЛЕКТРОННЕ ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ  
І ІНШИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

УДК 621.313

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВИХ  
ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

**Нечаус Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доцент каф. АЕ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [nechaus@ukr.net](mailto:nechaus@ukr.net), ORCID: 0000-0001-8833-0802

**Алієв Баба Мехман огли**, студент, Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет, e-mail: [alievbaba@gmail.com](mailto:alievbaba@gmail.com)

На світовому рівні продовжуються заходи щодо вдосконалення та розвитку електричних транспортних засобів, особливо це стосується електричних силових агрегатів, характеристики яких повинні перевищити характеристики традиційних автомобілів з двигунами внутрішнього згорання. У [1] наведено узагальнені вимоги Міністерства енергетики США (DOE) та Центра перспективних двигунів Великої Британії (APC) щодо розвитку силових агрегатів електромобілів станом на 2020 та 2025 роки стосовно обраного базового електричного агрегату з потужністю двигуна та перетворювального пристрою по 100 кВт. У вимогах, визначено вартість для силової установки в цілому 8 \$/кВт на 2020 рік та 6 \$/кВт на 2025 рік, її питому потужність 4 кВт/л на 2020 рік та 33 кВт/л на 2020 рік. Аналогічні вимоги сформовано для основних складових частин агрегату – двигуна та перетворювального пристрою. Тобто вимоги що до вартості та питомої потужності силових електричних агрегатів постійно зростають, що вимагає подальших досліджень та вдосконалень. Основними напрямками при цьому визначено: розробка нових конструкцій та вдосконалення тягових електричних двигунів та методів їх керування; розробка та вдосконалення силових перетворювачів; розробка заходів терморегулювання силової установки; розробка новітніх провідникових та магнітних матеріалів; а також розробка новітніх технологій виробництва окремих елементів та електричних машин в цілому.

Найбільш привабливі характеристики, на теперішній час, мають синхронні електричні машини зі збудженням від постійних магнітів, тому сучасна наукова періодика [1, 2] розглядає їх як основний тип електричних машин, які можливо та слід розвивати. Незважаючи на ряд переваг, порівняно з

іншими типами електричних машин, які на тепер використовуються у силових установках електромобілів – асинхронні та реактивні, синхронні двигуни все ж мають певні недоліки, які потребують усунення. При цьому, розглядаються альтернативні принципи побудови електричних машин – машини з аксіальним потоком. Виходячи з аналізу ряду публікацій, присвячених порівнянню традиційних машин з радіальним потоком та машини з аксіальним потоком, наприклад [3, 4], можна зробити висновок, що аксіальні машини, маючи переваги, які визначаються їх будовою, крім того, дозволяють підвищити питому потужність силової установки. Приблизно такого ж ефекту можливо досягти, при виконанні синхронної машини із зовнішнім ротором.

Тому у [5] проводиться порівняння синхронних машин з зовнішнім ротором та аксіальної при ідентичних параметрах потужності та конструктивного виконання. На рис. 1 наведено ескізи будови таких машин. Порівняння полягало у визначенні співвідношень між конструктивними особливостями для досягнення мінімального об'єму машини, компромісного дизайну та мінімальних втрат. При вирішенні цієї задачі з використанням сучасних методів оптимізації було розглянуто 600 варіантів побудови машин обох типів.

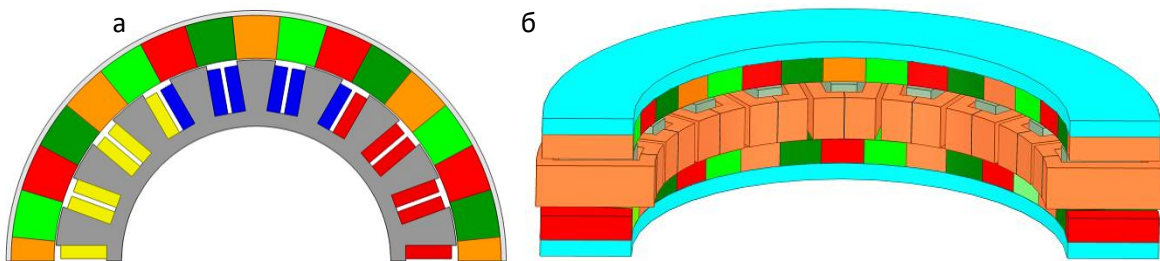


Рис. 1. Будова синхронної машини з зовнішнім ротором (а) та аксіальної (б)[5]

Крім типу електричної машини у енергетичній установці електромобіля важливу роль відіграє метод її керування. Беручи до уваги досить значну кількість розроблених методів керування, спрямованих на використання саме у автомобільних застосуваннях, задача розробки сучасного силового агрегату є комплексною та багатоваріантною.

### Висновки

Наведено результати аналізу сучасної наукової періодики, які дозволяють визначити напрямки подальшого вдосконалення тягових електричних двигунів електромобілів. Запропоновано будову силової установки електромобіля на базі чотирьох аксіальних синхронних двигунів, для якої передбачається подальше дослідження з метою доведення до експериментального зразка.

### Література

1. Usman A., Saxena A. Technical Roadmaps of Electric Motor Technology for Next Generation Electric Vehicles. *Machines*. 2025. Vol. 13. 156. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines13020156>.

2. **Rajendran G. et al.** Bridging Innovation and Sustainability: The Strategic Role of High-Efficiency Motors in Advancing Industry 5.0. *Energies*. 2026. Vol. 19. 1003. DOI: <https://doi.org/10.3390/en19041003>.

3. **Samanta P. et al.** A comparative review of radial and axial Flux PMSMs: Innovations in topology, design, and control. *Franklin Open*. 2025. Vol. 12. 100341. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fraope.2025.100341>.

4. **Patterson D. et al.** A comparison of radial and axial flux structures in electrical machines. *2009 IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC '09)* : [conference paper]. 2009. P. 1029–1035. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2009.5075331>.

5. **Bhuvaneshwari V., Carounagarane C.** Characteristic Stability Analysis of Axial Flux Motors in Comparison with Radial Flux Motors Subjected to EV Application. *2023 IEEE 3rd International Conference on Sustainable Energy and Future Electric Transportation (SeFeT)*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/PESGRE58662.2023.10404745>.

УДК 621.314

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ТЯГОВИХ ІНВЕРТОРІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

**Нечаус Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доцент каф. АЕ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [nehaus@ukr.net](mailto:nehaus@ukr.net), ORCID: 0000-0001-8833-0802

**Божко Артем Вадимович**, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [artem.bozhko39@gmail.com](mailto:artem.bozhko39@gmail.com)

Питома потужність напівпровідникових перетворювачів силових установок електромобілів визначає як масо-габаритні показники самої силовій установки, так і технічні характеристики електромобіля в цілому [1]. Як показує аналіз наукової періодики, переважна увага у покращенні питомих характеристики перетворювачів приділяється конденсатору ланки постійного струму високовольтної тягової батареї, який призначений для зменшення пульсацій напруги, і займає близько 30 % загального об'єму перетворювача. Зменшення об'єму конденсатора пропонується вирішувати двома шляхами. Перший напрямок передбачає використання багатофазних схем інверторів [2 – 4], другий – використання, так званих, сегментованих інверторів [5, 6].

Багатофазний інвертор дозволяє розподілити перетворювану потужність між декількома фазами живлення тягового двигуна, при цьому зменшується величина струму у кожній фазі порівняно з традиційними трифазними системами, що при різних схемах дозволяє зменшити об'єм конденсатора на 10 % або 25 %. Сегментований інвертор, являє собою інвертор у якому кожна фаза розщеплена на дві паралельні гілки, що також зменшує струми у кожному окремому колі, і дозволяє зменшити об'єм конденсатора на 50 %, а, при застосуванні спеціальних методів керування [6], ще додатково на 38 %.