

- Environment, Development and Sustainability. 2025. С. 24167–24193. URL: <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02387-3>.
24. D'Amicis S., Pagani M., Matteucci M., Piroddi L., Spelta A., Zausa F. Stuck pipe prediction from rare events in oil drilling operations // Upstream Oil and Gas Technology. 2023. С. 100096. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666260423000117>.
25. George J. G., Okonkwo O., Akinfolarin A. Successful management of wellbore stability to mitigate stuck pipe incidents in a brownfield development drilling campaign: a case study of a land well in the niger delta. 2025. С. D21S002R005. URL: <https://doi.org/10.2118/228660-MS>.

Алієв Баба Мехман огли, ст. гр. АЕ-41-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
alievbaba@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ АКсіАЛЬНОГО СИНХРОННОГО ДВИГУНА ДЛЯ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Одним з основних компонентів гібридних та електричних транспортних засобів є електричний двигун, при цьому, виробники використовують різноманітні типи двигунів для своїх транспортних засобів [1-3]. Кожен тип двигуна має різні характеристики, тому, наприклад, під час проектування нового транспортного засобу їх необхідно враховувати, щоб обрати оптимальний тип двигуна. Процес вибору зазвичай починається з моделювання динаміки транспортного засобу [4,5], результати якого можуть забезпечити гарну основу для прийняття рішення. Вищезазначені факти підкреслюють важливість досліджень різних типів електродвигунів.

Змодельовані двигуни BLDC та PMSM мають схожу конструкцію, а отже, їх моделювання є подібним. Вхідні дані двигунів були однаковими в обох випадках. Блок-схема моделювання у середовищі MATLAB/SIMULINK, засновані на математичній моделі BLDC та PMSM, показано на рисунку 1.

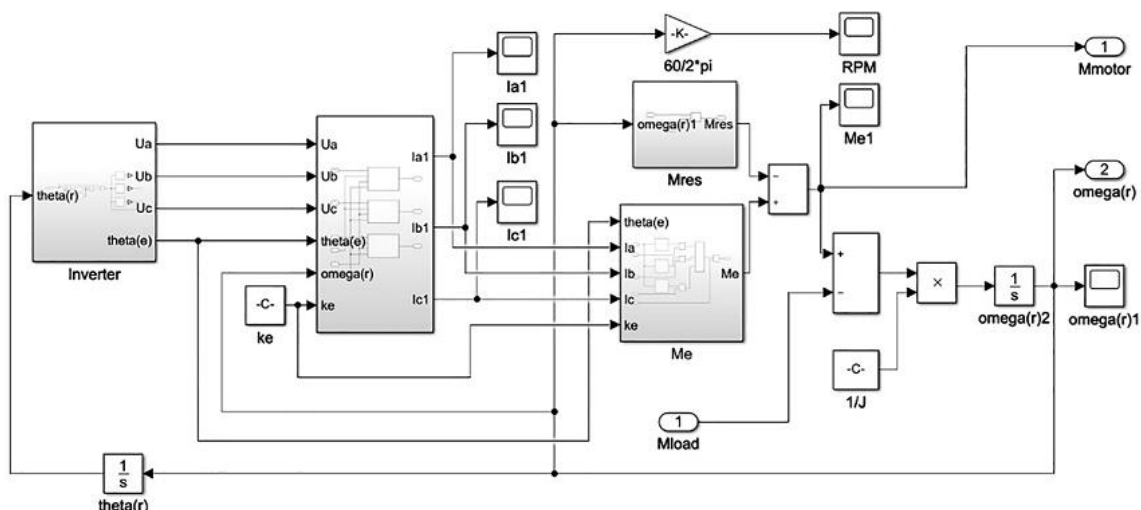


Рисунок 1 – Блок-схема моделі BLDC

На рисунку 2 показано синусоїди напруги двигунів для однієї фази на інтервалі часу від 0 до 0,3 с.

З рисунку 2 видно, що двигун BLDC розкручується швидше при тому ж навантаженні та величині напруги живлення.

На рисунку 3 показано часові діаграми фазного струму двигунів.

На рисунку 4 показано зростання частоти обертання двигунів в часі під навантаженням.

З рисунку 4 видно, що BLDC розкручується до значно вищої частоти за 0,3 с, ніж PMSM.

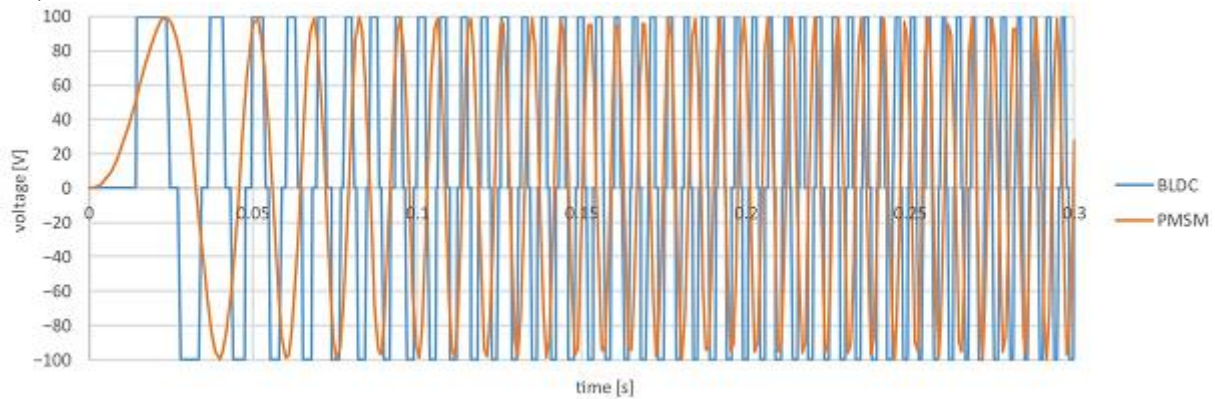


Рисунок 2 – Часові діаграми фазної напруги BLDC та PMSM

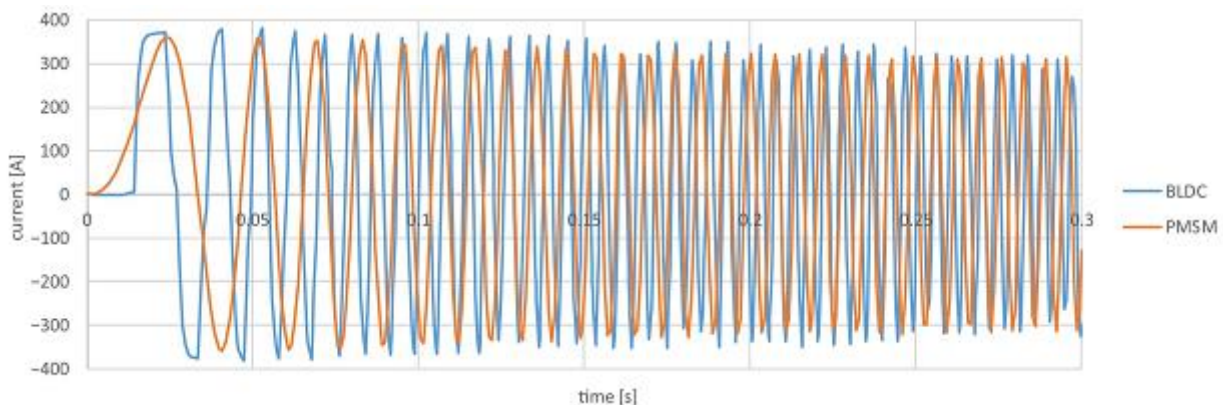


Рисунок 3 – Часові діаграми фазного струму BLDC та PMSM

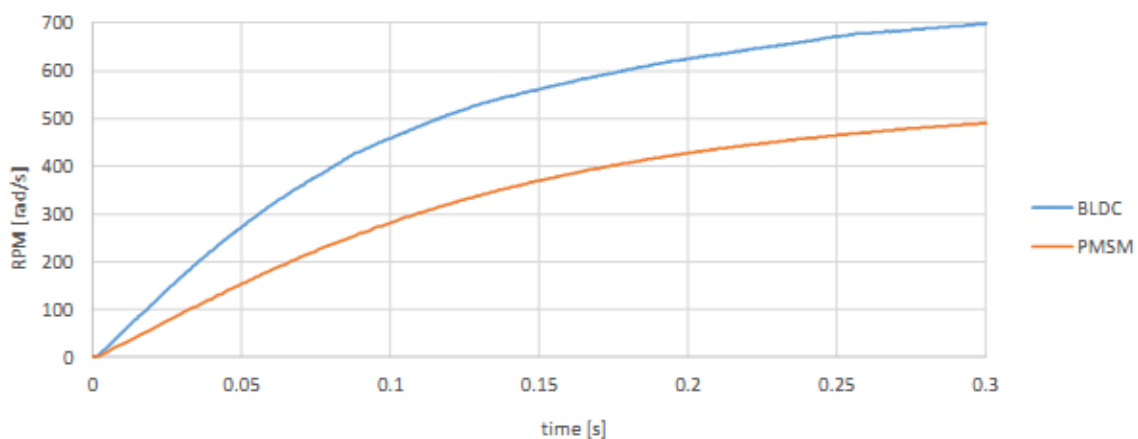


Рисунок 4 – Часові характеристики розкручування BLDC та PMSM

На рисунку 5 показано зміну крутного моменту у часі для BLDC та PMSM.

Максимальний крутний момент двигуна BLDC значно вищий, після початкової ділянки крутний момент обох двигунів наближається до значення 10 Н·м, який визначається навантаженням. Також видно, що зміна крутного моменту PMSM набагато плавніша.

Розроблені моделі електричних двигунів, дозволяють проводити порівняння характеристик двигунів при різних режимах роботи, в тому числі динамічних, пов'язаних з розгоном та гальмуванням, накидом та скидом механічного навантаження, а також при змінах параметрів напруги живлення.

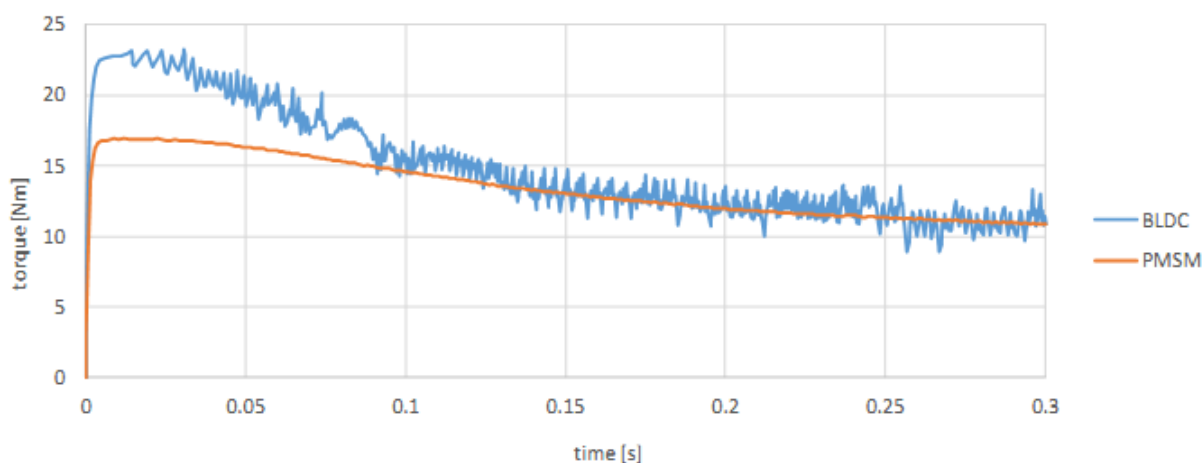


Рисунок 5 – Зміна крутного моменту у часі для PMSM та BLDC

Висновки

Імітаційне дослідження двигунів дозволяє визначити вимоги до технічних параметрів електричних двигунів, призначених для використання у складі транспортних засобів різного призначення. В той же час, за наявності експериментально визначених параметрів реальних електричних двигунів, за допомогою отриманих моделей можливо визначити придатність двигуна до використання у визначеній галузі.

Література

1. Usman, Adil & Saxena, Anchal. (2025). Technical Roadmaps of Electric Motor Technology for Next Generation Electric Vehicles. *Machines*. 13. 156. 10.3390/machines13020156.
2. Rajendran, Gowthamraj & Raute, Reiko & Caruana, Cedric & Andriukaitis, Darius. (2026). Bridging Innovation and Sustainability: The Strategic Role of High-Efficiency Motors in Advancing Industry 5.0. *Energies*. 19. 1003. 10.3390/en19041003.
3. Samanta, Preet & Mitikiri, Sagar & Sahay, Pranay & Srinivas, Vedantham. (2025). A comparative review of radial and axial Flux PMSMs: Innovations in topology, design, and control. *Franklin Open*. 12. 100341. 10.1016/j.fraope.2025.100341.

4. Patterson, D. & Colton, Jessica & Mularcik, Brad & Kennedy, Byron & Camilleri, Stephanie & Rohoza, Rafal. (2009). A comparison of radial and axial flux structures in electrical machines. 2009 IEEE International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC '09. 1029 - 1035. 10.1109/IEMDC.2009.5075331.

5. Bhuvaneshwari, V & Carounagarane, Carunaiselvane. (2024). Characteristic Stability Analysis of Axial Flux Motors in Comparison with Radial Flux Motors Subjected to EV Application. 10.1109/PESGRE58662.2023.10404745.

Науковий консультант Нечаус А.О., доцент кафедри автомобільної електроніки, канд. техн. наук

Божко Артем Вадимович, ст. гр. АЕ-42-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

artem.bozhko39@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОПОТУЖНОГО ТЯГОВОГО ІНВЕРТОРА ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Підвищення питомих характеристик силового агрегату електромобіля дозволяє підвищити його масо-габаритні показники та, відповідно, його економічність, що визначає більший запас ходу. Тяговий інвертор силової установки є одним з основних елементів, оскільки він забезпечує передачу енергії тягової акумуляторної батареї до тягового двигуна. Своєю чергою тяговий інвертор складається з ряду компонентів, які визначаються його схемою та способом керування. Силкові напівпровідникові вентиля інвертора повинні забезпечити передачу заданого рівня потужності, що визначає вимоги до їх технічних характеристик, та також до інших компонентів, одним з яких є конденсатор ланки постійного струму перетворювача.

Основними шляхами підвищення характеристик тягового інвертора є застосування спеціальних схем його побудови та застосування відповідних методів керування. Застосування нових схемних рішень та алгоритмів керування передбачає попереднє теоретичне обґрунтування та математичне моделювання. Сегментована схема інвертора дозволяє значно знизити вимоги до конденсатора ланки постійного струму. На рисунку 1 показано схему трифазного сегментованого інвертора.

У схемі фазні гілки інвертора та обмотки статора двигуна розділені на дві групи. Завдяки розподілу ШІМ між двома групами, пульсації струму шини постійного струму, а отже, і ємність конденсатора, можуть бути значно зменшені. При використанні сегментованого інвертора можливе зниження пульсацій струмів більше ніж на 50%. Також можливе зниження струму шини постійного струму більше ніж на 25%. Це зниження струмів приводить до зменшення розміру конденсатора та струмоведучих проводів. Крім того, струми ланки постійного струму обернено пропорційні напрузі. Наприклад, коли напруга шини була збільшена з 400 В до 800 В, пульсації струму ланки постійного струму зменшилися вдвічі.