

3. **Medina-Sánchez M. et al.** Carrier Phase-Shift PWM With Minimum Stator Current-Ripple RMS for Symmetrical Six-Phase Induction Motor Drives With Nearly Sinusoidal Winding Distribution. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2025.3565805>.
4. **Butt O. et al.** Simulative Study to Reduce DC-Link Capacitor of Drive Train for Electric Vehicles. *Energies*. 2022. Vol. 15. 4499. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15124499>.
5. **Su G.-J. et al.** A High-Power Density Segmented Traction Drive Inverter. *2023 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*. 2023. P. 1825–1830. DOI: <https://doi.org/10.1109/ECCE53617.2023.10361985>.
6. **Xue L., Su G.-J., Ozpineci B.** DC-Ripple-Energy Adaptive-Minimization (DREAM) Modulation Scheme for a High Power Density Inverter. *2021 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*. 2021. P. 186–191. DOI: <https://doi.org/10.1109/APEC42165.2021.9487324>.

УДК 621.314

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНОГО БОРТОВОГО ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

**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

**Журавльов Євген Ігорович**, студент, Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет, e-mail: [evgeniy.zhuravlev2312@gmail.com](mailto:evgeniy.zhuravlev2312@gmail.com)

Використання бортових зарядних пристроїв у електромобілях значно знижує їх залежність від наявності спеціальної інфраструктури зарядних станцій. У випадку можливості заряду від однофазної побутової електричної мережі, бортовий зарядний пристрій повинен мати напівпровідниковий коректор потужності та ізолюваний перетворювач постійного струму, який, своєю чергою, складається з двох однофазних мостових інверторів та трансформатора [1–3]. У даній схемі загальна кількість напівпровідникових ключів дорівнює дванадцяти, що відповідає такій же кількості ключів двох трифазних інверторів. Тобто, якщо мова йде про інтегрований бортовий зарядний пристрій, коли використовуються окремі елементи тягової силової електроніки у складі зарядного пристрою, його можна побудувати шляхом перепідключення елементів силових інверторів двомоторного електромобіля. Подібні рішення, не є новими і розглядаються у проаналізованій літературі [2 – 5].

До розгляду прийнято традиційну трифазну мостову схему тягового інвертора, яка складена з шести ключів. Хоча сучасні дослідження орієнтовані на багатофазні системи, у рамках визначеної задачі, проектування системи керування інтегрованого зарядного пристрою значно спрощується. Відповідно, пропонується дві фази першого інвертора, тобто чотири ключі, використовува-

ти як інвертор первинної обмотки трансформатора перетворювача постійного струму, а дві фази другого інвертора – як випрямляч вторинної обмотки. Решта – чотири ключі, тобто по одній фазі кожного тягового інвертора, можуть бути використані як мостовий коректор потужності. Оскільки напівпровідникові ключі повністю керовані, то подібний перетворювач є двонаправленим, тобто можлива передача енергії як для заряду тягової акумуляторної батареї, так і назад у мережу для реалізації технологій V2X. Обмеженням при цьому виступає відносно низька потужність, яка може бути спожита і, відповідно повернена у однофазну побутову мережу.

Для трансформації схем інверторів на схему бортового зарядного пристрою потрібно передбачити систему комутаторів та додаткових струмовідних шин, за допомогою яких здійснюється перекомутація силових схем. Наявність таких додаткових елементів вважається недоліком інтегрованих перетворювачів, однак їх наявність обов'язкова. До комутаторів не висуваються спеціальні вимоги, в тому числі відносно їх швидкодії, оскільки їх спрацювання передбачається тільки при переводі електромобіля на заряд і назад.

Додатковими елементами також можна вважати високочастотний трансформатор перетворювача постійного струму та реактивні елементи, які забезпечують згладжування пульсацій напруги шини постійного струму, та прийнятну якість змінної напруги на вході перетворювача. Однак, ці елементи є у складі більшості бортових перетворювачів, а інтегрований перетворювач виявляється більш прийнятним з точки зору кількості керованих ключів.

Окремим питанням є розробка системи керування інтегрованого перетворювача. З одного боку, від нього не вимагається швидкодія та точність системи керування тяговими двигунами, а з іншого – з'являється потреба у контролі стану та режиму заряду тягової акумуляторної батареї. Крім того, трансформатор перетворювача постійного струму є високочастотним, що також потрібно враховувати при організації керування перетворювача та коректора потужності.

### Висновки

Наведено результати комп'ютерного моделювання інтегрованого бортового зарядного пристрою, який утворюється шляхом перекомутації силових тягових інверторів двомоторного електромобіля. Отримані результати дозволяють оцінити ефективність роботи перетворювача у режимах розряду (руху електромобіля) та заряду тягової акумуляторної батареї, а також якість напруги на вході та виході перетворювача. Крім того, результати моделювання дозволяють сформулювати вимоги до додаткових елементів перетворювача, таких як реактивні елементи фільтрів, трансформатора, струмовідних шин, комутаторів та системи керування його складовими.

### Література

1. Бороденко Ю. М., Гнатів А. В., Аргун І. В. Мехатронні системи автомобіля : підручник. Харків : ХНАДУ, 2023. Ч. 1 : Силовий привід. 300 с.

2. **Metwly M. et al.** A Review of Integrated On-Board EV Battery Chargers: Advanced Topologies, Recent Developments and Optimal Selection of FSCW Slot/Pole Combination. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 1–1. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992741>.

3. **Valente M. et al.** Integrated On-Board EV Battery Chargers: New Perspectives and Challenges for Safety Improvement. *2021 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)*. 2021. P. 349–356. DOI: <https://doi.org/10.1109/WEMDCD51469.2021.9425666>.

4. **Kougioulis I. et al.** An Isolated Multiport DC-DC Converter for Integrated Electric Vehicle On-board Charger. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2023.3276048>.

5. **Mukherjee S. et al.** Integrated On-Board Charger for Dual Motor Based Electric Vehicle Power Train. *2025 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)*. 2025. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITEC63604.2025.11098117>.

УДК 621.314

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ КОМПЕНСАЦІЙНИХ СХЕМ ТРИФАЗНИХ БЕЗДРОВОВИХ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ 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

**Корощенко Андрій Юрійович**, студент, Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет, e-mail: [andreycoroshchenko18@gmail.com](mailto:andreycoroshchenko18@gmail.com)

Одним з напрямів пришвидшення заряду електромобілів є застосування бездротових зарядних пристроїв. Швидший заряд передбачає більші зарядні струми, при цьому кабелі дротових зарядних пристроїв повинні мати великий переріз, втрачаючи гнучкість і набуваючи значної ваги та вартості за рахунок збільшення об'єму провідникових матеріалів. Виходом з подібної ситуації є саме бездротовий заряд, який, крім того, забезпечує безпеку та зручність використання. У сучасній науковій періодиці наявна досить велика кількість праць, присвячених бездротовим зарядним пристроям електромобілів та системам бездротової передачі енергії, що свідчить про актуальність даного питання. Серед проаналізованої літератури можна виділити ряд оглядових статей [1 - 6].

На нашу думку, для реалізації потужних бездротових зарядних пристроїв більш доцільним є застосування трифазних індуктивних систем з резонансною компенсацією, які забезпечують збільшення кількості передаваної енергії. Трифазна система може бути побудована за двома традиційними схемами з'єднання трифазних кіл – зірка (Y) та трикутник (D). Приймаючи до уваги, що система бездротового заряду складається з передаючої (1) та приймаючої (2) системи, які мають відповідні обмотки перетворення електричної енергії на