

2023. Vol. 2023. P. 19–25. URL: <https://doi.org/10.58496/bjml/2023/004> (date of access: 14.04.2026).

5. Connected and Automated Vehicles: Infrastructure, Applications, Security, Critical Challenges, and Future Aspects / M. Sadaf et al. *Technologies*. 2023. Vol. 11, no. 5. P. 117. URL: <https://doi.org/10.3390/technologies11050117> (date of access: 14.04.2026).

6. Revolutionizing Parking with Augmented Reality: The Future of Finding Parking Spots. *Parking Network*. URL: <https://www.parking.net/parking-industry-blog/parking-network/revolutionizing-parking-with-augmented-reality-ar> (date of access: 14.04.2026).

*Науковий консультант: Смирнов Олег Петрович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, smirnov1oleg@gmail.com*

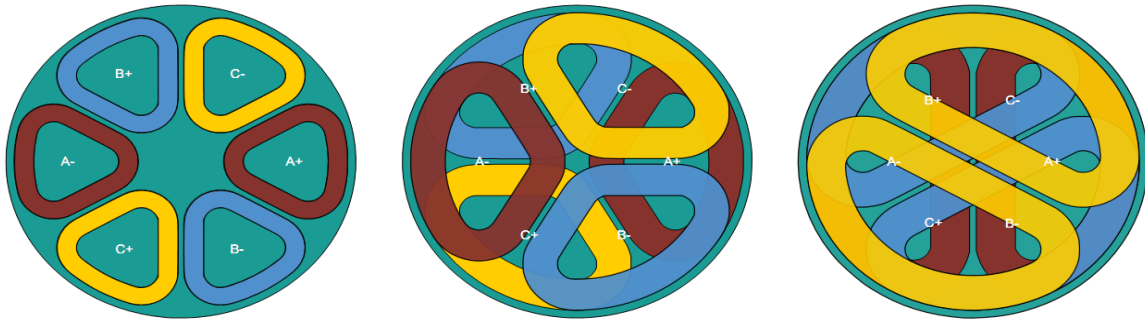
Корощенко Андрій Юрійович, ст. гр. АЕ-41-22  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
[andreykoroshchenko18@gmail.com](mailto:andreykoroshchenko18@gmail.com)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОФАЗНОЇ БЕЗДРОТОВОЇ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

Незважаючи на високу енергоефективність та екологічні переваги електромобілів (EV), темпи їх впровадження зростають відносно повільними темпами, головним чином через обмежений запас ходу електромобілів та тривалий час заряду. Щоб скоротити час заряду електромобілів до рівня, порівнянного з часом заправки звичайних транспортних засобів, потрібні надзвичайно швидкі системи заряду [1]. Такі системи зменшать занепокоєння водіїв щодо запасу ходу та дозволять подорожувати на далекі відстані.

Бездротові системи передачі енергії для заряду електромобілів є гнучкими, зручними та високоефективними, а також дозволяють автоматизувати процес заряду. Дана робота присвячена дослідженню поліфазних бездротових систем передачі енергії для потужних бездротових зарядних систем.

У [2] представлено три варіанти побудови біполярної трифазної системи котушок, розроблених та запатентованих авторами, ці варіанти наведено на рисунку 1. Системи котушок побудовані на основі трьох пар котушок, які належать різним фазам трифазної системи. Окремі обмотки, які складають кожну пару, намотані таким чином щоб створювати магнітне поле протилежної полярності. Система є біполярною у тому сенсі, що потік, який створюється однією котушкою пари, має природний зворотний шлях через свою парну котушку.

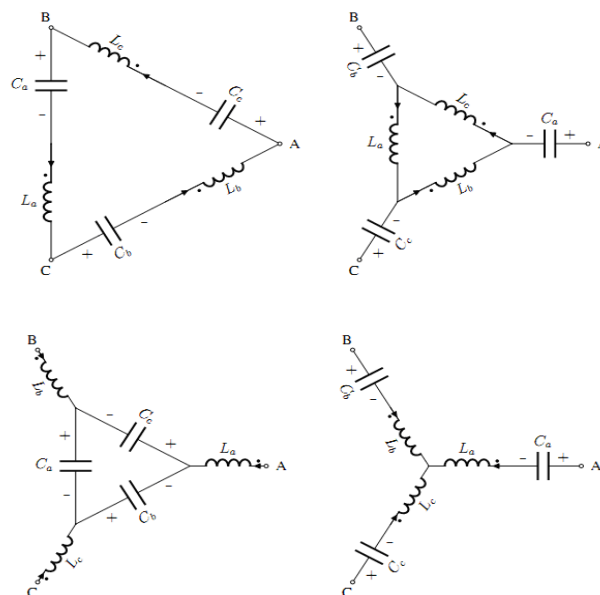


а – одношарова; б – двошарова; в - тришарова  
Рисунок 1 – Системи біполярних трифазних котушок

Структурно системи котушок відрізняються двома аспектами: кроком між витками та кількістю шарів. Якщо кількість шарів дорівнює  $n$ , то крок котушок має бути меншим за  $n \cdot 60^\circ$ . Отже, максимальний крок котушок для одно-, дво- та тришарових систем становить  $60^\circ$ ,  $120^\circ$  та  $180^\circ$  відповідно. Оскільки кожен шар знаходиться на різній відстані від магнітного екрану, обмотки на різних шарах матимуть різну власну індуктивність. Аналогічно, взаємна індуктивність між будь-якими двома фазними обмотками залежатиме від шару кожної пари.

Оскільки магнітний зв'язок між котушками БПЕ з великим повітряним зазором низький, робочий коефіцієнт потужності без будь-якої ємнісної компенсації буде досить слабим. Резонансне налаштування використовується для досягнення незалежного від навантаження коефіцієнта потужності, що підвищує ефективність системи.

На рисунку 2 наведено чотири різні трифазні послідовні резонансні компенсаційні схеми.



а – DC-DL; б – YC-DL; в – DC-YL; г – YC-YL

Рисунок 2 – Трифазні послідовні резонансні компенсаційні схеми

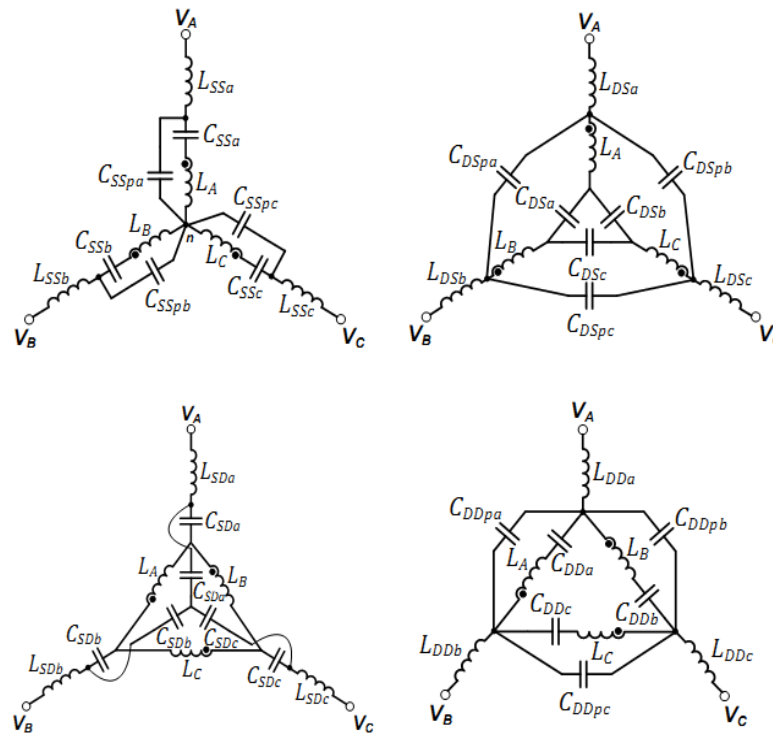
Видно, що на рисунку 2, а та г конденсатори послідовно з'єднані з

індуктивностями, єдина відмінність полягає в тому, що послідовні компенсаційні гілки з'єднані зіркою або трикутником. Якщо перетворення трикутник-зірка застосовується до контурів на рисунку 2, б та в, ці схеми також можна розглядати як частину послідовного компенсаційного контуру.

Схеми трифазних LLC компенсаційних схем наведено для трифазних з'єднань зірка та трикутник на рисунку 3.

Слід зазначити, що передаюча сторона системи може мати одну зі схем наведених на рисунках 2 та 3, сторона приймача може мати таку ж або іншу схему. Це говорить про існування 48 композицій резонансної компенсаційної схеми, при цьому вибір оптимальної композиції можна вважати інженерною задачею.

Загальна схема трифазної системи БПТ з входом та виходом постійного струму показано на рисунку 4.



а – Y-Y; б – Y-D; в – D-Y; г – D-D

Рисунок 3 – Трифазні LLC резонансні компенсаційні схеми

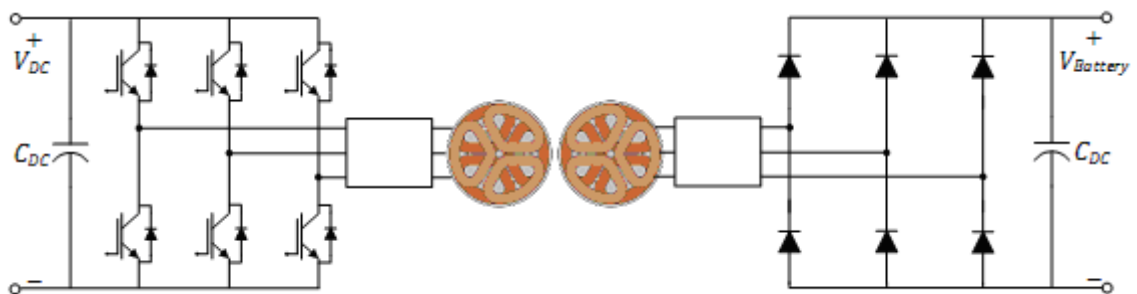


Рисунок 4 – Загальна схема трифазної системи БПТ

На схемі позначено: І – інвертор; В – випрямляч; Т – трансформатор у вигляді біполярної трифазної системи котушок; РК1 та РК2 – відповідно резонансні контури первинної та вторинної сторони БПТ.

### **Висновки**

Використання біполярної трифазної системи котушок у бездротовій системі передачі потужності дозволяє підвищити густину магнітного потоку. Застосування трифазних резонансних компенсаційних пристроїв розширює можливості налаштування системи бездротової передачі енергії.

Наведені математичні моделі дозволяють визначити параметри компонентів електричної схеми бездротової зарядної системи на етапі проектування. Основними елементами, параметри яких визначаються при моделюванні є елементи резонансних контурів та параметрів біполярної трифазної системи індуктивних котушок.

Рекомендації щодо застосування запропонованих технічних рішень потребують уточнення в ході математичного моделювання та дослідження прототипів системи.

### **Література**

1. Colak, Kerim & Onar, Omer & Mohammad, Mostak & Galigekere, Veda & Su, Gui-Jia & Ozpineci, Burak. (2024). Overview of High-Power Wireless Charging Systems and Analysis of Polyphase Wireless Charging System Phase Winding and Resonant Tuning Network Connection Configurations. IEEE Transactions on Transportation Electrification. PP. 1-1. 10.1109/TTE.2024.3514841.
2. Wu, Yanxia & Nie, Pengqiang & Wang, Zhenlin & Wang, Lijuan & Kawaguchi, Takahiro. (2026). A Comprehensive Review of Magnetic Coupling Mechanisms, Compensation Networks, and Control Strategies for Electric Vehicle Wireless Power Transfer Systems. Processes. 14. 287. 10.3390/pr14020287.
3. Rana, Mohammed Masud & Alam, S. M. Mahfuz & Rafi, Faiaz Allahma & Deb, Swarup Bashu & Agili, Boker & He, Miao & Ali, Mohd Hasan. (2025). Comprehensive Review on the Charging Technologies of Electric Vehicles EV and Their Impact on Power Grid. IEEE Access. PP. 10.1109/ACCESS.2025.3538663.
4. Ramadoss, Venugopal & Chandrasekar, Balaji & Ahmed, Professor & Savio a, Dominic & Rajamanickam, Narayanamoorthi & Alghamdi, Thamer A. H. (2024). Research Insights on Recent Power Converter Topologies and Control Strategies for Wireless EV Chargers: A Comprehensive Study. IEEE Open Journal of Power Electronics. PP. 1-18. 10.1109/OJPEL.2024.3474707.
5. Kumar, Jalaj & Gupta, Ritesh & Pandey, Avanish & Samanta, Suwendu & Rathore, Akshay. (2025). Design and Control Methods for Electric Vehicle Charging in Wireless Power Transfer Topologies. IEEE Journal of Industry Applications. 14. 10.1541/ieejia.24010874.

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