Красильников Євгеній Валерійович, ст. гр. АЕз-41-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
krasilnikov2110@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ ДРОТОВОЇ/БЕЗДРОТОВОЇ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Електромобілі завойовують дедалі більше визнання серед користувачів завдяки економічній ефективності та екологічності. Наразі більшість електромобілів використовують дротовий заряд тягових акумуляторних батарей. Індуктивний заряд, який є альтернативною технологією, яка має вищу зручність та безпеку для користувача. Прогнозується, що найближчим часом обидва типи заряду будуть використовуватися одночасно. Отже, електромобілі повинні мати можливість використовувати обидва методи заряду. На теперішній час у літературі описано досить невелику кількість технічних рішень, які використовують обидва методи заряду у одному транспортному засобі.

Робота присвячена дослідженню комбінованої дротової/бездротової бортової зарядної системи електромобіля у її гібридному виконанні, коли одні й ті ж компоненти використовуються у різних режимах роботи. Це дозволяє зменшити кількість компонентів, що забезпечує зниження вартості бортового зарядного пристрою, зменшення його ваги та габаритів.

Пропонується комбінована зарядна система, у якій дротова та бездротова системи заряду інтегровані одна в одну. Слід зазначити, що дротовий та бездротовий режими заряду не є одночасними, режим визначається на підставі початкової ініціалізації електромобіля.

Основним елементом пропонованої комбінованої зарядної системи є система з трьох котушок індуктивності: однієї зовнішньої (К1) та двох бортових (К2, К3) (рисунок 1). У дротовому режимі заряду вбудовані котушки К2 та К3 діють як первинна та вторинна обмотки високочастотного трансформатора DC/DC перетворювача дротової системи заряду. Зовнішня котушка К1 при цьому не використовується.

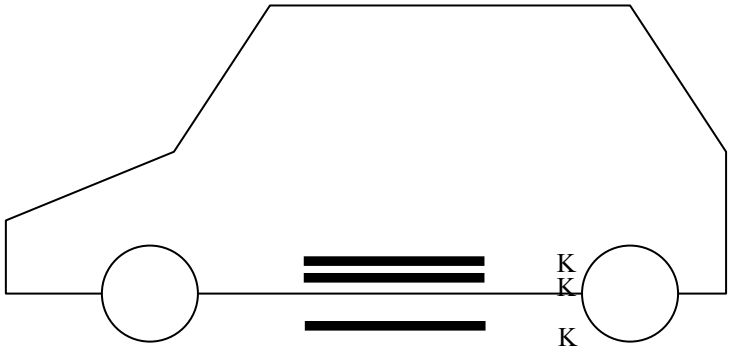

Рисунок 1 – Система індуктивних котушок комбінованої зарядної системи

У режимі бездротового заряду зовнішня котушка К1 виступає як джерело

електромагнітного поля передавальної підсистеми заряду, а бортові котушки К2 та К3 є приймачами підсистеми заряду. Тобто електромагнітні компоненти обох типів заряду (дротового та бездротового) спільні.

При цьому, планується спільне використання елементів силових електронних перетворювачів.

На рисунку 2 представлена електрична схема пропонованої системи комбінованого зарядного пристрою для електромобілів, на якій наведено лише каскад постійного струму, який сумісний як з дротовим, так і з бездротовим методами заряду.

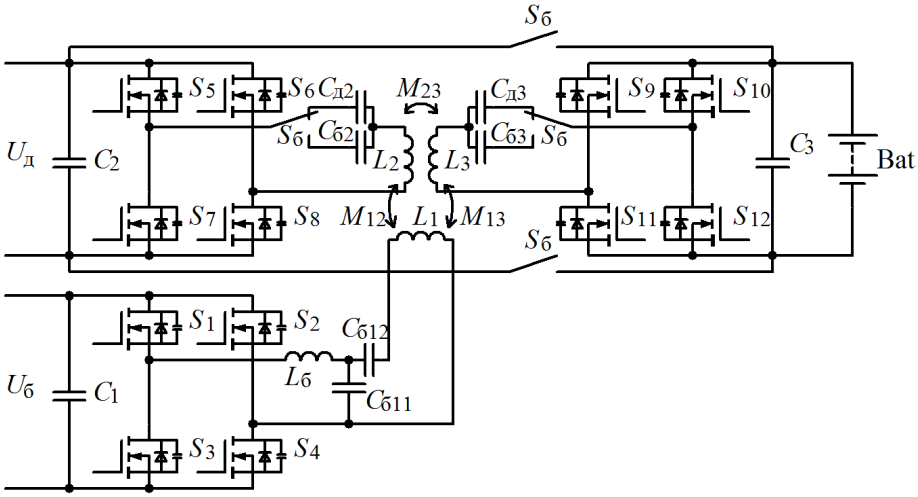

Рисунок 2 – Схема електрична комбінованої системи заряду

Бортова частина силової електроніки електромобіля включає інвертор на основі керованих напівпровідникових ключів S_5 – S_8, котушки високочастотного трансформатора L_2 та L_3, конденсатори резонансного контуру $C_{д2}$ та $C_{д3}$, керований випрямляч на основі керованих напівпровідникових ключів S_9 – S_{12} та конденсатори фільтрів вхідного C_2 та вихідного C_3. Зовнішня (позабортова) частина зарядного пристрою складається з зовнішнього інвертора на основі керованих напівпровідникових ключів S_1 – S_4, котушки L_1, резонансного контуру LCC ($L_б$, $C_{б11}$ та $C_{б12}$) та конденсатора фільтру C_1.

$U_д$ та $U_б$ – вхідні напруги постійного струму для режиму дротового та бездротового заряду відповідно.

Контактор $S_б$ визначає режим заряду: д – дротовий, б – бездротовий. Тому, за допомогою цього контактора можлива не тільки перекомутація котушок та силових перетворювачів, а й резонансних конденсаторів $C_{д2}$, $C_{д3}$ дротової системи заряду та $C_{б2}$, $C_{б3}$ бездротової системи заряду.

На рисунку 3 наведено еквівалентну схему зарядної системи у дротовому режимі заряду, яка побудована на основі рисунку 2.

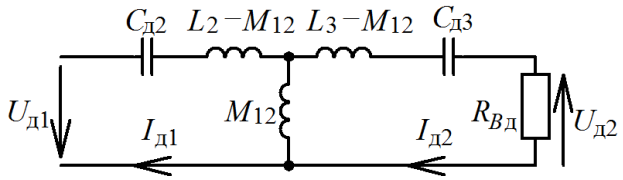

Рисунок 3 – Схема еквівалентна зарядної системи у дротовому режимі заряду

Еквівалентна схема зарядної системи у бездротовому режимі наведена на рисунку 4.

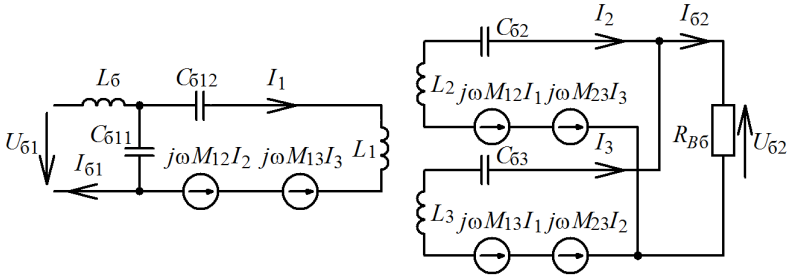

Рисунок 4 – Схема еквівалентна зарядної системи у бездротовому режимі

Висновки

Застосування запропонованої комбінованої дротової/бездротової бортової зарядної системи дозволить майбутнім власникам електромобілів використовувати як дротові так і бездротові зарядні станції. Це підвищує привабливість електромобіля порівняно з можливістю використання тільки певного типу зарядних станцій.

Наведені математичні моделі дозволяють визначити параметри компонентів електричної схеми бортової зарядної системи на етапі проектування. Основними елементами, параметри яких визначаються при моделюванні є елементи резонансних контурів перетворювача напруги постійного струму дротової системи заряду та елементи резонансних контурів індуктивної системи заряду. Також наведені математичні моделі дозволяють визначити параметри котушок індуктивності обмоток високочастотного трансформатора дротової системи заряду, які у бездротовій системі відіграють роль приймача індуктивної системи заряду.

Література

1. Mahesh, Aganti & Bharatiraja, C. & MIHET-POPA, Lucian. (2021). Review on Inductive Wireless Power Transfer Charging for Electric vehicles – A Review. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2021.3116678.

2. Naick, J & Aishwarya, M & Teja, R & Reddy, K & Yadav, Y & Veerendra, & Editor, Editor. (2025). Hybrid Integration of Onboard Charger and Wireless Power Transfer for EVs with Shared Coupler, Compensation, and Rectifier in a Grid-Connected Solar PV System for Optimized Fast Charging. International Journal for Modern Trends in Science and Technology. 11. 228-238. 10.5281/zenodo.18133859.

3. Vu, Binh & Gonzalez-Gonzalez, Jose & Pickert, Volker & Dahidah, Mohamed & Triviño, Alicia. (2020). A Hybrid Charger of Conductive and Inductive

Modes for Electric Vehicles. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 68. 10.1109/TIE.2020.3042162.

4. Basu, Arka & Mukherjee, Subhajyoti. (2021). Analysis and Design of a Multiport Converter based Integrated On-board Charger for Electric Vehicle Powertrains. 1661-1668. 10.1109/ECCE47101.2021.9595435.

5. Mukherjee, Subhajyoti & Rallabandi, Vandana. (2025). Integrated Multiport Conductive and Wireless Architecture for Electric Vehicle Charging. 1-6. 10.1109/ITEC63604.2025.11098068.

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

Кушнаренко Максим Євгенович, ст. гр. АЕ-42-22
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
astral2057@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕІЗОЛЬОВАНОГО ДВОНАПРАВЛЕНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ДЛЯ СИСТЕМИ V2X

У зв’язку з швидким поширенням електромобілів та розвитком технологій у їх виробництві до систем їх заряду ставляться все більш суворі вимоги, однією з яких є забезпечення можливості їх роботи за технологією V2X. Основним елементом зарядної системи електромобіля є перетворювач постійного струму (DC-DC). Доступні публікації щодо досліджень схемних рішень двонаправлених перетворювачів постійного струму залишаються відносно обмеженими. Зокрема, досліджень, що стосуються вторинно-підвищувальних та гібридних двонаправлених перетворювачів постійного струму досить мало, що свідчить про значні можливості для подальших досліджень у цій галузі.

Серед сучасних схемних рішень неізольованих двонаправлених перетворювачів постійного струму розрізняють чотири схеми, які вважаються класичними, та чотири схеми, які відносять до новітніх. Кожна з цих схем має унікальні характеристики, які задовольняють вимоги різних галузей застосування. Однак їх практична реалізація супроводжується проблемами, пов'язаними з ефективністю, щільністю потужності, вартістю та адаптивністю.

У таблиці 1 наведено порівняння різних типів неізольованих двонаправлених перетворювачів постійного струму.

Методи керування двонаправлених перетворювачів постійного струму:

- керування фазовим зсувом (PSC);
- розширене керування фазовим зсувом (EPSC);
- потрійне керування фазовим зсувом (TPSC);
- керування реактивною потужністю;
- модельно-прогнозуюче керування (MPC);
- керування у режимі максимального струму (PCMC);
- керування у режимі ковзання (SMC);