

машиною зі збудженням від постійних магнітів в якості приводного двигуна, яка дозволяє дослідити енергетичні процеси у динамічних режимах руху.

### Література

1. U., Neethu; Karthick, N.; S. R., Deepu. Efficient Current Control Tracking in BLDC Motors for Electric Vehicles: A Comparative Analysis. Grenze International Journal of Engineering & Technology (GIJET), 2022, Vol 8, Issue 2, p. 289.

2. Gökçe, Can & Ustun, Ozgur & Yeksan, Ahmet. (2013). Dynamics and limits of electrical braking. ELECO 2013 - 8th International Conference on Electrical and Electronics Engineering. 268-272. 10.1109/ELECO.2013.6713845.

3. Salodkar, Minal & Rewadkar, Mr & Pawar, Mr & Thorpe, Mr & Patel, Mr & Karrahe, Om & Bind, Mr. (2022). Control of BLDC motor and Regenerative Braking in Electric Vehicle. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 10. 231-234. 10.22214/ijraset.2022.41172.

УДК 629.331

## СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА ВІД СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

**Фурсов Олександр Сергійович**, студент-магістр,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Аргун Щасяна Валіковна**, докт. техн. наук, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: [shasyana@gmail.com](mailto:shasyana@gmail.com), ORCID: [0000-0001-6098-8661](https://orcid.org/0000-0001-6098-8661)

Електрообілі є важливою складовою сталого транспорту, і їх розробники завжди шукають нові можливості для підвищення енергоефективності. Однією з таких можливостей є системи повторного використання тепла від систем кондиціонування та охолодження. Використання цього тепла дозволяє не лише підвищити ефективність електрообіля, а й зменшити витрати енергії, що в свою чергу сприяє збільшенню запасу ходу транспортного засобу.

Системи кондиціонування та охолодження в електрообілях виконують важливі функції, такі як забезпечення комфортної температури в салоні та охолодження батареї [1, 2]. Ці системи генерують значну кількість тепла, яке часто виводиться назовні як відпрацьоване. Повторне використання цього тепла може значно підвищити загальну енергоефективність транспортного засобу. Наприклад, теплову енергію від систем охолодження батареї можна використовувати для обігріву салону в холодну пору року, що зменшує потребу у додаткових джерелах енергії.

Наприклад, у електрообілів Tesla, система теплового насоса Model Y дозволяє використовувати тепло від батареї та інших компонентів для обігріву салону, що значно підвищує енергоефективність в холодну пору року. Це зменшує споживання енергії на опалення, дозволяючи збільшити запас ходу на одній зарядці.

Для реалізації повторного використання тепла в електромобілях розробляються спеціальні теплообмінні системи [3]. Вони включають в себе ряд компонентів, таких як теплообмінники, насоси та трубопроводи, які дозволяють ефективно передавати тепло між системами. Одним з найпоширеніших рішень є інтеграція теплового насоса, який може працювати як на охолодження, так і на обігрів, що забезпечує ефективне використання енергії в різних умовах.

Теплові насоси мають здатність використовувати відпрацьоване тепло від батареї та інших компонентів електромобіля для обігріву салону або попереднього підігріву акумуляторів перед поїздкою в холодну погоду. Це дозволяє уникнути використання значних обсягів енергії для традиційних систем обігріву, які можуть скоротити запас ходу електромобіля.

Розробники таких компаній, як Nissan, BMW та Volkswagen, також активно працюють над інтеграцією систем повторного використання тепла в електромобілі, таблиця 1.

Наприклад, Nissan Leaf використовує тепловий насос для підігріву салону, що дозволяє ефективніше використовувати енергію акумулятора в холодний період.

Таблиця 1 – Порівняння технологій повторного використання тепла в електромобілях

Технологія	Приклад використання	Переваги	Проблеми
Тепловий насос	Tesla Model Y, Nissan Leaf	Ефективне використання тепла для обігріву, зменшення витрат енергії	Додаткові витрати на розробку та інтеграцію, складність обслуговування
Теплообмінник	BMW i3	Використання тепла від батареї для підігріву салону, збільшення запасу ходу	Необхідність забезпечення надійної роботи при низьких температурах
Інтелектуальна система управління теплом	Volkswagen ID.4	Оптимізація розподілу теплової енергії залежно від потреб користувача	Складність алгоритмів управління, додаткові витрати на електроніку

### Переваги систем повторного використання тепла

До переваг даних систем відноситься:

– **підвищення енергоефективності.** Використання відпрацьованого тепла для обігріву салону або інших компонентів електромобіля дозволяє зменшити навантаження на батарею та підвищити загальну ефективність використання енергії. Наприклад, тепловий насос, встановлений в Tesla Model Y, значно підвищує енергоефективність за рахунок повторного використання тепла від батареї та двигуна. Nissan Leaf також використовує систему теплового насоса

для зменшення витрат енергії на обігрів, що підвищує загальну ефективність роботи акумулятора;

– **збільшення запасу ходу.** Завдяки зменшенню витрат енергії на опалення, електромобіль може забезпечувати більший запас ходу, особливо в холодну пору року, коли традиційні системи обігріву споживають значну частину енергії. Наприклад, Tesla Model Y демонструє зменшення витрат на опалення завдяки використанню теплового насоса, що дозволяє збільшити запас ходу в холодну погоду;

– **комфорт для користувача.** Системи повторного використання тепла забезпечують швидке та ефективне обігрівання салону, що підвищує комфорт для пасажирів, особливо в умовах низьких температур. Наприклад, користувачі Tesla Model Y відзначають, що система теплового насоса дозволяє швидко прогріти салон навіть при значних морозах, що робить поїздки комфортнішими. Відгуки користувачів Nissan Leaf також свідчать про значне підвищення комфорту завдяки швидкому та енергоефективному обігріву салону, що є особливо важливим у зимовий період;

– **екологічна користь.** Зменшення енергоспоживання на обігрів сприяє зниженню загального навантаження на електромережу, що є важливим фактором у контексті масового впровадження електромобілів. Дослідження показують, що використання теплових насосів може знизити споживання енергії на обігрів до 30%, що дозволяє суттєво зменшити пікові навантаження на електромережу в зимовий період. Наприклад, аналіз, проведений у Німеччині, вказує на можливість скорочення загального споживання енергії електромобілями на 10-15% завдяки використанню відпрацьованого тепла.

Незважаючи на очевидні переваги, системи повторного використання тепла мають і певні виклики. Одним з них є складність інтеграції теплових насосів та теплообмінників у обмежений простір електромобіля, що потребує детального проектування та оптимізації кожного компонента. Крім того, необхідно забезпечити надійність роботи цих систем у широкому діапазоні температур, адже електромобілі експлуатуються в різних кліматичних умовах.

Іншим викликом є додаткові витрати на розробку та виробництво складних систем управління теплом. Це може підвищити вартість електромобіля, що може стримувати його популярність серед споживачів. Проте, з розвитком технологій та збільшенням попиту на електромобілі, вартість таких систем поступово зменшується.

Перспективи розвитку таких систем пов'язані з удосконаленням технологій теплових насосів та створенням більш компактних і ефективних теплообмінників. Також важливим напрямком є розробка інтелектуальних систем управління теплом, які дозволяють автоматично регулювати розподіл теплової енергії залежно від поточних умов експлуатації та потреб користувача.

## Висновки

Системи повторного використання тепла від систем кондиціонування та охолодження в електромобілях мають значний потенціал для підвищення енергоефективності та комфорту користувачів. Вони дозволяють зменшити

витрати енергії на опалення салону та збільшити запас ходу, що є особливо важливим для забезпечення конкурентоспроможності електромобілів у порівнянні з традиційними транспортними засобами. Подальший розвиток цих технологій сприятиме створенню більш ефективних та зручних електромобілів, які відповідатимуть вимогам сучасного ринку та екологічним стандартам.

### Література

1. Peng, D., Xiaoyonga, G.U., Ying, W., Jiacheng, X., Mengqiang, S., Kaiyun, L.I.: Distributed multi-heat-source hybrid heating system based on waste heat recovery for electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*. 235, 121352 (2023)
2. Leoncini, G., Mothier, R., Michel, B., Clause, M.: A review on challenges concerning thermal management system design for medium duty electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*. 236, 121464 (2024)
3. Qi, Z.: Advances on air conditioning and heat pump system in electric vehicles – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 38, 754–764 (2014).  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.038>

**УДК 629.016**

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ В УКРАЇНІ

**Андрій Сохін**, здобувач третього рівня навчання (PhD), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2120-4120>

**Ігор Коротєєв**, здобувач третього рівня навчання (PhD), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2120-4120>

Автотехнічну експертизу в Україні виконують в основному державні установи – це науково-дослідні інститути Міністерства Юстиції України та науково-дослідні центри МВС України [1, 2]. Є також небагато приватних установ та експертів [3, 4].

Автотехнічна експертиза – це експертне дослідження з метою встановлення механізму й обставин дорожньо-транспортної пригоди, технічного стану транспортних засобів, причин виходу з ладу їх деталей, а також обставин, що сприяли чи могли сприяти виникненню дорожньо-транспортної пригоди (ДТП).

Предмет автотехнічної експертизи – це фактичні дані про дорожню обстановку на місці пригоди, дії учасників пригоди і їх можливості, механізм ДТП, технічний стан транспортного засобу (ТЗ) та його деталей, а також про