

vehicle integration's impacts on power quality in distribution network and associated mitigation measures: a review. *Journal of Engineering and Applied Science*. 70(1), doi: 10.1186/s44147-023-00193-w.

2. M. R. Khalid, I. A. Khan, S. Hameed, M. S. J. Asghar and J. Ro, "A Comprehensive Review on Structural Topologies, Power Levels, Energy Storage Systems, and Standards for Electric Vehicle Charging Stations and Their Impacts on Grid," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 128069-128094, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112189.

3. Musavi, Fariborz. (2014). Fundamentals of Chargers. In book: *Advanced Electric Drive Vehicles* (pp.439-464). doi: 10.1201/b17506-14.

4. Nguyen D-D, Bui N-T, Yukita K. Design and Optimization of Three-Phase Dual-Active-Bridge Converters for Electric Vehicle Charging Stations. *Energies*. 2020; 13(1):150. <https://doi.org/10.3390/en13010150>.

**УДК 629.3**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИСКОРЕННЯМ ТА ГАЛЬМУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

**Нечаус Андрій Олександрович**, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [nechaus@ukr.net](mailto:nechaus@ukr.net), ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

**Хілевський Владислав Сергійович**, бакалавр,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: [thevladx69@icloud.com](mailto:thevladx69@icloud.com)

Режими розгону та гальмування електромобілів є невід'ємною складовою у транспортному циклі. При цьому, особливо якщо мова йде про розгін, від двигуна вимагається розвинення закладених потужнісних характеристик, які забезпечують зрушення електромобіля з місця та досягнення бажаної швидкості руху [1-3]. Для подолання інерції, двигун розвиває певний механічний момент, що супроводжується значним збільшенням струмів, яке відповідає режимам роботи двигуна близьким до екстремальних. При реалізації режиму рекуперативного гальмування, електричний двигун електромобіля працює в режимі генератора, забезпечуючи заряд тягової акумуляторної батареї, що також супроводжується значним збільшенням струму. В такому разі, система керування двигуном повинна забезпечити відповідне регулювання керуючих впливів, які, з одного боку, забезпечують потреби водія щодо бажаної динаміки, а з іншого боку, не допустити аварійного струмового та температурного перевантаження двигуна, акумуляторної батареї та усієї електричної системи електромобіля.

Рух електромобіля можна описати рівнянням руху

$$Jm \frac{dv}{dt} = \varepsilon(F_T + F_r \pm W), \quad (1)$$

де  $J$  – момент інерції електромобіля;  $m$  – маса електромобіля;  $dv/dt$  – зміна швидкості (прискорення або уповільнення);  $\epsilon$  – коефіцієнт приведення розмірності величин до єдиної системи одиниць;  $F_T$  – сила тяги;  $F_r$  – сила гальмування;  $W$  – сила опору руху.

Сили  $F_T$ ,  $F_r$  створює електричний двигун електромобіля, сила опору руху  $W$  залежить від швидкості електромобіля та наявності схилів, поворотів, тощо.

На теперішній час, більш ефективним та перспективним типом двигуна електромобіля вважається синхронна машина зі збудженням від постійних магнітів. Структурна схема системи керування такої машини, побудована за принципом поле-орієнтованого керування наведена на рисунку 1. Основою системи керування є просторово-векторна широтно-імпульсна модуляція (SVPWM) регулятора напруги – інвертора. При цьому, режим роботи двигуна визначається керуючими впливами по моменту та по потоку з врахуванням положення ротора. Одним з найпоширеніших методів керування є застосування пропорційно-інтегрального керування, коли реакція машини одночасно визначається заданим струмом та поточним рушійним моментом. Навіть із простим пропорційно-інтегральним регулятором передатна функція системи керування двигуном стає досить складною, а вибір підсилення нетривіальним, що вимагає додаткових досліджень та вдосконалення системи з метою набуття нею здатності автоматичної адаптації до зміни динаміки руху електромобіля.

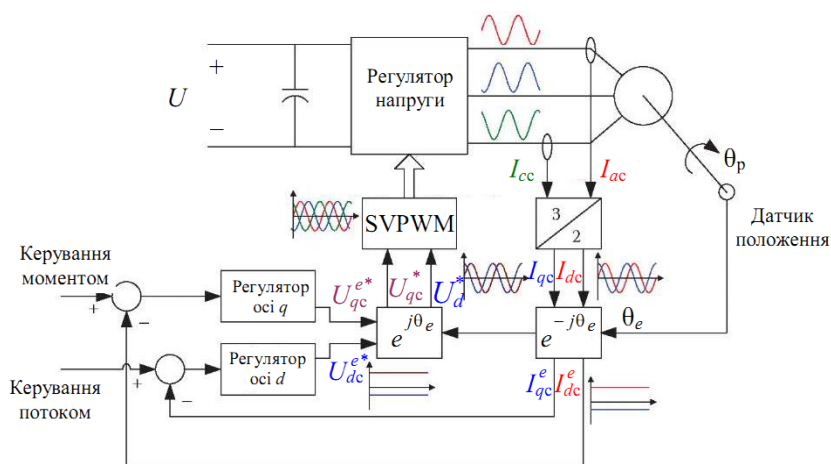


Рисунок 1 – Структурна схема поле-орієнтованого керування синхронною електричною машиною зі збудженням від постійних магнітів

Вважаючи, що електромобіль, як транспортний засіб, може мати різні масові характеристики, які обумовлені ступенем його завантаження, а також керується людиною, яка має індивідуальні навички щодо принципів та характеру водіння, система керування електричним двигуном повинна мати певну гнучкість, тобто здатність підлаштовуватися до потреб водія, умов руху та поточних характеристик електромобіля.

## Висновки

Запропоновано математичну модель електромобіля з синхронною

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.