

Модель системи електроприводу складається з основних блоків керування, інвертора напруги та моделі безколекторного двигуна постійного струму. Вищевказані блоки є стандартними блоками пакету моделювання MATLAB.[2] Додатково в моделі наведено нечіткий контролер, який надає додатковий керуючий вплив, до системи керування, який враховує температурний режим експлуатації безколекторного двигуна постійного струму. Використання нечіткого контролеру покращує перехідні характеристики. Надає можливість більш гнучкого керування з врахуванням температури розігрівання ротора електричної машини. На рис. 2, а та б показані перехідні процеси зміни швидкості обертання ротору при збурюючому впливі на роторі з використанням нечіткого контролеру та без нього відповідно.

На діаграмах можна бачити що перехідний процес на рис. 2, а триває на декілька мікросекунд менше ніж без втручання нечіткого контролера. Відсутнє коливання швидкості. Наростання швидкості йде поступово. Використання нечіткого контролера в ланцюгу контролю швидкості покращує динамічні характеристики системи електроприводу.

Аналіз процесів свідчить про те, що урахування теплових процесів в електроприводі з використанням нечіткого регулятора доцільно в специфічних галузях, таких як аеронавігаційні системи та системи електропривода безпілотних літальних апаратів. В таких системах головним показником є надійність.

#### Список посилань

1. Денисов О.І. Концепція процесу підвищення енергетичної ефективності системи запуску двигуна військово-транспортного літака [Текст] / О. І. Денисов, Е. О. Бурсала // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1. – С. 144-149.

2. BLDC Position Control with Thermal Model [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.mathworks.com/help/sps/ug/bldc-position-control-thermal.html?searchHighlight=BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model&tid=srchtitle\\_BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model\\_1](https://www.mathworks.com/help/sps/ug/bldc-position-control-thermal.html?searchHighlight=BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model&tid=srchtitle_BLDC%20Position%20Control%20with%20Thermal%20Model_1)

УДК 629.2,621.38

**Куць Н.Г., Гранд-доктор філософії в галузі  
інформаційних технологій (енергетика), доцент  
Мельничук М.Р., магістр**

Луцький національний технічний університет, [kuts.nadia86@gmail.com](mailto:kuts.nadia86@gmail.com)

### ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Розвиток електричного транспорту та електромеханіки має великий потенціал для підвищення екологічної безпеки та зменшення впливу на довкілля. Для досягнення цих цілей необхідно розробляти та використовувати надійні та ефективні електромеханічні системи, а також, розвивати нові технології, що будуть екологічно чистими та сталими. Традиційні автомобілі з двигунами з внутрішнього згорання (ДВЗ) викидають у повітря шкідливі речовини, такі як оксиди вуглецю, азоту та сірки, які сприяють погіршенню якості повітря та ведуть до кліматичних змін.

Електричні транспортні засоби (ЕТЗ) є екологічно чистими та не викидають в атмосферу CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, які викликають парниковий ефект та інші проблеми зі здоров'ям Вони працюють за допомогою електричної енергії, яка може бути вироблена з відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія [1]. Це дозволяє зменшити залежність від необхідності видобутку та транспортування нафти та інших вуглеводнів, що також сприяє зменшенню шкідливих викидів. Проте, для ефективного зменшення забруднення довкілля необхідно, щоб електричний транспорт був екологічно чистим не лише під час руху, але і під час виробництва, а також під час переробки відходів.

У порівнянні з автомобілями з внутрішнім згорянням, електромобілі мають менше рухомих частин, що робить їх більш ефективними та менш вразливими до зносу. Крім того, електричний двигун не потребує масла та інших рідин, що зменшує витрати на обслуговування транспортного засобу. Тому, за підрахунками Міжнародного енергетичного агентства, за рік кількість електромобілів зросла на 54%, а до 2030 року може досягти 220 млн. од. [2]. За даними Міністерства економіки України у 2020 році в Україні було зареєстровано понад 8 тисяч електромобілів. Це майже втричі більше, ніж кількість електромобілів, зареєстрованих у 2019 році.

Електромеханіка є ключовою галуззю для розробки електромобілів, оскільки вона відповідає за розробку та виробництво електромеханічних систем, які забезпечують рух транспортного засобу. Електромеханіка включає в себе такі компоненти, як електричні двигуни, контролери, батареї, системи зарядки та інші електронні компоненти.

Електричний двигун використовує електромагнітні поля для створення крутного моменту, який перетворюється на рух коліс автомобіля. Крім того, батареї в електромобілях забезпечують енергію для роботи електричного двигуна. Контролери відповідають за керування роботою електромотора, а системи зарядки забезпечують ефективне заряджання батареї. Акумуляторні батареї є джерелом енергії для електричного транспорту. Вони повинні бути надійними та ефективними, щоб забезпечити достатню місткість для подорожей на великі відстані, а також швидке заряджання для забезпечення комфорту користувачів. Літій-іонні батареї стали першим вибором для застосування на ЕТЗ. Однак, літій-іонні акумулятори викликають проблеми з безпекою. Якщо літій-іонна батарея замкнута або піддана високій температурі, можуть виникнути екзотермічні реакції, що призведуть до циклу самопідвищення температури, відомого як «теплова втеча», що може призвести до пожежі та вибуху батареї [3]. У 2013 році кілька седанів Tesla Model S загорілися при русі на дорозі. Незважаючи на те, що Tesla посилила екран акумулятора на своїх нових і існуючих автомобілях, у серпні 2016 року електромобіль Tesla загорівся під час рекламного туру у Франції. Причини аварій літій-іонних батарей відрізняються: коротке замикання, механічне пошкодження, перезаряд акумулятора, а також дефекти конструкції та виробництва можуть призвести до займання/вибуху акумулятора [4].

Проводяться дослідження використання нових матеріалів та технологій для виробництва безпечних батарей і є дуже важливим напрямком для розвитку електромобілів. Основні технології включають наступне:

- літій-металеві батареї (заміна графітового анода на літєвий метал), що дозволяє збільшити ємність батареї на 50-100% при зменшенні ваги та обсягу батареї;
- тверді батареї (використання твердих електролітів замість рідинних електролітів), що мають високу енергетичну щільність, низький ризик пожежі та більшу довговічність;
- метал-полімерні батареї (використання полімерних електролітів замість рідинних електролітів, що дозволяє створювати більш легкі та компактні батареї з високою енергетичною щільністю);
- метал-сульфідні батареї (використання метал-сульфідних матеріалів замість літію), що мають високу енергетичну щільність та більшу довговічність;

Крім того, для покращення ефективності та функціональності батарей електромобілів досліджуються нові матеріали для катодів та анодів, а також нові методи виробництва, такі як 3D-друк.

Також, розвиток електричного транспорту повинен забезпечити безпеку користувачів. Для цього необхідно розробляти надійні електромеханічні системи, що забезпечують ефективну систему управління. Це дозволить підвищити комфорт та безпеку водіїв та пасажирів електричних транспортних засобів. ЕТЗ мають значно менший рівень шуму, порівняно з транспортними засобами, які працюють на інших джерелах палива. Електромеханіка допомагає забезпечити безпеку користувачів ЕТЗ: точне керування і

управління транспортними засобами, забезпечує ефективну роботу гальм, підвіски, акумуляторів і систем охолодження. Зокрема, електромеханіка грає важливу роль у розробці електронних систем безпеки, таких як системи стабілізації, контролю тяги, контролю стабільності і систем автоматичного гальмування. Ці системи забезпечують безпеку користувачів ЕТЗ, допомагаючи уникнути аварійних ситуацій, знижуючи ризик травм. Крім того, розробка ефективних електромеханічних систем є ключовим фактором у зниженні витрат на виробництво ЕТЗ, зменшити вартість електротранспорту.

Отже, розвиток електромеханіки є ключовим фактором у розвитку електричного транспорту, який є чистішим та більш екологічно безпечним в порівнянні з традиційними автомобілями з ДВЗ. Розвиток електромеханіки не тільки сприяє підвищенню продуктивності та зниженню вартості виробництва електричного транспорту, але і дозволяє досягти більш ефективного використання електричної енергії та зменшити вплив транспорту на довкілля.

#### Список посилань

1. Будніченко В.Б., Гордієнко М.М. Аналіз показника енерговитрат транспортних засобів з електричним двигуном. [Текст]/ В.Б. Будніченко – Комунальне господарство міст, 2019. – том 3, випуск 149 – С. 158-163.
2. Інформаційне агентство Автостат: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autostat.ru/news/34460/>
3. Posouzení Li-Ion Bateriová nebezpečí a bezpečnostní strategie. Energies 2018 , 11 (9), [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/en11092191>
4. Úřad FAA pro bezpečnost a bezpečnost nebezpečných materiálů. K dispozici online: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ash/ash\\_programs/hazmat/aircarrier\\_info/media/battery\\_incident\\_chart.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ash/ash_programs/hazmat/aircarrier_info/media/battery_incident_chart.pdf) (přístup k 9. července 2018).

УДК 621.5.011:621.577

**Арсеньєв В. М., канд. техн. наук, професор**  
**Король О. С., аспірант**

**Шарапов С. О., канд. техн. наук, доцент**  
Сумський державний університет, [sanya.korol.1997@gmail.com](mailto:sanya.korol.1997@gmail.com)

### **ВИБІР СХЕМНОГО РІШЕННЯ ТЕПЛОВИКОРИСТАЛЬНОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА НА ДІОКСИДІ ВУГЛЕЦЮ**

Енергетична безпека, економічний розвиток та необхідність захисту довкілля вимагає активного використання вторинних техногенних та природних відновлюваних теплових енергоресурсів. Енерговитрати на функціонування кліматичної техніки (виробництво штучного холоду та теплового насоса) можуть бути значно знижені за рахунок раціонального вибору схемних рішень для тепловикористальних термотрансформаторів (ТВТ). Вибір схемного рішення для реалізації даного виду термотрансформації також суттєво залежить від фізико-технічних властивостей робочої речовини. У даній роботі наведено аналіз вибору схемних рішень ТВТ з діоксидом вуглецю в якості робочої речовини. Як базову схему ТВТ на CO<sub>2</sub> (R744) розглядається варіант схеми циклу Плотникова-Чистякова з газотурбінним приводом компресора на лінії зворотного циклу, (KM1), та з електроприводом насоса-компресора, який працює в транскритичній області стану CO<sub>2</sub>, (KM2), для подачі робочої речовини в газонагрівач зворотного циклу. Як показали розрахунки для теплонасосного режиму роботи, відношення індикаторних потужностей зазначених компресорів складає: