

ОГЛЯД НАУКОВИХ ПРАЦЬ ПРИСВЯЧЕНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМ З ТЯГОВИМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ЗМІННОГО СТРУМУ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Здійснено огляд наукових праць присвячених дослідженню електромобілів з тяговими електроприводами змінного струму, законам оптимального руху електромобіля, системам керування електроприводів та стратегій по мінімізації споживання енергії акумуляторних батарей.

Ключові слова: електромобіль, електропривод, асинхронний двигун, синхронний двигун, інвертор, система керування, акумуляторні батареї.

Abstract

An overview of scientific works devoted to the study of electric vehicles with traction electric drives of alternating current, the laws of optimal motion of electric vehicles, control systems of electric drives and strategies for minimizing the energy consumption of rechargeable batteries.

Keywords: electric vehicle, electric drive, induction motor, synchronous motor, inverter, control system, rechargeable batteries.

Вступ

Зважаючи на теперішній стан розвитку людства можна впевнено сказати що наш вплив на екологію та і світ в цілому є досить значним. До того ж ми не стоїмо на місці а невпинно продовжуємо розвиватись і збільшуємо відповідно свій вплив на середовище в якому перебуваємо. І варто все більше приділяти уваги тому як саме ми здійснюємо вплив, контролювати його. Тому важливим є завдання сприяти та пришвидшувати перехід, шляхом їх вдосконалення, від транспортних засобів із двигунами внутрішнього згорання, які є досить значним джерелом забруднення, до екологічно безпечніших електромобілів.

Результати огляду

Здійснивши огляд наукових робіт можна сказати що для розвитку екологічних електричних транспортних засобів приділяється достатньо уваги, проте все ще необхідно прикласти багато зусиль для вирішення нагальних питань, що мають місце в даному виді транспорту.

Для легкових електричних транспортних засобів, на сьогодні, застосовують переважно двигуни змінного струму. Використовуються як асинхронні двигуни, яким присвячені роботи [1], [2], [3], так і синхронні [4], [5].

Експеримент, що провели автори роботи [1] із живленням асинхронного двигуна від двох інверторів (рисунок 1) підтвердив їхні теоретичні дослідження щодо зменшення струмових пульсацій, зменшення акустичних шумів та електромагнітного випромінювання. Проте експеримент проводився із двигуном при роботі без навантаження та без динамічних режимів

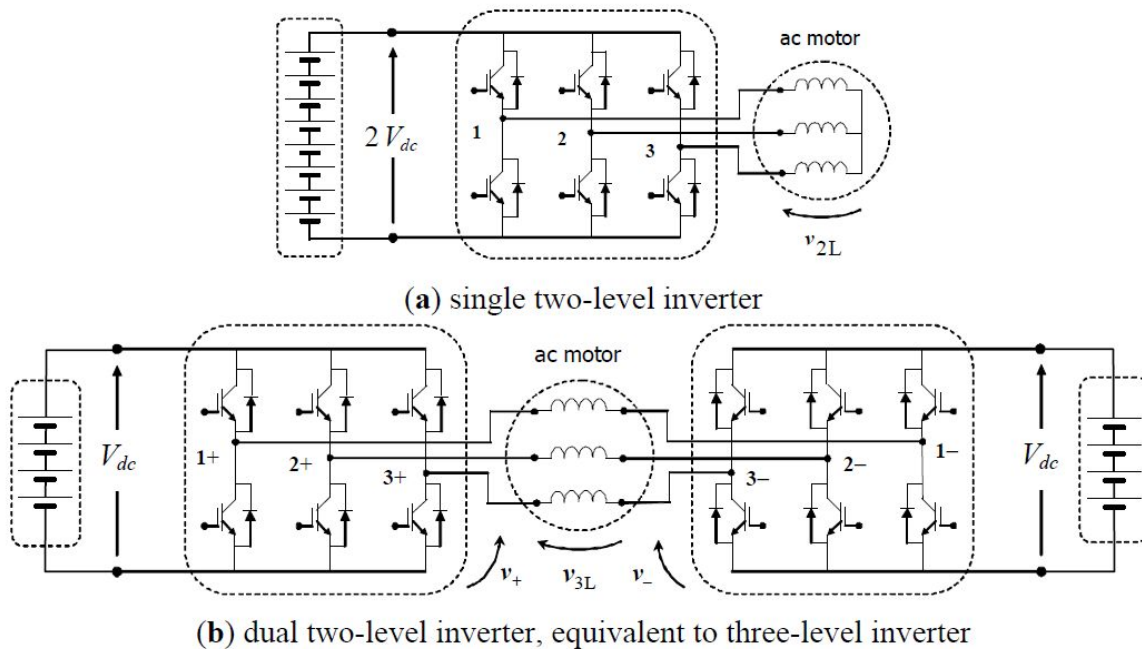


Рисунок 1 - Схеми підключення асинхронного двигуна (а) від одного інвертора за схемою з'єднання зірка та (b) від двох інверторів за схемою проходного типу.

Системи керування асинхронним двигуном представлені в роботах [2], [3] а система керування синхронним двигуном в роботі [4]. В [2] система побудована на основі непрямого векторного керування, ПІ-регуляторі швидкості із системою усунення затримок та системі керування струмом гістерезису для трифазного асинхронного двигуна. В роботі [3] система керування побудована на основі Процесора Цифрових Сигналів (Digital Signal Process). Для синхронного електропривода [4] систему керування було розроблено за допомогою мови опису апаратури інтегральних схем аналогових та змішаних сигналів (з англ. Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language - мова опису апаратури інтегральних схем, analog and mixed-signal extensions - аналогових та змішаних сигналів [6]). Проте моделювання що здійснене в роботі [2] за допомогою Matlab/Simulink, моделювання роботи [4], що виконане в Simplorer [7], та експеримент роботи [3] проведені за умов руху транспортного засобу при сталій швидкості, при прискоренні та сповільненні, (також, лише в [3], [4] виконано рух на підйом і спуск) не були враховані інші можливі випадки руху електромобіля а також вплив погодних умов на рух транспортних засобів.

Роботи [5], [8], [9] націлені на мінімізацію споживання заряду акумуляторних батарей. Моделювання що проводилися в роботі [5] за допомогою Matlab/Simulink дозволило знайти мінімальну конфігурацію акумуляторних батарей що задовольняє потреби електричного транспортного засобу за енергетичними показниками, але оскільки основна увага приділена системі живлення електричного транспортного засобу, значно менше уваги приділено іншим елементам електромобіля (електричні машині, силовій електроніці, батареям тощо).

Завданням мінімізації споживання заряду акумуляторних батарей гібридного автомобіля присвячено роботу [8] шляхом оптимізації передачі крутного моменту від електродвигуна до приводного валу автомобіля. Кожна складова моделі що пройшла симуляцію в Matlab/Simulink була просимульована окремо для того щоб впевнитись у відповідності їх реакцій при статичних і динамічних режимах. Симуляція хоть і містила в собі динамічні режими роботи електропривода, проте аналогічно роботам [2], [3], [4] автори обмежились лише режимами

прискорення та сповільнення, не проводячи симуляцію інших можливих режимів водіння та впливу погодних умов.

В роботі [9] представлена адаптивно еквівалентна стратегія мінімального живлення (А-ЕСМС) для електробуса. Результати показали, що адаптивно еквівалентна стратегія мінімального споживання забезпечує повне використання потужності акумуляторних батарей. Проте дана стратегія розроблена на основі даних здійснених циклів водіння на фіксованих маршрутах.

Висновки

Із огляду наукових праць видно, що дослідженню проблем електромобілів приділяється суттєва увага. В роботах досліджуються як асинхронні так і синхронні електроприводи, їх системи управління, різні стратегії мінімізації витрат заряду акумуляторних батарей, проте законам оптимального руху якщо і приділяється увага то не в повній мірі, приймається багато спрощень параметрів які можуть суттєво вплинути на рух та витрати заряду акумуляторних батарей електромобіля. Тому метою наступних досліджень поставлено завдання розробити закони оптимального руху електромобіля з електроприводом змінного струму на ділянках дороги, які містять не лише горизонтальні ділянки, але і спуски та підйоми і повороти, а також враховуючи погодні умови, використовуючи критерій оптимізації у вигляді функціоналу, яким визначаються витрати електроенергії, що надходить від силової акумуляторної батареї, та який мінімізується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Jelena Loncarski, Mats Leijon, Milan Srndovic, Claudio Rossi and Gabriele Grandi. Comparison of Output Current Ripple in Single and Dual Three-Phase Inverters for Electric Vehicle Motor Drives, *Energies* 2015, Vol. 8(5), 3832-3848 pp.; Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/en8053832>
2. Prasun Mishra. Design and Implementation of Speed Controller with Anti-Windup Scheme for Three Phase Induction Motor Used in Electric Vehicle, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 89 – No 9, March 2014, Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/Prasun_Mishra3/publication/262985880_Design_and_Implementation_of_Speed_Controller_with_Anti-Windup_Scheme_for_Three_Phase_Induction_Motor_Used_in_Electric_Vehicle/links/592013ae458515e3d401ceec/Design-and-Implementation-of-Speed-Controller-with-Anti-Windup-Scheme-for-Three-Phase-Induction-Motor-Used-in-Electric-Vehicle.pdf
3. Saidi Hemza, Noureddine Mansour, Midoun Abdelhamid. Electric Vehicle Speed Control using Three Phase Inverter operated by DSP-based Vector Pulse Width Modulation Technique, *International Journal of Control Systems and Robotics*, Vol. 2, 2017, Режим доступу: [http://www.iaras.org/iaras/filedownloads/ijcsr/2017/011-0031\(2017\).pdf](http://www.iaras.org/iaras/filedownloads/ijcsr/2017/011-0031(2017).pdf)
4. K. Jaber, A. Fakhfakh and R. Neji. Modeling and Simulation of High Performance Electrical Vehicle Powertrains in VHDL-AMS, *Electrical Vehicle Design and Modeling*, 2011, 25-40 pp., Режим доступу: <https://www.intechopen.com/books/electric-vehicles-modelling-and-simulations/modeling-and-simulation-of-high-performance-electrical-vehicle-powertrains-in-vhdl-ams/>
5. Erik Schaltz - Electrical Vehicle Design and Modeling, *Electrical Vehicle Design and Modeling*, 2011, 1-24 pp., Режим доступу: <http://cdn.intechweb.org/pdfs/19571.pdf>
6. Мова опису апаратури інтегральних схем / Вікіпедія. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/VHDL>
7. Ansoft Designer / Вікіпедія. Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ansoft>
8. Sanjai Massey. Modeling, simulation and control of hybrid electric vehicle drive while minimizing energy input requirements using optimizing gear ratio, *Open Access Master's Report, Michigan Technological University*, 2016, Режим доступу: <https://digitalcommons.mtu.edu/etdr/133/>
9. Hongwei Liu, Chantong Wang, Xin Zhao and Chong Guo. An Adaptive-Equivalent Consumption Minimum Strategy for an Extended-Range Electric Bus Based on Target Driving Cycle Generation, *Energies*, July 2018, Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/7/1805>

Вадим Вікторович Горенюк — аспірант кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, факультет електроенергетики електротехніки та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: gvv.ghost@gmail.com;

Науковий керівник: **Борис Іванович Мокін** — акад. НАПН України, д-р техн. наук, професор, професор кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Horeniuk Vadym V. — Postgraduate Student of the Department of Renewable Energy and Transport Electrical Systems and Complexes, Faculty of Electric Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : gvv.ghost@gmail.com;

Supervisor: **Mokin Borys I.** — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Renewable Energy and Transport Electrical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.