

ПРЕГЛЕД НА ХИБРИДНИ СТРУКТУРИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ В ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА

Гергана Вачева¹, Николай Хинов¹

¹Технически университет София,
Катедра “Силова Електроника“

REVIEW OF A HYBRID STRUCTURE FOR APPLICATION IN EVs

Gergana Vacheva¹, Nikolay Hinov¹

¹Technical University of Sofia
Department of Power Electronics

Abstract

Electric vehicles have been widely used in recent years as an alternative to the vehicle with internal combustion engines. Complex task in the design and development of EVs is determining the optimal structure and combining multiple elements for energy storage such as supercapacitors, fuel cells and batteries. In this paper several hybrid structures of EVs consist of various technologies of energy storage elements are presented. Strategies for optimal control of energy flows in EVs are also proposed. This study presents, although the rapid development of modern technology, even more necessary search for new strategies when using EVs. The main purposes of this study is to make a classification of the typical structure and to choose the optimal solution for achieving higher energy efficiency.

Keywords: electric vehicles, fuel cells, supercapacitor.

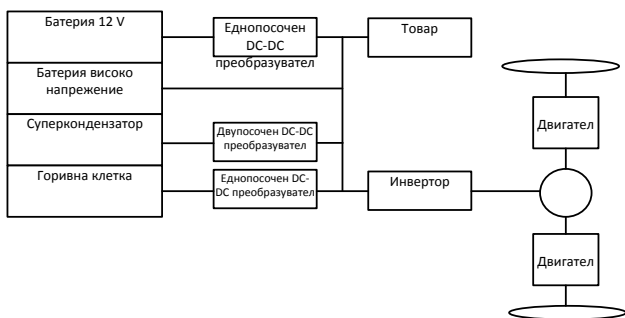
ВЪВЕДЕНИЕ

Хибридно електрическо превозно средство (ЕТС) е превозно средство, което комбинира различни източници на енергия, преобразувания от различно естество, които могат да бъдат двигател с вътрешно горене, комплектован с алтернативно екологично гориво и др. Интерес представлява хибриден ЕТС, при който един от източниците на енергия е електрически. Той може да включва двигател с вътрешно горене куплиран с електрически двигател захранван от електрически източник или няколко електрически източници на енергия.

ХИБРИДНА СТРУКТУРА ЗА ЗАХРАНВАНЕ

Основна функция при управлението на енергийните потоци в ЕТС електрическата енергия е да дават приоритет на заявките за захранване в реално време, зададени от нато-

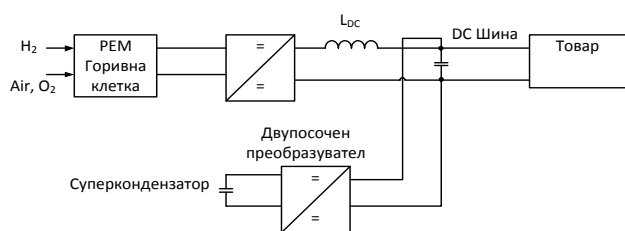
варванията и разпределянето на наличните енергийни ресурси от генерирането и съхранението на енергия, по оптимизиран начин за максимална ефективност и производителност [2-3]. Оптималното управление на мощността и енергията може да спомогнат за намаляване на теглото, размера и да подобрява работата на превозното средство. Фигура 1 показва пример за архитектура на хибридно превозно средство с горивни клетки, който се състои от стек горивни клетки (ГК), батерия, суперкондензатор (СК), инвертор и два асинхронни двигателя. Тази архитектура също може да се използва за разработване на нови стратегии за управление на мощността. От друга страна оптималното управление на енергийни потоци в структурата се извършва на базата на модели, с цел ускоряване на процеса на проектиране и внедряване в практиката. Този подход е известен под наименованието „моделно базирано проектиране“.



Фиг.1. Блокова схема на хибриден ЕТС с горивна клетка

Представена е хибридна система съставена от ГК и СК [3]. Класифицирани са в следните категории : последователна, паралелна и каскадна структури [10]. На Фигура 2 е представена блокова схема на хибридна захранваща система състояща се от DC шина захранвана от ГК с еднопосочен DC-DC преобразувател управляващ зададеното и напрежение. СК е свързан към DC шината чрез двупосочен преобразувател. Основното предназначение на ГК е да захранва товара, СК се използва като елемент за съхранение на енергия и също така като захранващ източник при ускорение на ЕТС. За управление на енергийните потоци между DC шината и елемента за съхранение на енергия са разгледани три работни режима:

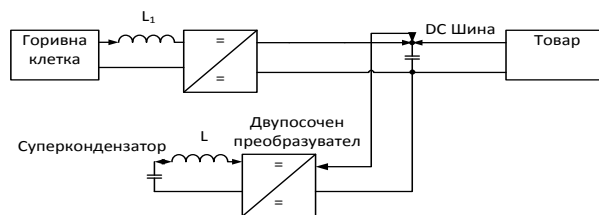
- Заряден режим - ГК захранва елемента за съхранение на енергия;
- Разряден режим - ГК и СК захранват товара;
- Режим на регенеративно спиране - отдадената енергия от товара се съхранява в СК.



Фиг. 2. Хибридна захранваща система

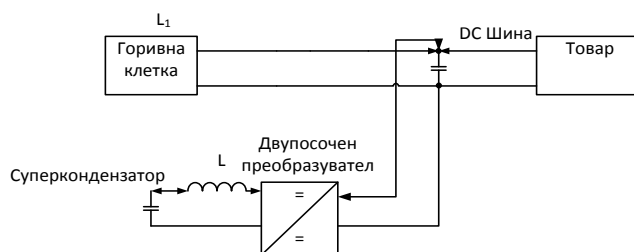
Паралелната структура на Фигура 2 съдържа ГК, СК, два DC-DC преобразувателя свързани към DC шината и система за управление самостоятелна за всеки от тях. Предложената структура е сравнително лесна за реализация поради управлението си, което се наблюдава в реално време за всеки захран-

ващ източник. Основните предимства на представената архитектура са по-малкия брой схемни елементи, опростения метод за управление на енергийните потоци, по-добра гъвкавост и устойчивост [13].



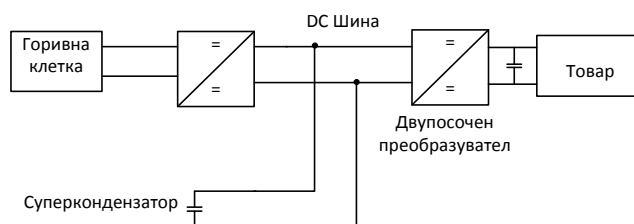
Фиг. 3. Паралелна структура на хибридна система

На Фигура 4 е представена директно свързана паралелна структура. Основната идея на тази структура е захранващия източник да е директно свързан към товара. Това дава възможност за намаляване на броя на силови електронни преобразуватели. Нейното проектирането е подобно на паралелната структура от **Error! Reference source not found.** Разгледан е DC-DC двупосочен преобразувател поради избраните стойности на номиналното напрежение на СК спрямо напрежението на ГК.



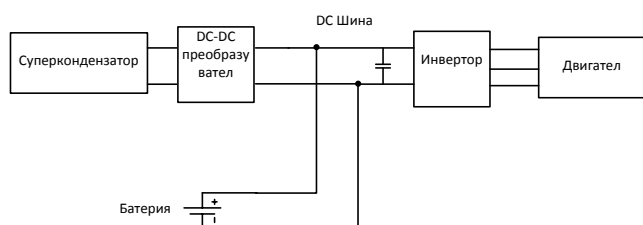
Фиг. 4. Директно свързана паралелна структура

Основните разлики в посочените структури е в броя на използваните преобразуватели на енергия и техната сложност (едно или двупосочни).



Фиг. 5. Каскадна структура на захранване

На практика използването на по-голям брой преобразуватели до голяма степен е оправдано, ако чрез тях се постига по-добро използване на елементите за съхранение на енергия, включително и чрез по-добра рекулперация при спиране, тъй като съвременните електронни преобразуватели са с много добра ефективност (по висока от 98%).



Фиг. 6. Блокова схема на структура захранвана ок СК и ГК

Батериите се използват като основна единица за съхранение на енергия в повечето електрически превозни средства за подобряване на икономията на гориво. За големи превозни средства със серийна топология, може да функционира като енергиен буфер за разпределяне на енергийните потоци. Въпреки голямата си енергийна плътност, тяхната специфична мощност е намалена и се предвиждат по-големи загуби по време на увеличаване на обмена на мощност, особено при регенеративно спиране и ускорение при различни цикли на движение. За сравнение суперкондензаторите имат много по-голяма специфична мощност и по-висока ефективност при зареждане / разреждане, въпреки по-ниската им енергийна плътност. Като допълнителен елемент за съхранение на енергия, суперкондензаторите предоставят изравняване на товара, което значително намалява търсенето на пикова мощност на батерията и честота на зареждане-разреждане. Следователно техният жизнен цикъл се удължава и размерът и теглото на блока за съхранение на енергия са значително намалени.

Постояннотоковият преобразувателят поддържа константно напрежение към постояннотоковата връзка на инвертора, докато напрежението на суперкондензатора има широк диапазон на вариации, за да максимално използване на своя енергиен капацитет.

На практика при синтеза на управление на силови електронни системи, предназначени

за управление на енергийни потоци в електрически транспортни средства намират приложение иновативни методи за управление, базирани на техники на изкуствения интелект. По този начин могат да се отработят както познати, така и прогнозираны смущения, които могат да бъдат определени на базата на събрани данни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представени са няколко силови структури на ЕТС спомагащи за изследването на различни работни режими: ускорение, движение с постоянна скорост и регенеративно спиране. Разглеждането на всяка подсистема изграждаща структурата на ЕТС, би спомогнала спомага за съставянето на по-детайлно описан модел системата.

БЛАГОДАРНОСТИ

"Работата е подкрепена от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на Оперативна програма "Наука и образование за интелигентен растеж 2014 - 2020" в рамките на проекта ЦВП "Национален център по мехатроника и чисти технологии" BG05M2OP001-1.001-0008".

REFERENCE

- [1] Frank, A. A., "Plug-in Hybrid Vehicles for a Sustainable Future", *American Scientist*, 95, 158-165, 2007, DOI: 10.1511/2007.64.158.
- [2] Parrilla, A. F., „Development of energy-optimal control strategies for a fully electric vehicle“, Department of Automatic Control Chalmers, University of Technology, Göteborg, Sweden
- [3] Koca, A., Oztop, H. F., Varol, Y., Koca, G.O., "Estimation of solar radiation using artificial neural networks with different input parameters for Mediterranean region of Anatolia in Turkey," *Expert Systems with Applications*.vol.38, no.7, pp.8756-8762, July 2011, DOI: 10.1016/j.eswa.2011.01.085.
- [4] Rahimi, A. M. and Emadi, A., "An Analytical Investigation of DC/DC Power Electronic Converters With Constant Power Loads in Vehicular Power Systems," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 58, pp. 2689-2702, 2009, DOI: 10.1109/TVT.2008.2010516.
- [5] Marma, A., Eidukas, D., Valinevičius, A., Žilys, M., "Intelligent Transportation Systems", *Elektronika ir Elektrotechnika*, Vol 56, No 7 (2004), <http://eejournal.ktu.lt/index.php/elt/article/view/10866>, DOI: 10.1109/MPRV.2006.77.

- [6] Nadeau, A., Hassanalieragh, M., Sharma, G., and Soyata, T., "Energy awareness for supercapacitors using Kalman filter state-of-charge tracking," *Journal of Power Sources*, vol. 296, pp. 383–391, 2015, DOI: 10.1016/j.jpowsour.2015.07.050.
- [7] Rubaai, A., Chouikha, M., Ofoli, A. and Kaddah, S., "Design of intelligent controllers for dc-dc converters in undergraduate engineering laboratory", *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, pp. 9.384.2-9.384.12.
- [8] Rufer, A., Hotellier, D., & Barrade, P., „A Supercapacitor-Based Energy-Storage Substation for Voltage - Compensation in Weak Transportation Networks”, *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 19, no. 2, April 2004, pp. 629-636.
- [9] Meyr, N. 2003. Design and development of the 2002 UC Davis Futuretruck. SAE Technical Paper 2003-01-1263. New York: Society of Automotive Engineers.
- [10] Safariand, A., Ardi H., "Sliding Mode Control of a Bidirectional Buck/Boost DC-DC Converter with Constant Switching Frequency", *Iranian Journal of Electrical and Electronic Engineering* 01(2018), pp. 69-84, DOI: 10.22068/IJEEE.14.1.69.
- [11] Schneuwly, A., „Charge ahead ultracapacitor technology and applications”, *IEE Power Engineer*, Volume: 19, Issue: 1, pp. 34 – 37, 2005, DOI: 10.1049/pe:20050107.
- [12] Jacobson, B. et al., "Vehicle Dynamics Group, Division of Vehicle and Autonomous Systems", Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology, 2015.
- [13] Chan, C. C., Bouscayrol, A., and Chen, K., "Electric, Hybrid, and Fuel-Cell Vehicles: Architectures and Modeling" *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 59, pp. 589-598, 2010, DOI: 10.1109/TVT.2009.2033605.
- [14] Mademlis, C. and Margaris, N., "Loss minimization in vector-controlled interior permanent-magnet synchronous motor drives," *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 49, pp. 1344-1347, 2002, DOI: 10.1109/TIE.2002.804990.