

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОГРАМИРУЕМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ХИБРИДНА ЗАХРАНВАЩА СИСТЕМА

Владимир Димитров, Георги Зашев, Димитър Арnaudов, Красимир Кишкин,  
*Технически университет – София, България*

## INVESTIGATION OF PROGRAMMABLE CONVERTERS IN HYBRID POWER SUPPLY SYSTEM

Vladimir Dimitrov, Georgi Zashev, Dimitar Arnaudov, Krasimir Kishkin,  
*Technical University of Sofia, Bulgaria*  
*dimitrov@tu-sofia.bg, georgi\_zashev\_@abv.bg, k.kishkin@abv.bg, dda@tu-sofia.bg,*

### Abstract

*A hybrid power system was investigated in the paper. The system consists of a fuel cell as the main energy storage element, a dc-dc converter that transfers its energy to a supercapacitor, and a second dc-dc converter that regulates the load voltage. The peculiarities of the system operation when using programmable power sources are investigated. The results of the study were confirmed by examining the operation of the converters in the experimental stand.*

**Keywords:** hybrid power supply, dc-dc converters, fuel cell.

### ВЪВЕДЕНИЕ

За използването на енергията получена от различни алтернативни източници се прилагат комплексни хранващи системи [1, 2, 3, 4]. В работата е предложена и изследвана комплексна хранваща система, имаща като източници на енергия горивна клетка [5, 6] и фотоволтаична система. Системата за съхранение на електрическа енергия е базирана на суперкондензатори. Предложената система е с възможност за бързо зареждане на Li-ion батерии. Като модул за съхранение на енергията е използвана Li-ion батерия от електровелосипед. За натрупването и отдаването на енергията се използват високоефективни електронни преобразуватели на ел. енергия. В работата е изследван и програмируем dc-dc преобразувател.

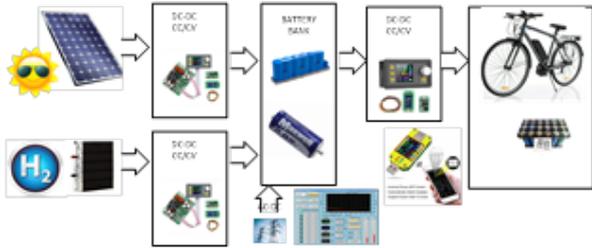
### СИСТЕМА ЗА СЪХРАНЕНИЕ НА ЕНЕРГИЯ

Разработен е експериментален стенд за изследване на система за съхранение на електрическа енергия базирана на li-ion

акумулаторни батерии и суперкондензаторни батерии. Преобразувателите в системата са избрани да бъдат високоефективни и с възможност за управление от приложение за мобилно устройство. Системата е гъвкава и позволява разширяване и включване на различни източници на енергия. Изследвани са схеми на електронни преобразуватели на електрическа енергия, предназначени за използване в системата и подобряващи нейните характеристики. Предложеното решение за система е подходящо за реализиране на бързи зарядни станции в различни локации с различни по тип възобновяеми и конвенционални източници на енергия.

На фиг. 1 е показана блокова схема на системата. За натрупване на енергия в суперкондензаторната банка от фотоволтаичната система и от горивната клетка се използват високоефективни синхронни повишаващи-понижаващи dc-dc преобразуватели. Тези преобразуватели са програмирани да работят в режим с константен ток (constant current – CC), а при достигане на максималното напрежение на суперконден-

заторната банка да преминава в режим на работа с константно напрежение (constant voltage – CV).

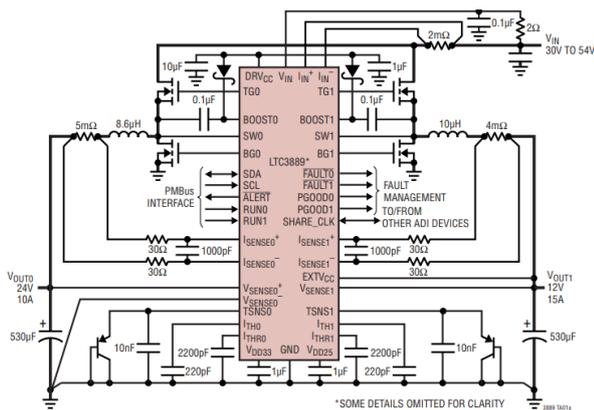


Фиг. 1. Блокова схема на комплексната система

За прехвърлянето на енергията от суперкондензаторната клетка в li-ion акумулаторна батерия, също се използва понижаващ-повишаващ преобразувател, програмиран да работи в режими CC и CV. Този преобразувател също може да бъде програмиран и от мобилно устройство.

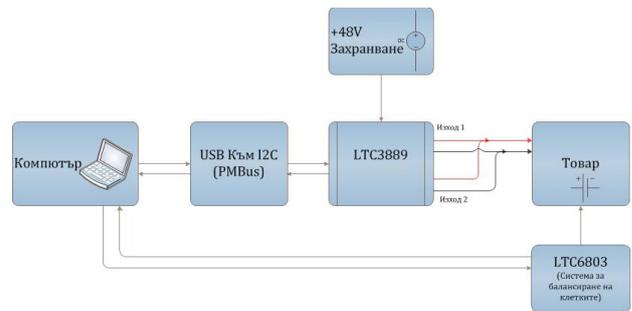
## ПРОГРАМИРУЕМ DC-DC ПРЕОБРАЗУВАТЕЛ

Проведени са експериментални и симулационни изследвания на синхронен повишаващ-понижаващ dc-dc преобразувател на базата на интегрална схема LTC3889 [7].



Фиг. 2. Синхронен преобразувател с LTC3889 [7]

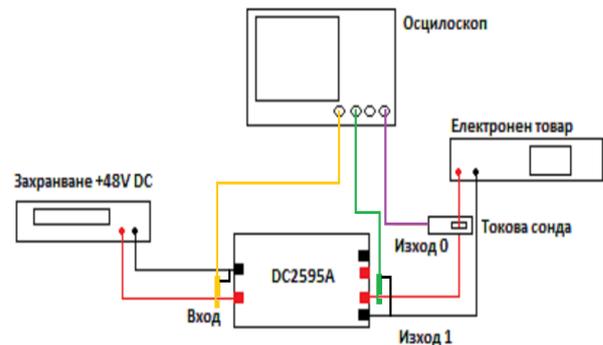
На фиг. 2 е показана схемата на двуфазен синхронен програмируем dc-dc преобразувател. За изследването на преобразувателя е използвана следната тестова постановка показана на фиг. 3.



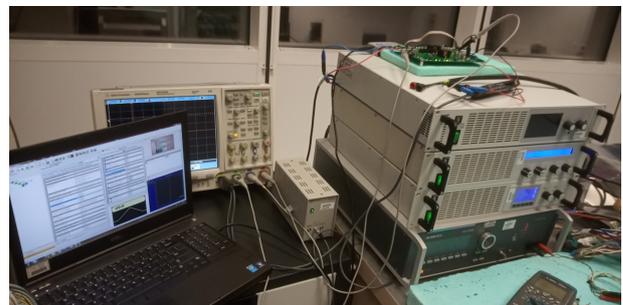
Фиг. 3. Тестова постановка за изследване и конфигуриране на програмируем dc-dc преобразувател

Конфигурирането и следенето на параметрите на преобразувателя се извършва чрез PMBus и специализиран софтуер LTpowerPlay [8, 9].

Експерименталното изследване на програмируемия модел е извършено по следната опитна постановка показана на фиг. 4 и фиг. 5.



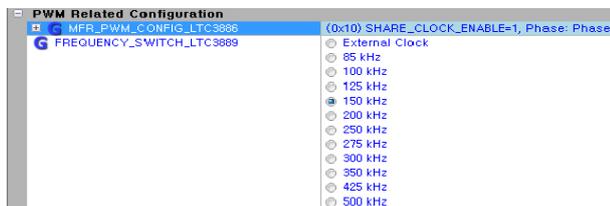
Фиг. 4. Блокова схема на тестова постановка за изследване на програмируем dc-dc преобразувател



Фиг. 5. Тестова постановка за изследване на програмируем dc-dc преобразувател

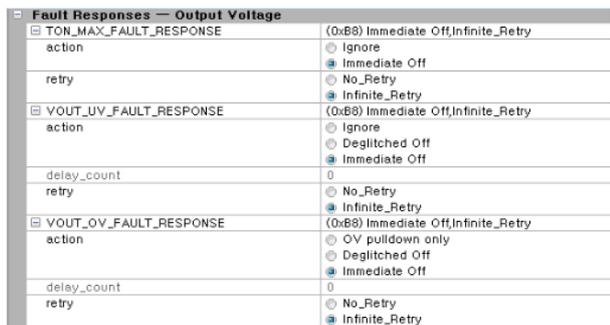
На фиг. 6 е показан екран от софтуерния пакет LTpowerPlay. В това меню се кон-

фигурира честотата на работа на преобразувателя и други параметри свързани с управлението на dc-dc преобразувателите.



Фиг. 6. Екран от менюта за конфигуриране

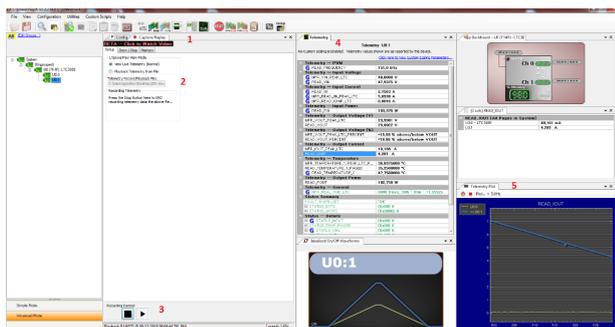
На фиг. 7 е показан екран от софтуерния пакет LTpowerPlay свързан с действията и индикациите на контролера при възникване на грешки свързани с изходното напрежение на преобразувателя.



Фиг. 7. Fault Responses- Output Voltages

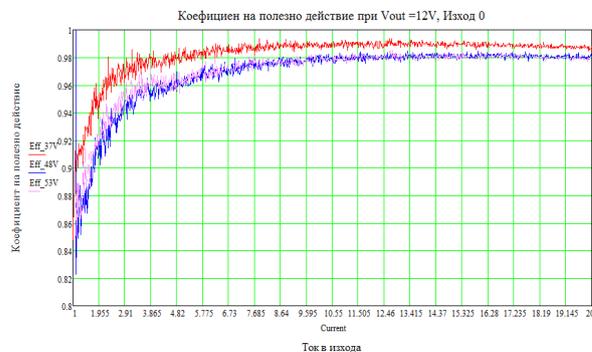
LTpowerPlay средата ни позволява да се следят някои от параметрите на контролера в реално време. Това става в прозорец “Telemetry”. Може да се избират параметрите на кой от каналите да се следи и визуализира.

На фиг. 8 е показан екран от LTpowerPlay, софтуерът ни позволява да записваме данните от теста в лог файл.



Фиг. 8. LTpowerPlay Capture

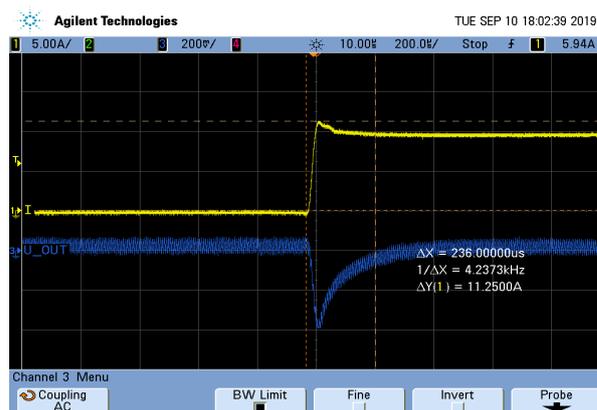
С помощта на тази функция и програмиране на електронния товар е променян тока в изхода е снета характеристиката за коефициента на полезно действие при три входни напрежения – 37V, 48V и 53V. Получените резултати са показани на фиг. 9.



Фиг. 9. Коефициент на полезно действие

От резултатите се вижда, че при промяна на товарния ток в диапазона 5-20A, коефициентът на полезно действие е над 98%.

Проведени са и изследвания при стъпална промяна на товарния ток от 10A на 20A. Промяната е реализирана чрез програмируемия електронен товар. Осцилограмата показваща промяната на товарния ток и напрежението в изхода е показана на фиг. 10.



Фиг. 10. Експериментални резултати

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Асемблирана е система за съхранение на енергия базирана на суперкондензаторна батерия и li-ion акумулаторна батерия. Изследвани са възможностите за използване на програмируеми „ин-

телигентни“ преобразуватели от постоянно в постоянно напрежение. С помощта на интерфейсите и протоколите за връзка с контролера управляващ dc-dc преобразувателите, могат да се задават софтуерни различни режими на работа в зависимост от нуждите на системите за съхранение на енергия, между които се осъществява обмен на енергии.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Изследването е извършено в рамките на проект “Интелигентни програмируеми храняващи източници” проект № 191ПР0011-03, финансиран от НИС при ТУ-София.

## REFERENCE

- [1] G. Dotelli, R. Ferrero, P. G. Stampino, S. Latorrata, and S. Toscani, “Supercapacitor Sizing for Fast Power Dips in a Hybrid Supercapacitor—PEM Fuel Cell System,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 65, no. 10, pp. 2196–2203, 2016.
- [2] A. Kuperman et al., “Supercapacitor Sizing Based on Desired Power and Energy Performance,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 29, no. 10, pp. 5399–5405, 2014.
- [3] J. Hawke, P. Enjeti, L. Palma and H. Sarma, “A modular fuel cell with hybrid energy storage,” 2011 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, Phoenix, AZ, 2011, pp. 2971–2976. doi: 10.1109/ECCE.2011.6064169.
- [4] Q. Li, X. Tang, X. Shi, H. Liu, Z. Li and J. Yan, “Demonstration and Application of AC/DC Hybrid Power Supply System in Building,” 2018 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2), Beijing, 2018, pp. 1–6., doi: 10.1109/EI2.2018.8582268
- [5] W. Li, “Modeling, Control and Simulation of a Small Photovoltaic Fuel Cell Hybrid Generation System,” 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, Wuhan, 2009, pp. 1–6. doi: 10.1109/CISE.2009.5364886
- [6] V. DIMITROV, P. PUNOV and D. ARNAUDOV, “Fuelcell power supply system – modelling and optimization,” 2019 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), Varna, Bulgaria, 2019, pp. 1–4. doi: 10.1109/ELMA.2019.8771519
- [7] „LTC3889“, <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/LTC3889.pdf>.
- [8] [www.ltpowerplay.com](http://www.ltpowerplay.com).
- [9] <https://www.analog.com/design-center/dc2595a>