

## **ХИБРИДНИ БАТЕРИИ ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛИ**

**Страхил Събев**

*Технически Университет Габрово, Габрово, България*  
*кореспондиращ автор: strahilsubev@gmail.com*

## **HYBRID BATTERIES FOR ELECTRIC CARS**

**Strahil Sabev**

*Technical University of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria*  
*Corresponding author: strahilsubev@gmail.com*

### **Abstract**

*A key challenge in EV development is creating efficient, long-lasting, and fast-charging batteries. Traditional lithium-ion (Li-ion) are mass produced due to their high energy density, but their limitations in charging speed, lifespan, and thermal stability have driven research into alternative solutions. One of the most modern innovations is the integration of supercapacitors into EV powertrain, creating hybrid energy storage systems. These EV supercapacitor-hybrid batteries aim to combine the best of both worlds: the high energy density of batteries and the fast charging and discharging capabilities of supercapacitors. We will take a look at the benefits of adding a Super Capacitor to a EV car.*

**Keywords:** Supercapacitor (SC), Hybrid Battery

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

С развитието на електромобилите и хибридните превозни средства възниква необходимостта от по-ефективни и дълготрайни енергийни системи. Основен компонент на тези автомобили са батериите, които съхраняват електрическата енергия. Една от новите технологии в тази област е използването на хибридни системи, съчетаващи традиционни акумулаторни батерии с суперкондензатори. Този доклад разглежда какво представляват тези хибридни батерии, какви са техните предимства и недостатъци и как се прилагат в автомобилите.

### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

Хибридната енергийна система комбинира литиево-йонни батерии с суперкондензатори с цел оптимизиране на енергийното управление на автомобилите. Тези две технологии се допълват взаимно, като всяка от тях компенсира слабостите на другата. Литиево-йонните

батерии имат висока енергийна плътност, което означава, че могат да съхраняват голямо количество енергия на малко пространство, но имат ограничена способност за бърза доставка на енергия и страдат от загуба на капацитет след определен брой цикли на зареждане. Суперкондензаторите, от друга страна, имат много висока скорост на зареждане и разреждане, но значително по-малка енергийна плътност.

#### **1. Принцип на работа**

Основната идея на хибридната система е да използва предимствата на всяка технология според специфичните нужди на автомобила по време на движение:

1. Суперкондензаторите се използват за краткосрочни задачи, които изискват бързо освобождаване на енергия, като:

o Ускорение на автомобила.

o Осигуряване на мощност за електронните системи в моментите на пикова консумация.

о Рекуперативно спиране (когато кинетичната енергия от спирането се превръща обратно в електрическа енергия).

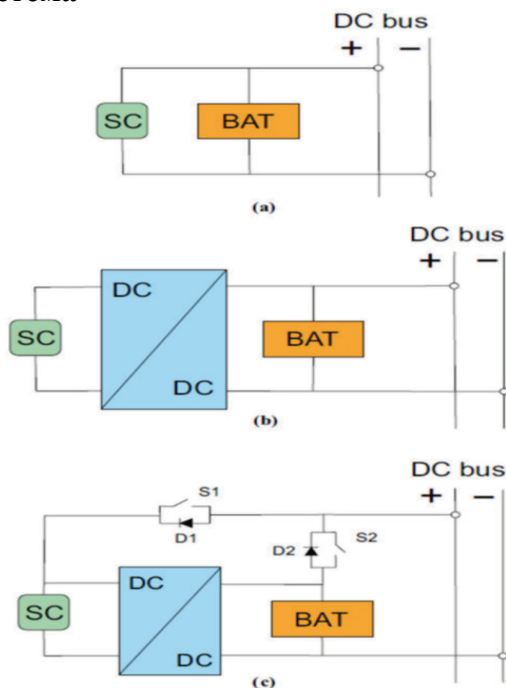
2. Батериите играят роля при по-дължителните операции, като:

о Съхраняване на големи количества енергия за по-дълги пътувания.

о Захранване на системата по време на нормално каране.

о Поддържане на базовата мощност на електрическото задвижване.

## 2. Архитектура на хибридната система



**Фиг. 1.** Топологии на хибридни батерии: а) Пасивна конфигурация б) Полу активна конфигурация в) Активна конфигурация

В зависимост от приложението, хибридните системи могат да бъдат паралелни, последователни или смесени.

1. Паралелна архитектура – В тази конфигурация батериите и суперкондензаторите са свързани успоредно и всяка от тях може да доставя енергия към двигателя според моментните нужди. Контролерът избира кое устройство да се използва въз основа на текущото търсене на енергия.

о Предимство: Едновременно използване на двете технологии за оптимално енергийно управление.

о Недостатък: По-сложна електроника и управление за синхронизиране на енергийния поток.

2. Последователна архитектура – В тази конфигурация енергията първо преминава през суперкондензатора, а след това към батерията. Суперкондензаторът осигурява енергия за кратки, интензивни задачи, а батерията осигурява дългосрочно захранване.

о Предимство: По-проста интеграция и по-малка сложност на системата.

о Недостатък: По-ниска гъвкавост при доставянето на енергия.

3. Смесена архитектура – Комбинира елементи на паралелната и последователната архитектура за по-сложен и адаптивен енергиен мениджмънт, който позволява едновременното или последователното използване на батерията и суперкондензатора според условията на шофиране.

## 3. Управление на енергията и оптимизация

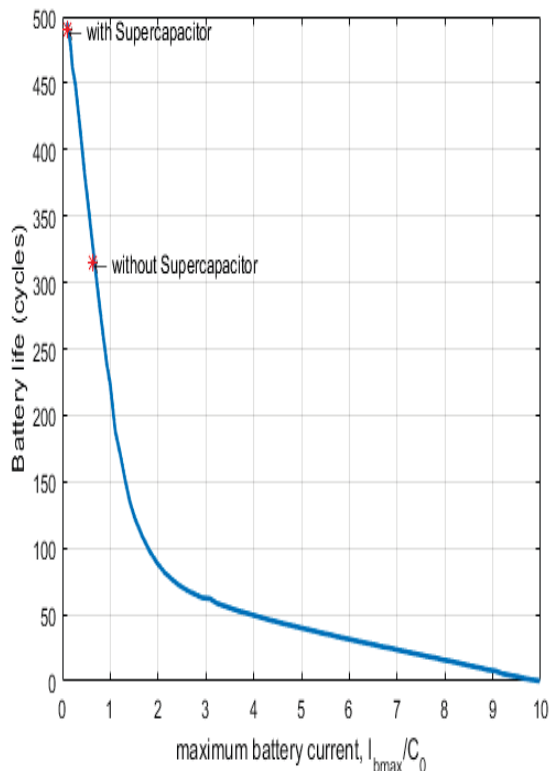
Ключов аспект на хибридните системи е управлението на енергията. В хибридните автомобили с батерии и суперкондензатори се използват интелигентни контролери, които решават коя част от системата да бъде активирана в даден момент:

- При ускорение: Контролерът може да превключи към суперкондензаторите, които могат бързо да освободят голямо количество енергия за кратко време. Това осигурява незабавен тласък на мощността, без да натоварва батерията.

- При спиране: Когато автомобилът използва рекуперативна система за спиране, енергията, която се събира, се съхранява в суперкондензаторите поради тяхната способност да се зареждат много бързо.

- По време на нормално каране: Батериите осигуряват постоянен поток от

енергия за задвижването на автомобила. В зависимост от нуждите на автомобила, системата може да комбинира хранването от батериите и суперкондензаторите за по-голяма ефективност.



**Фиг. 2** Животът на батерията като функция на максималния ток, където  $C_0$  е номиналният капацитет на батерията

#### 4. Теоретично добавяне на супер кондензатор към работещ тестов автомобил и резултати

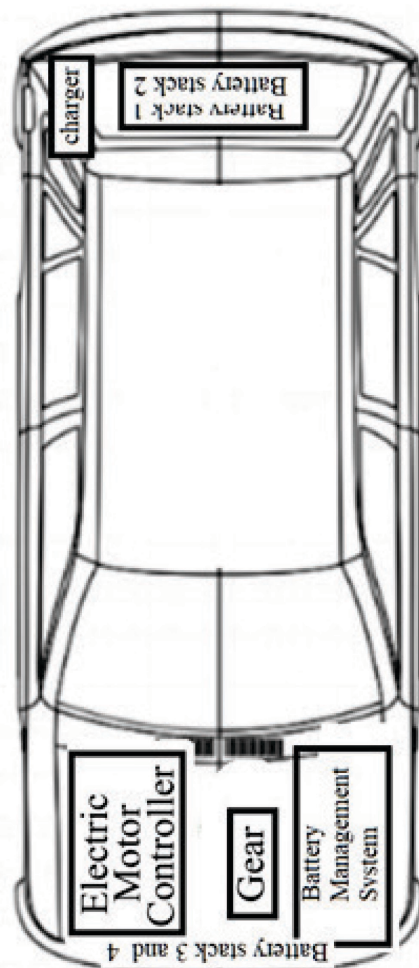
Тестовият автомобил Opel Corsa В преработен и сертифициран изцяло като електромобил.



**Фиг.3** Външен изглед на преустроенния автомобил Opel Corsa B.

По същество преустройството се състои в замяна на бензиновия агрегат с

електрически, като се запазват скоростната кутия и шасито. В допълнение към смяната на двигателя е необходим контролер на електродвигателя с управление на скоростта и защита на двигателя.



**Фиг.4** Схематичен изглед на разположението на компонентите на задвижването в преустроенния автомобил Opel Corsa B

Необходима е система за управление (BMS), която да контролира акумулатора. Схематичното оформление на отделните електрически задвижващи агрегати е показано на фигура 2.

За да се балансира теглото на автомобила върху двете оси, най-тежкият елемент - батерията - е разпределен на 2 места - в двигателния отсек и в багажното отделение.

Електрическият двигател е поставен под контролера за управлението му и е свързан механично с оригиналната скоростна кутия.

**Таблица 1** Електрически параметри за Opel Corsa B

Operating Voltage Range of the System(V)		121.5V~186.8V (144 V)
Nominal voltage(V)		162
Rated Energy (kWh ) 20±5°C,		16.2kWh
Rated capacity (Ah) 20±5°C,		100Ah
Temperature Range of the Working Environment (°C)		Charging-20~55 Discharging-20~55
Relative Humidity of the Working Environment		10%~95%
Storage temperature(°C)		-20~+55
Car maximum charging current(A)		≤50
Maximum continuous discharge current(A)		100A
Operating time under working condition	100A DC	Sustainable working
	300A DC	Allow continuous working hours not higher than 300s
	500A DC	Allow continuous working hours not higher than 10s
Charge retention		≥ 90% (Placing at Normal Temperature for One Month)
Creepage distance	Between high voltage connection terminals	≥55mm
	Between Live Parts and Electric Platform	≥30mm
Cooling model		Natural Cooling
Cabinet Size (mm) (Integrated)		795*454*348/695*554*348
Charging standard		Level 2 ( 240V, 50 Hz, 6 kW)

На базата на тези параметри се взема решение да се добави към системата супер кондензатор с максимален капацитет на отдаване, 250 А ток за 10 секунди. Той ще се зарежда и управлява от BMS модулт по алгоритъм съобразен с неговите характеристики. На следващата схема с червено са показани в кои режими има подобрене.

**Таблица 2** Електрически параметри с Супер Кондензатор за Opel Corsa B

Operating Voltage Range of the System(V)		121.5V~186.8V (144 V)
Nominal voltage(V)		162
Rated Energy (kWh ) 20±5°C,		16.2kWh

Rated capacity (Ah) 20±5°C,		100Ah
Temperature Range of the Working Environment (°C)		Charging-20~55 Discharging-20~55
Relative Humidity of the Working Environment		10%~95%
Storage temperature(°C)		-20~+55
Car maximum charging current(A)		≤50
Maximum continuous discharge current(A)		100A
Operating time under working condition	100A DC	Sustainable working or 25sec autonomy only on SC
	[50A(SC)+300(MB)]50s+300A DC 250s	Allow continuous working hours not higher than 300s (16.5% incrise for the first 50 sec)
	[250A (SC)+250A (MB)10s]+500A(MB) DC 5s	Allow continuous working hours not higher than 15s (50% incrise)
Charge retention		≥ 90% (Placing at Normal Temperature for One Month)
Creepage distance	Between high voltage connection terminals	≥55mm
	Between Live Parts and Electric Platform	≥30mm
Cooling model		Natural Cooling
Cabinet Size (mm) (Integrated)		795*454*348/695*554*348
Charging standard		Level 2 ( 240V, 50 Hz, 6 kW)

От таблицата се вижда че в средният ,300 амперов режим, има 16.5 % подобрене в първите 50 секунди. В режимът за максимално натоварване-500 амперов, имаме 50% удължаване на времето на ползване. Като може и да се настрое, да има 50% повече мощност за същото време. Това доста подобрява характеристиките на автомобилът при изкачване на стръмни наклони с товар, бързо ускоряване при различни маневри, по-безопасно и сигурно изпреварване. Като това влияе положително на капацитета на батерията. Суперкондензаторът дори изцяло може да замени батерията за около 30 секунди, при товар под 100 ампера.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хибридните системи, съчетаващи литиево-йонни батерии и суперкондензатори, представляват обещаваща технология за подобряване на ефективността, динамиката и дълготрайността на електрическите и хибридните автомобили. Те осигуряват бърза доставка на енергия при кратки задачи и по-дълъг живот на батериите, като по този начин намаляват общите разходи за поддръжка и увеличават ефективността на енергийното управление. Въпреки че все още съществуват предизвикателства, свързани с разходите и сложността, технологичният напредък и развитието на електромобилната индустрия предполагат, че хибридните системи ще играят ключова роля в бъдещето на транспорта.

От дадените примери става ясно, че има много ползи за мощностните характеристики и издръжливостта на литиево-йонната батерия, когато е съчетана с суперкондензатор. От това можем да направим изводи, че тази технология тепърва ще се развива и усъвършенства, което ще подобри електромобилът, като мощност и ефективност.

*Благодарности: Това изследване е финансирано от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект BG16RFPR002-1.014-0005 Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“.*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Research Article IET Energy Systems Integration eISSN 2516-8401
- [2] <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/15/5683>
- [3] International Journal For Technological Research In Engineering Volume 2, Issue 9, May-2015 ISSN (Online): 2347 – 4718
- [4] Energy Procedia 105 ( 2017 ) 2145 – 2150 ,ScienceDirect, The 8th International Conference on Applied Energy – ICAE2016
- [5] Description of the conversion process and results on the Opel Corsa with an internal combustion engine into an electric car) by Dobroslav Dankov, Nikolay Madjarov and Prodan Prodanov-Department of Electronics, Faculty of Electrical Engineering and Electronics Technical University of Gabrovo.