

## **СПЕЦИФИЧНИ ОСОБЕНОСТИ, ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЛИТИЙ-ФЕРОФОСФАТНИ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ**

**Диляна Мицева**  
[d.mitseva@abv.bg](mailto:d.mitseva@abv.bg)

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”  
гр. София, ул. „Гео Милев” 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** Акумулаторна батерия, електромобил, източник на електрическа енергия, електродвигател, литиевойонни, литиевополимерни, графен, литий, литиево титанатна, никел-метал-хидридна, оловнокиселинни, химически източник, заряд-разряд, автономно захранване, химични реакции, електролит.

**Резюме:** Акумулаторната батерия е един от основните елементи на електромобила. Тя е източник на електрическа енергия, необходима за захранване на електродвигателя (електродвигателите). Темата на доклада е изцяло насочена към литий-ферофосфатни  $\text{LiFePO}_4$  акумулаторни батерии, както и тенденциите за развитието им.

Електрическата батерия е химически източник на ток, чиято основна специфика е обратимостта на вътрешните химични процеси. Това осигурява многократното ѝ циклично използване (чрез заряд-разряд) за съхранение на енергия и автономно захранване на различни електрически устройства и оборудване, както и за осигуряване резервни източници на енергия в медицината, производството, транспорта и в други области.

В доклада, са представени основни данни за литий-ферофосфатни акумулаторни батерии и кратка история на изобретението. Разгледани са подробно с фигури и схеми устройството и принципът на действие, като са представени електрохимичната схема и химичните реакции, които описват зарядно-разрядния процес. Дадени са химичните съединения и елементи от които са съставени електролита и електродите, както и тяхното устройство. Представени са в табличен вид основните параметри за съответния акумулатор. Описани са предимствата и недостатъците му. С наличните данни може да бъде направена съпоставка между различните видове акумулаторни батерии.

### **Увод**

Литиевополимерната батерия (литиевойонна-полимерна батерия) (фиг.1 и 2) е с усъвършенстван дизайн и продължение на литиевойонната батерия. Опитите на учените да решат проблемите свързани с безопасността и високата цена на Li-ion батерия доведоха до появата на Li-pol батерии. Основната разлика в сравнение с Li-ion е в наименованието и се състои във **вида на използвания електролит**. Първоначално

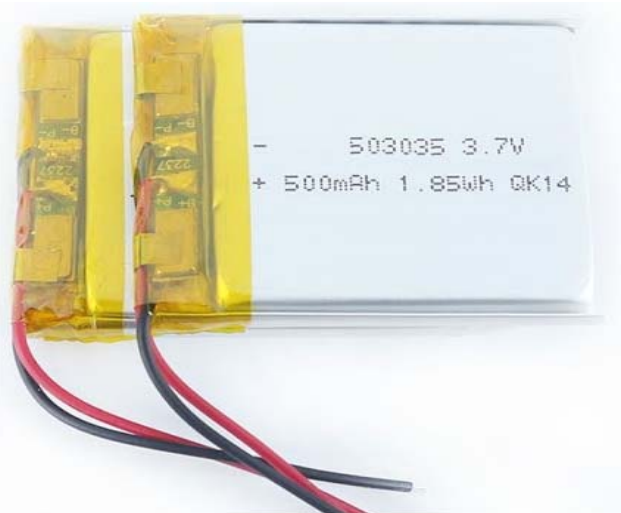
през 70-те години се използва сух твърд полимерен електролит, подобен на пластмасов филм, който не провежда електрически ток, но позволява обмен на йони (електрически заредени атоми или групи от атоми). Полимерният електролит всъщност замества традиционния порест сепаратор, импрегниран с електролит.

Литий-ферофосфатна (LiFePO<sub>4</sub>) е най-често използваната батерия при електромобилите. Нейните основни параметри са:

- специфична мощност 230W/kg;
- специфична енергия 80-100Wh/kg;
- енергийна плътност 90Wh/l;
- номинално напрежение на клетка 3,6 V;
- КПД 92 %;
- вътрешно съпротивление <1,5mΩ;
- саморазреждане <10% на месец;
- широк температурен диапазон °C;
- брой цикли ~2000;
- време за зареждане 2-3 h;
- Експлоатационен срок;
- Общото количество енергия, лв/kWh.

### История на изобретението

В началото на 90-те години, когато индустриалното използване на литиево-йонни батерии вече набира скорост, са разработени първите литиеви батерии под формата на пакети - литиево-полимерни батерии (обозначени „Li-Pol“ или „Li-Po“). По този начин литиевите полимерни батерии се превърнаха в по-късен тип литиево-йонна батерия. Но ако се използва течен електролит в литиево-йонни батерии, то в литиево-полимерните пакети това вече е полимерен състав, по консистенция на гела (фиг.3). Поради полимерната основа батериите от този тип имат по-висока специфична енергийна интензивност от другите. Именно поради тази причина днес литиево-полимерните батерии са особено широко внедрени в много мобилни устройства, където ниското тегло е изключително важно [1].



Фиг. 1. Литиево-йонна-полимерна батерия



Фиг. 2. Единичен елемент на литиево-йонна-полимерна батерия



Фиг. 3. Готов пакет на литиево-йонна-полимерна батерия

## Устройство

Типичната литиево-полимерна батерия (фиг.4) съдържа четири основни части в своя дизайн: положителен електрод, отрицателен електрод, сепаратор и електролит. Принципът на работа се основава на обратимото включване (интеркалиране и декалиране) на литиеви йони в материала на положителните и отрицателните електроди, докато електролитът служи като проводяща среда за литиеви йони, а тук е необходим микропорест сепаратор, за да не се допират противоположните електроди. Така сепараторът елиминира миграцията на



Фиг. 4. Типичната литиево-полимерна батерия



Фиг. 5. Електронна схема на защитната верига BMS

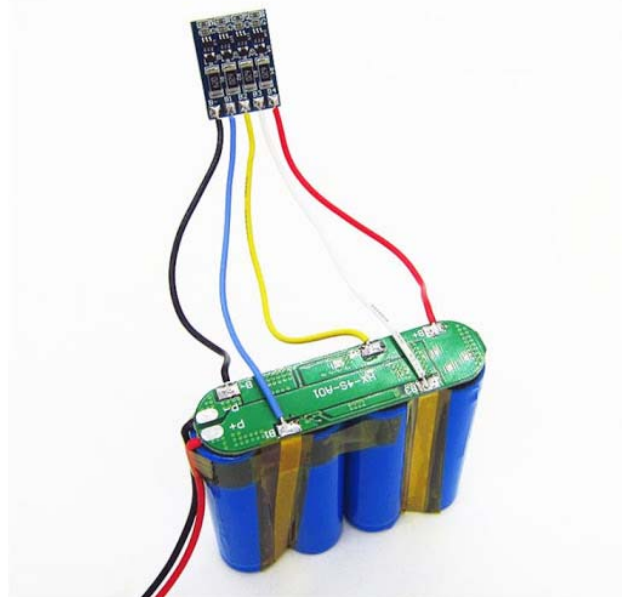
напрежения са посочени в документацията, като освен това всяка батерия трябва да бъде снабдена със защитна верига (BMS), която не позволява напрежението да надвишава допустимия диапазон (Фиг. 5). Ако клетките са сглобени в батерии след свързване последователно, е задължително да има балансиращ контролер, който да поддържа заряда на всяка клетка на приемливо ниво (фиг.6).

## Специфични основни параметри

- специфична мощност 300W/kg;
- специфична енергия 130-200Wh/kg;
- енергийна плътност 50-420Wh/l;
- номинално напрежение на клетка 3,7V;
- КПД %;
- вътрешно съпротивление 200-300mΩ;
- работна температура от 0°C до 60°C;
- брой цикли >1000;

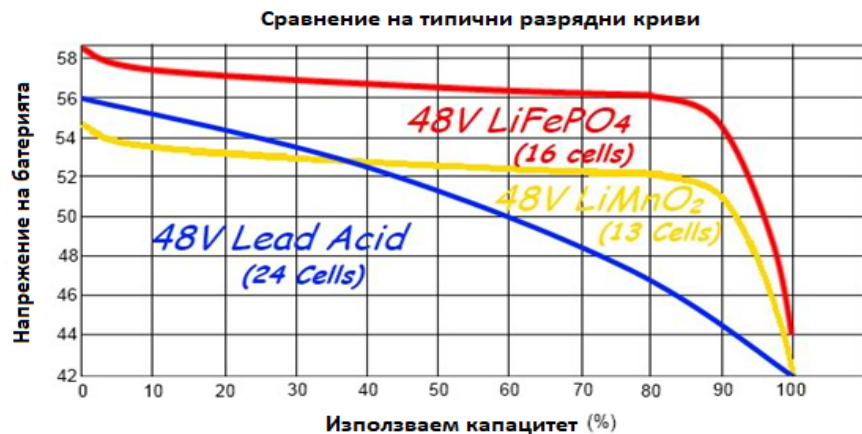
частици от самите електроди, преминавайки само литиеви йони. В разредено състояние напрежението между електродите е в диапазона от 2,7 до 3 волта, а в заредено състояние достига 4,2 волта (за литиево-кобалтов оксиден акумулатор).

За литиевия железен фосфат (вид литиево-йонна батерия) тези стойности ще бъдат различни - от 1,8 до 2,0 волта в разрядно състояние и от 3,6 до 3,8 волта в заредено състояние. За всяка батерия характеристичните стойности на работните



Фиг. 6. Балансиращ контролер

Графиката по-долу показва криви на зареждане за батерии от литий срещу обикновена запечатана оловна киселина. Забелязва се, че  $\text{LiFePO}_4$  не губи значително напрежение, докато не се използва 90% от нейния капацитет [3].



Фиг. 7. Графично представяне на кривите на разреждане на различни видове акумулаторни батерии

### Предимства

Литиево-полимерните батерии традиционно се различават от конвенционалните литиево-йонни батерии по гъвкава, а не в твърда рамка (форма). В резултат на това клетката не само се оказва с 20% по-лека, но и има огромно предимство, което е способността да се произведат батерии с почти всяка желана форма (за лаптопи, таблетки и други мобилни устройства, това е изключително важно). Нивото на саморазреждане на литиево-полимерни батерии е само около 5% на месец. Освен това риска от изтичане на електролит е силно намален. Употребата на твърди полимери, заместват вече запалимите течни електролити, което има голямо предимство за безопасност в случай на аварии при електромобилите и хибридните автомобили.

- Литиевите батерии нямат „ефекта на паметта”. Тоест не е нужно да чакате батерията да се разрежи напълно, за да я заредите наново. Този проблем се наблюдава при NiCd батерии [4], но е избегнат при NiMH батерии [5].
- Литиевите батерии са леки, което ги прави удобни за използване в мобилната индустрия (а вече и в автомобилостроенето)
- Литиевите батерии са с дълъг живот. Всяка литиева батерия е способна да издържи минимум 500 цикъла (разреждания и зареждания)

### Недостатъци

Основният недостатък на литий-полимерните батерии със сух твърд полимерен електролит е необходимостта им да работят в температурен интервал от 60°C до 100°C. Междувременно някои видове Li-полимерни батерии в момента се използват като резервни източници на енергия в горещ климат. Например, някои производители инсталират специално нагревателни елементи, които поддържат подходяща за батерията температура. За да се използват батериите при по ниска температура и да увеличат йонната проводимост, учените добавят определено количество гелообразен електролит. И повечето Li-полимерни батерии, използвани днес за мобилни телефони, всъщност са хибриди, защото съдържат гелообразен електролит. Би било по-правилно да ги наречем литиево-йонни полимери.



Фиг. 8. Литий-ферофосфатна  $\text{LiFePO}_4$  акумулаторна батерия на Тойота Приус.

## Приложение

Използват се в:

- мобилни телефони;
- цифрови технологии;
- радиоуправляеми модели;
- електромобили (фиг. 8 и 9);
- стационарни съоръжения (фиг. 10 и 11).

Литиевойонните батерии се използват често в потребителските електроуреди. Понастоящем те са един от най-популярните видове батерии при преносимите електронни устройства.

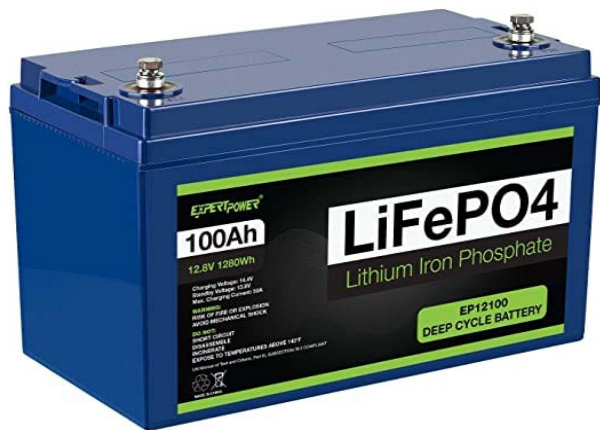
Литиевойонната презареждаща се батерия - тип електрически акумулатор, който е широко разпространен в съвременните потребителска електроника [2] и намира приложение като източник на енергия в електрически превозни средства и устройства за съхранение на енергия в електрически системи. Това е най-популярният тип батерия в устройства като мобилни телефони, лаптопи, цифрови фотоапарати, видеокамери и електрически автомобили [6, 7]. Досега повечето съвременни хибридни автомобили и електромобили използват никел-металхидридни (NiMH) акумулатори [5].



Фиг. 9. Литий-ферофосфатни LiFePO4 акумулаторна батерия за електромобил



Фиг. 10. Литий-ферофосфатна LiFePO4 акумулаторна батерия на фирмата „Варта“



Фиг. 11. Литий-ферофосфатна LiFePO4 акумулаторна батерия за обща употреба

През последните години производството на литий-йонните батерии се усъвършенства непрекъснато. Вече се въвеждат нови технологии при които се създават нови прототипи с по-добри характеристики по отношение на срок на служба, капацитет и безопасност. Търсят се начини за подобряване устойчивостта на акумулаторните батерии срещу възпламеняване при висока температура или удар чрез използване на заместители на кобалтовия окис, като литий-железен фосфат (LiFePO4), в комбинация на минимални количества с други метали.

## ЛИТЕРАТУРА:

[1] <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

[2] <https://www.amazon.com/ExpertPower-Rechargeable-2500-7000-lifetime-Applications/dp/B07X4Z8FML>

[3] <http://bg.smartnewenergy.com/info/sth-you-need-to-know-about-lifepo4-batteries-23911225.html>

[4] Мартин Златков, Ирена Божичкова - „Специфични особености параметри и

характеристики на никел-кадмиеви акумулаторни батерии “ - ВТУ Младежки Научен Форум „АЗ ЗНАМ И МОГА!”, ISSN 2367-6558 (print) Том 9, брой 1, 2020 г. Статия № 1932 X-1 X-5; ISSN 2367-6612 (online) <https://mtc-aj.com/article.1932.htm>

[5] Мартин Златков, Ирена Божичкова - „Специфични особености параметри и характеристики на никел-метал хидридни акумулаторни батерии“ - ВТУ Младежки Научен Форум „АЗ ЗНАМ И МОГА!”, ISSN 2367-6558 (print) Том 9, брой 1, 2020 г. Статия № 1933 X-7 X-10; ISSN 2367-6612 (online) <https://mtc-aj.com/library/1933.pdf>

[6] Н. Павлов, В. Димитров, Изследване на процеса на ускоряване на електромобил, V научна конференция с международно участие „КЕИТ 2020”, н. сп. „Механика, Транспорт, Комуникации“, ISSN 1312-3823, т. 18, бр. 3/2, ст.атия № 2030, 2020, стр. X-34 – X-39, 2020

[7] Н. Павлов, В. Димитров, Б. Гигов, Изследване на режимите на регенеративно спиране на малък електромобил, International Scientific Conference BulTrans 2020, Conference Proceedings, ISSN 1313-955X, pp. 113-119, 2020

## **SPECIFIC FEATURES, PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF LITHIUM FERROPHOSPHATE BATTERIES**

**Dilyana Mitseva**  
[d.mitseva@abv.bg](mailto:d.mitseva@abv.bg)

**Todor Kableshkov University of Transport  
Sofia, 158 Geo Milev Str.  
THE REPUBLIC OF BULGARIA**

**Key words:** *Rechargeable battery, electric car, power source, electric motor, lithium ion, lithium polymer, graphene, lithium, lithium titanate, lithium ferrophosphate, LiFePO<sub>4</sub>, nickel metal hydride, lead acid, chemical source, charge-discharge, autonomous power supply, chemical reactions, electrical.*

**Abstract:** *The rechargeable battery is one of the main elements of the electric car. It is a source of electricity needed to power the motor (s). The topic of the report is entirely focused on lithium ferrophosphate (LiFePO<sub>4</sub>) batteries, as well as trends in their development.*

*The electric battery is a chemical source of current, whose main specificity is the reversibility of internal chemical processes. This ensures its repeated cyclic use (by charge-discharge) for energy storage and autonomous power supply of various electrical devices and equipment, as well as for providing backup energy sources in medicine, manufacturing, transport and other fields.*

*The report presents basic data on lithium ferrophosphate batteries and a brief history of the invention. The device and the principle of operation are considered in detail with figures and diagrams, as the electrochemical scheme and the chemical reactions, which describe the charging-discharge process, are presented. The chemical compounds and elements of which the electrolyte and electrodes are composed, as well as their device are given. The main parameters for the respective battery are presented in tabular form. Its advantages and disadvantages are described. With the available data, a comparison can be made between the different types of batteries.*