МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com
ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 14, брой 1, 2025г.
статия № 2686

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛИТИЙ-ЖЕЛЯЗО-ФОСФАТНИ АКУМУЛАТОРНИ ЕЛЕМЕНТИ В СОЛАРНИТЕ СИСТЕМИ

Мартин Златков
dj_marti79@mail.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, София 1574
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

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

Резюме: *Акумулаторната батерия е важен елемент в соларната система с помощта на който тя придобива автономност и се превръща в алтернативен енергиен източник. Акумулаторната батерия отдава енергия за захранване на консуматорите през тъмната част от денонощието, а при наличие на слънце, натрупва запас от енергия за последващо оползотворяване.*

Темата на доклада е изцяло насочена към съвременните литий-желязо-фосфатни LiFePo4 акумулаторни елементи и начините за тяхното асемблиране в акумулаторна батерия с приложение в соларните системи.

Електрическата батерия е химически източник на ток, чиято основна специфика е обратимостта на вътрешните химични процеси. Това осигурява многократното й 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 транспорта, медицината, промишлеността, бита и други области.

В доклада, са представени новите методи за асемблиране на литий-желязо-фосфатни акумулаторни батерии и приложението им в соларните системи. Разгледани са подробно с фигури възможностите за асемблирането им, както и възможните комбинации за получаване на различен капацитет на батерията. Представени са в табличен вид основните параметри за съответния акумулатор. С наличните данни може да бъде направен избор на акумулаторен елемент за изграждане на батерия с различен капацитет, форма и големина.

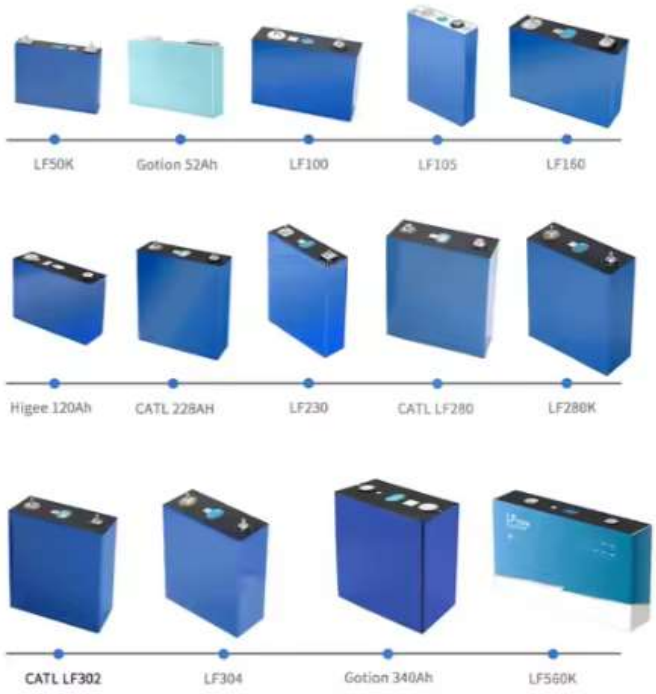
УВОД

Появата на съвременните литий-желязофосфатни (LiFePo4) елементи и техния най-голям представител с капацитет 560Ah [1] (фиг. 1) и (628Ah) [2] даде основание за направата на акумулатор с огромен капацитет. При напрежение от 3,2V единия акумулаторен елемент позволява съхранение на 2kWh енергия [2]. От съществено значение е заявения от производителя, живот на батерията в брой цикли, който възлиза

на 12000 цикъла. При работа в соларна система и извършване на един цикъл за денонощие, изчисления живот на батерията ще бъде:

(1) $t = \frac{12000}{365} = 32{,}8$ години

При такива параметри на акумулаторната батерия, използването и в соларна система [3][4] ще превърне този възобновяем енергиен източник в алтернативен, който може да замести конвенционалните.



Фиг. 1. Съвременни литий-желязо-фосфатни акумулаторни елементи

1. КАПАЦИТЕТ НА КЛЕТКАТА

LiFePo4 елементи се произвеждат с различен капацитет (фиг. 2) за да се постигне гъвкавост при асемблирането им в акумулатор.

Някои са обединени в една и съща група защото се касае за един и същ размер на клетката, а разликата в капацитета е от производствени толеранси и усъвършенстване. Това е групата от 280 до 314Ah, която всъщност е и най-разпространена. Клетки с различен капацитет са необходими за да могат да бъдат асемблирани батерии с различни капацитети.

2. АСЕМБЛИРАНЕ НА КЛЕТКИТЕ В БАТЕРИЯ

При соларните системи се използват основно батерии с напрежение 48V. Необходими са 16 LiFePo4 елемента (фиг. 3) с напрежение 3,2V за получаването на 51,2V, което съответства приблизително на 4 заредени и последователно свързани оловни акумулатора. Съвместимостта на нивата на напрежението е добро основание за безпроблемната замяна на остарелите оловни акумулатори с нови, съвременни LiFePo4. Силовите полюси (изводи) на клетката и на батерията се наричат „терминали“. Изводите на две съседни клетки се свързват посредством пластини с отвори (фиг. 3) и

специална извивка, която може да поеме движение от термично или линейно разширение за да се избегне механично напрежение.

Model	Nominal Voltage (V)	Capacity (Ah)	Standard Cycle (25℃)	Initial IR (1kHz)	Weight (g)	LengthxWidthxHeight (mm)
LF22K	3.22	22	4500 (0.5C/0.5C)	≤0.45mΩ	628±10	148×17×131
LF32	3.20	32	3500 (0.5C/0.5C)	≤1.5mΩ	730±50	148×26×94
LF50F	3.20	50	1500 (0.5C/0.5C)	≤2.0mΩ	1035±100	148×26×129
LF50K	3.20	50	7000 (1C/1C)	≤0.7mΩ	1595±50	135×29×185
LF80	3.20	80	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.5mΩ	1680±50	130×36×170
LF90K	3.20	90	6000 (1C/1C)	≤0.5mΩ	1994±100	130×36×200
LF100MA	3.20	101	2000 (0.5C/0.5C)	≤0.5mΩ	1920±100	160×50×118
LF100LA	3.20	102	5000 (0.5C/0.5C)	≤0.5mΩ	1985±100	160×50×118
LF105	3.20	105	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.3mΩ	1980±60	130×36×200
LF125	3.22	125	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.4mΩ	2390±71	200×33×172
LF150	3.22	150	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.4mΩ	2830±84	200×33×207
LF160	3.22	160	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.2mΩ	3000±100	173×53×153
LF173	3.22	173	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.2mΩ	3190±96	173×41×207
LF230	3.20	230	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.2mΩ	4140±124	173×53×207
LF280K	3.20	280	8000 (0.5C/0.5C)	≤0.2mΩ	5490±300	173×71×207
LF304	3.20	304	4000 (0.5C/0.5C)	≤0.1mΩ	5450±164	173×71×207
MB30	3.20	306	10000 (0.5C/0.5C)	≤0.1mΩ	5600±300	173×71×207
MB31	3.20	314	8000 (0.5C/0.5C)	≤0.1mΩ	5600±300	173×71×207
LF560K	3.20	628	8000 (0.5C/0.5C)	≤0.2mΩ	10700±300	72×352×207

Фиг. 2. Списък с параметри на клетките

Полюсът може да е с вътрешна или с външна резба. Външната резба представлява болт с плоска глава, която е точково заварена към пластината на полюса. Стяга се с динамометричен ключ с определено усилие, защото при презатягане има опасност да се откъсне или да се повреди терминала на клетката. Между клетките се поставят тънки полимерни пластини, а групите клетки се прикрепват с планки или се притягат леко с шпилки, тъй като е възможно да се раздуят в процеса на експлоатация.

Фиг. 3. Кутия с 4 дръжки изработена от стоманена ламарина

Фиг. 4. Кутия с пера за вграждане в рак-система

3. КОРПУС НА БАТЕРИЯТА

Кутията на батерията е изработена от стоманена ламарина и има четири дръжки за повдигане и пренасяне, тъй като общото тегло за 16 клетки 314Ah е около 100kg (фиг. 3). Отгоре има капак, а на предния панел са разположени терминалите за силовата верига на батерията, буксите [5] за комуникация (RG45)[5], шалтер за комутация и защита и информационен дисплеи [5] ако BMS-а предлага такъв (фиг. 3 и 5).

Кутията може да бъде пригодена за стенен монтаж, с колелца или изработена и с пера (фиг. 4) за вграждане в „рак“. Рак шкафа често се предлага с колелца за по-лесно преместване. Силовите връзки между терминалите на отделните модули са външни.
Освен че може да се закупи батерия готова за експлоатация е възможно да се закупи и само кутия (пълен комплект) [6] (фиг. 5 и 6), в която Вие сами да поставите и свържете LiFePo4 акумулаторни елементи. Освен комплектовани, елементите за асемблирането на батерията се продават и по отделно. Прави впечатление, че доста любители сглобяват собствени импровизирани кутии от ПДЧ или шперплатови плоскости, а най-важните елементи като: BMS, дисплей, терминали, планки за свързване между елементите и др., поръчват и закупуват отделно [7].

Фиг. 5. Разположение на акумулаторните елементи в кутията

Фиг. 6. Кутия пълен комплект за LiFePo4 акумулаторни елементи

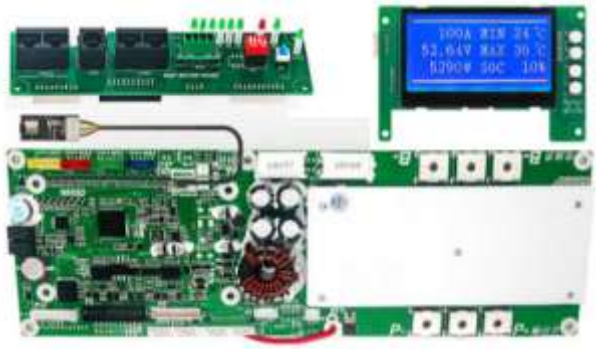
4. BMS

BMS - „Batery Menagement System“ или „Система за Управление на Батерията“ е важен модул, който гарантира правилната работа на батерията [8] (фиг. 7). В предната част на кутията е отделено специално място за него (фиг. 6). Той съвместава редица функции, важни за правилната работа и дълготрайна експлоатация на батерията, а именно:

- Защита от презареждане на клетките;
- Защита от преразреждане на клетките;
- Балансно зареждане на елементите (клетките) - всички клетки от пакета се зареждат до едно и също напрежение;
- температурна защита – заряда или разряда на батерията се прекратява, ако температурата ѝ достигне определен праг. Това се прави с цел защита на батерията от прегряване.

За целта има няколко температурни сензора, които се разполагат между елементите на батерията;

- Ограничава разрядния ток - автоматично прекъсва разряда на батерията, ако консумираният от нея ток надвиши максимално допустимата стойност. Тази функция всъщност реализира защита от късо съединение на изхода на платката на BMS-а, респективно на батерията.



Фиг. 7. BMS за 16 LiFePo4 акумулаторни

5. КАПАЦИТЕТ НА БАТЕРИЯТА

Различен капацитет на клетките позволява построяване на акумулаторни батерии (АБ) с различен капацитет (фиг. 8), съответно:

- 15,36 kWh е съставена от 16 елемента с капацитет 300Ah;
- 10,24 kWh е съставена от 16 елемента с капацитет 200Ah;
- 5,12 kWh е съставена от 16 елемента с капацитет 100Ah.

Чрез паралелно свързване на няколко АБ се получава батерия със значително голям капацитет от порядъка на 500-600 и повече Ah (фиг. 9) [9]. При напрежение на заредена батерия 51,2V, запасената енергия е:

(2) E = C . U = 600 . 51,2 = 30720, Wh

Фиг. 8. Кутии за акумулаторни батерии с различна големина на капацитета

Фиг. 9. АБ със значително голям капацитет

ИЗВОДИ:

Новите елементи са с по-добри параметри в сравнение с тези произведени преди 12-15 години. Асемблират се по-лесно в голяма акумулаторна батерия подходяща за соларна система или елекромобил.

Напрежението на клетката е подходящо за направа на голяма батерия, която да замени оловна такава със стандартно напрежение 12, 24 или 48V

Акумулаторния елемент LF304 е с 50 до 100 пъти по-голям от акумулаторния елемент 18650. Това дава възможност да бъде направена 400V акумулаторна батерия за електромобил само със 124 елемента.

Комбинацията между висока енергийна плътност, висока специфична мощност, голяма универсалност и няколко десетилетия експлоатационен срок превръщат новите LiFePo4 АБ, в отличен алтернативен енергиен източник. Комбинирани със соларни панели и вградени в електрическо превозно средство се превръщат в добро основание за частична или пълна енергийна и петролна независимост.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] https://www.alibaba.com/product-detail/2024-New-LF560K-lifepo4-EV-560Ah_1600916994432.html
[2] https://www.alibaba.com/product-detail/EVE-mb56-3-2v-628Ah-lifepo4_1601298073871.html
[3] Мицева Д., И. Божичкова, М. Томчева, И. Бешовишки – „Съвременни соларни панели изградени на базата на клетки от пълноразмерни силициеви пластини“ - Младежки Научен Форум „АЗ ЗНАМ И МОГА!” сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 12, бр. 1, 2023, ISSN 2367-6558 (print), ISSN 2367-6612 (online) статия №2351 https://mtc-aj.com/library/2351.pdf
[4] Мицева Д., И. Божичкова, М. Томчева, И. Бешовишки – „Съвременни соларни панели изградени от полуклетки“ - Младежки Научен Форум „АЗ ЗНАМ И МОГА!” сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 12, бр. 1, 2023, ISSN 2367-6558 (print), ISSN 2367-6612 (online), статия №2352 https://mtc-aj.com/library/2352.pdf
[5] Божичкова И., М. Златков – „Електроника и градивни елементи“ Издателство: „Печатница КРАКРА ЕООД“ 2024 г. ISBN 978-954-684-519-1

[6] https://www.alibaba.com/product-detail/Lithium-Ion-Battery-Pack-Box-24V_1600804182813.html
[7]https://www.facebook.com/photo/?fbid=3782520682038032&set=pcb.1461083658255367
[8] https://www.alibaba.com/product-detail/TDT-8-16S-lithium-battery-bms_1600950208402.html
[9] https://xzenergybattery.com/product/rack-battery-48v-51-2v-200ah-lithium-ion-lifepo4-battery-with-prismatic-cell/

APPLICATION OF LITHIUM-IRON-PHOSPHATE RECHARGABLE ELEMENTS IN SOLAR SYSTEMS

Martin Zlatkov
dj_marti79@mail.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, st. Geo Milev – 158
BULGARIA

Key words: *rechargeable battery, electric vehicle, electricity source, electric motor, lithium, lithiumopolymer, graphene, lithium, lithium titanate, nickel-metal-hydride, lead-acid, chemical, charge, chemical. Solar systems.*

Abstract: *The rechargeable battery is an important element in the solar system with the help of which it acquires autonomy and becomes an alternative energy source. The rechargeable battery gives energy to power consumers through the dark part of the day, and in the presence of sun, it accumulates a stock of energy for subsequent utilization.*

The theme of the report is entirely aimed at modern lithium-iron-phosphate LIFEPO4 rechargeable elements and the ways to assemble them in a rechargeable battery with application in solar systems.

An electric battery is a chemical source of electricity whose main specificity is the reversibility of internal chemical processes. This provides its repeated cyclical use (by charge-discharge) to store energy and autonomous power supply of various electrical devices and equipment, as well as to provide backup sources of energy in transport, medicine, industry, household and other areas.

The report presents the new methods for assembling lithium-iron-phosphate rechargeable batteries and their application in solar systems. The possibilities for assembling them, as well as the possible combinations for obtaining different battery capacity, are discussed in detail with figures. They are presented in the table form the main parameters for the respective battery. The available data can be selected for a battery to build a battery of different capacity and size.