

СПЕЦИФИЧНИ ОСОБЕНОСТИ, ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЛИТИЕВОТИТАНАТНИ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ

Ирена Божичкова, Мартин Златков, Мартина Томчева

mlenium_26@abv.bg dj_marti79@mail.bg martito_666@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 литиевотитанатните 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 литиевотитанатни 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 **зарядноразрядния** 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

Най-новата разработка на захранващи устройства на базата на литий са литиевите титанатни батерии, в които анодът е направен от литиев титанат – ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$). При оформянето на анода се използва нанотехнология, благодарение на която ефективната повърхностна площ на анода се е увеличила повече от 30 пъти.

Благодарение на увеличената повърхност, батериите на базата на литиев титанат позволяват високи токове на заряд и разряд, както и работа при ниски отрицателни температури [1].

Принцип на работа

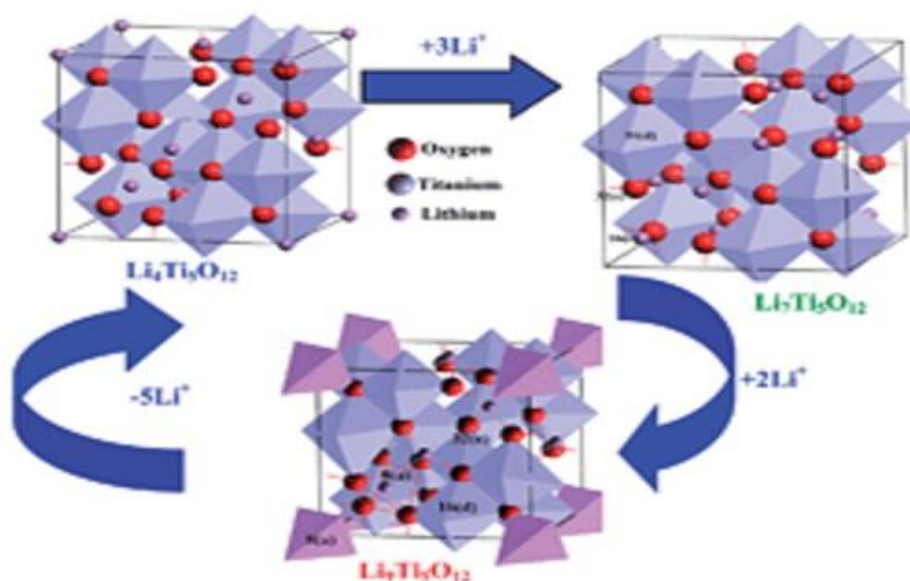
Батериите, направени по LTO технология, както често се наричат източници на токов литиев титанат, се различават от литиево-йонните по това, че вместо въглерод (графитен анод) се използва химично съединение на базата на литиев титанат. Специалната технология за нанасяне на ултра тънки слоеве (15 nm) титаниев оксид върху субстрата, последвано от отгряване при висока температура, позволява да се получи триизмерна структура с развити ултра малки кухини, които образуват огромна повърхностна площ. Поради тази характеристика става възможно химичните реакции да възникват между електролита и електродите не само в повърхностния слой, но и върху целия обем на материала.

Подобна структурна характеристика на анода дава следните предимства:

- увеличаване на плътността на тока и в резултат на това рязко намаляване на времето за зареждане;
- по-ниско вътрешно съпротивление, което позволява да се увеличи максималният пиков разряден ток;

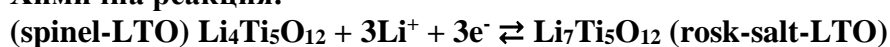
Химична реакция

Процесът на отглеждане на структурата е патентован, но нанокристалната структура на $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ е основата. Електрохимичната реакция, която възниква по време на процеса на зареждане може да бъде представена, както следва (фиг. 1.):



Фиг. 1. Химични процеси протичащи в литиевититанатната батерия

Химична реакция:



На практика за производството на LTO батерии (литиев титаниев оксид), $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ се приема за анод, а химическият елемент Co (кобалт) - LiCoO_2 се използва за катода.

Основни параметри

Повечето характеристики на литиево-титанатните батерии са по-добри от тези на по-старите видове източници на енергия [2]. По-специално трябва да бъдат изброени следните плюсови функции:

- разтоварващ ток - трикратно превишение на стойността на капацитета (3C);
- заряден ток - до 10C;
- вътрешно съпротивление $\approx 1 \text{ m}\Omega$;
- граница на температурата - 40°C ;
- саморазряд - 2 ... 5% на месец;
- броят цикли при заряден ток 3C - 10000;
- броят цикли при заряден ток 0,5C - 10 000 000;
- време за зареждане до 80% при ток от 10C - 1 до 10 минути;
- срок на годност - повече от 10 000 цикъла или повече от 10 години.

Недостатъци

Отрицателната страна на литиево-титанатните батерии е намалена стойност на работното напрежение - 2,4 V, което води до намаляване на специфичната енергия. Това налага увеличаване на броя на клетките, за да се получи необходимата стойност на напрежението.

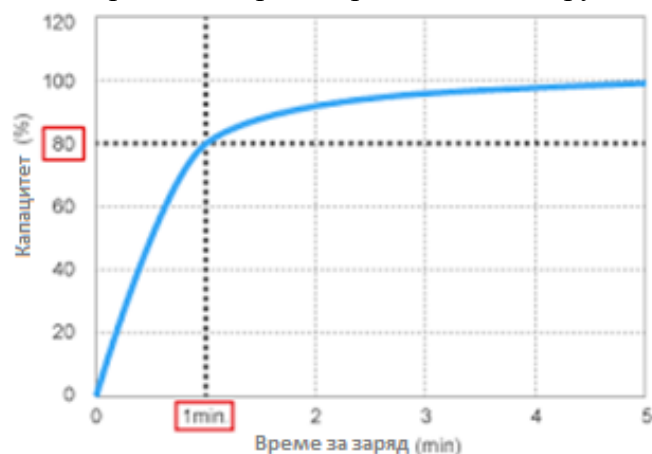
- работното напрежение - 2,4 V;
- по-ниска специфичната енергия (в сравнение с литиевойонните)
- висока цена;
- малък асортимент от модели.

Предимства

Високите енергийни характеристики на титанатните батерии (фиг. 2) им дават предимство, когато се използват, като енергийни източници в електрическите превозни средства. Способността за бързо зареждане им позволява да се опрости и направи по-ефективна системата за използване на регенеративна енергия.

Възстановяване (регенериране) в електрическия транспорт означава натрупаната от ускорение и движение кинетична енергия, да бъде преобразувана при намаляване на скоростта обратно в електрическа енергия, която се връща в акумулатора. При спиране или намаляване на скоростта, тяговият електродвигател, поради обратимост при електрическите машини започва да работи като генератор, който произвежда електроенергия, която се връща обратно в батерията. Тази система спомага да се увеличи продължителността на пътуването между интервалите на зареждане и повишава ефективността на спиране.

Възможността за избор на високи стойности на тока на зареждане от акумулатор има положителен ефект върху динамичните характеристики на електрическите превозни средства.



Фиг. 2. Графика показваща отношението на капацитета към времето за заряд на литиево-титанатната батерия

Също толкова добре, захранването с литиевотитанатна батерия може да се използва в хибридни превозни средства, в които електроцентралата включва конвенционален двигател с вътрешно горене и батерия с постоянен ток [3].

Този тип батерии са нова разработка, така че те се произвеждат от малък брой производители, които са концентрирали повечето от патентованите си решения. Признат лидер в проектирането и производството на литиеви титанатни батерии е японският концерн Toshiba.

➤ **Toshiba**

Развитието на концерна се произвежда под марката SCiB - Super Charge Ion Battery (ултрабързо зареждане с йонна батерия) (фиг. 3 и 4).

Основни характеристики:

- капацитет - от 2,9 до 23 A / h;
- време за зареждане от 1 до 6 минути;
- броят цикли на зареждане / разреждане - 20 000 - 40 000 с спад на капацитета не повече от 70% за най-лошия случай;
- температурен диапазон от +35 до -30 ° C;
- възможност за работа в буферен режим (плаващ заряд).

Трябва да се обърне внимание, че възможността за дългосрочна работа в буферния режим с постоянно зареждане от малки токове сравнява LTO батериите с литиево-йонните батерии, особено при непрекъснато захранване.

В резултат на подобренията на SCiB технологията, Toshiba разработи анодна структура на базата на титанови и ниобиеви оксиди. Батерия с такъв анод зарежда до 90% от капацитета за пет минути. По-ефективното прехвърляне и използване на литиеви йони почти удвоява специфичния капацитет на анода, което направи възможно намаляването на размерите на източниците при запазване на техническите характеристики и доближаването на специфичната енергия до енергията на литиево-полимерните батерии.

➤ **Altairnano**



Фиг. 3. Литиевотитанатна батерия на фирмата „TOSHIBA“



Фиг. 4. Литиевотитанатна батерия на фирмата „TOSHIBA“

Altairnano произвежда литиево-титанатни батерии по линията Nanosafe, като ги позиционира главно за електрически превозни средства. Сред производителите на електрически превозни средства, които използват тези батерии са Lightning Car Company (Lightning GT автомобил) Phoenix Motorcars, Protterra (за микробуса EcoRide BE35). Altairnano също инсталира своите батерии в системи за непрекъсваемо захранване и се предлагат за военната промишленост.

➤ **Leclanché**

Leclanché е швейцарски производител на батерии, основан през 1909 година. През 2006 г. компанията придобива немската компания Bullith AG за създаване на литиево-йонна производствена линия в Германия. През 2014 г. на пазара се появява продуктът TiBox с

литиев титанат за анод. Мощността на батерията на TiBox е 3,2 kW и може да издържи 20 000 цикъла на презареждане.

➤ **Seiko**

Seiko използва литиеви титанатни батерии в кинетичен часовник. Преди това те са използвали кондензатор за съхранение на енергия, но батерията позволява по-голям капацитет, по-дълъг живот и **лекота на ремонт**.

➤ **YABO**

YABO Power Technology пусна батерия на базата на литиев титанат през 2012 г. Стандартният модел батерии YB-LITE2344 2.4V / 15A × h се използва в електрически превозни средства и системи за съхранение на енергия.

Поради огромния си ресурс, свръхбързото си зареждане и възможността за работа при ниски температури, този тип батерии са обещаващи за използване в електрическите автомобили. Тази технология позволява да се инсталира батерия, която ще издържи по-дълго от самия автомобил и много автомобилни производители са поразени от това, тъй като увеличават живота на своите автомобили, намалявайки потребителския оборот.

В момента са известни само няколко производители. Освен това повечето от тях произвеждат ограничен брой модели. Това се дължи на сложността на технологията на производство на анода, базирана на литиев титанат. Надяваме се, че голямото търсене на енергийни източници с висока скорост на заряд ще принуди други производители да се справят с проблемите на производството. В резултат на конкурентоспособността на пазара, подобряването на технологията на производство, цената на батериите трябва да намалее, както беше в случая с литиево-йонните и литиево-полимерните батерии.

Приложение

Литиевотитанатните (фиг. 5) батерии са много изгодно използвани, освен при електромобилите и в алтернативната енергия, като съхранение на енергия, генерирана от слънчеви панели и ветрогенератори, поради високата ефективност на енергоспестяване от 96% и много ниското саморазреждане 0,02% на ден [4].



Фиг. 5. Литиевотитанатната батерия Yinelong

Днес литиевите титанатни батерии са доста рядък вид електрическа батерия, поради което малцина са чували за тях. Масовото разпространение обаче постепенно набира скорост и подобни продукти се използват широко в много отрасли. Основната цел на устройството за съхранение на електрическа енергия е използването в съвременни домакински уреди, електрически превозни средства, енергийни системи и др [4][5].

Използвана литература:

[1]<http://bg.linkagebattery.com/news/development-status-of-lithium-titanate-battery-24798921.html>

[2]<https://batteryzone.ru/accumulator/litij-titanatnye-akkumuljatory>

[3]https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80

[4]<https://technoluxpro.com/bg/akkumulyatory/batarei/lto.html>

[5]<http://bg.optimumnanorechargeableliionbatteries.com/news/analysis-of-lithium-titanate-battery-developme-10294928.html>

SPECIFIC FEATURES, PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF LITHIUM TITANIUM BATTERIES

Irena Bozhichkova, Martin Zlatkov, Martina Tomcheva

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

Keywords: *Rechargeable battery, electric car, power source, electric motor, lithium ion, lithium polymer, graphene, lithium, lithium titanate, lithium ferrophosphate, LiFePO₄, nickel metal hydride, lead acid, chemical source, charge-discharge, autonomous power supply, chemical reactions, electrical.*

Summary: *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 titanium 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 titanium 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.