

---

## **НОВИ ТЕХНОЛОГИИ НАМАЛЯВАЩИ ВРЕМЕТО ЗА ЗАРЕЖДАНЕ, УВЕЛИЧАВАЩИ КАПАЦИТЕТА И УДЪЛЖАВАЩИ ЖИВОТА НА ТЯГОВИТЕ АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ ЗА ЕЛЕКТРОМОБИЛИ**

**Красимир Кужев, Иван Миленов, Румен Стоицев**  
[office@printax.bg](mailto:office@printax.bg), [milenov55@abv.bg](mailto:milenov55@abv.bg), [eet@vtu.bg](mailto:eet@vtu.bg)

**ВТУ “Тодор Каблешков” София, 1574, ул. “Гео Милев” 158  
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** електромобил, видове батерии, акумулатори, тенденции в батериите.*

***Резюме:** В доклада са разгледани най-новите технологии за повишаване ефективността на тяговите акумулаторни батерии за електромобили. Това се постига както с подобряването на известни вече химически формули за изработване на анода, така и чрез нови технологии за композирането на батерията и внедряването на нови химични вещества и съединения. Особено внимание е обърнато на съкращаване времето на зареждане до няколко минути, увеличаване на капацитета, а оттам и пробега на електромобила. Показано е как чрез подобряването на тези два показателя се намалява деградацията на анода, а от там и удължаването на живота на батерията. Представени са батерии с нанокompозити, отгледани върху графен, батерии с добавен силиций с FLG ”греди” и такива с полимерни шайби, ограничаващи саморазрушаването на анода и нова технология на литиево-серни батерии, изградена от сложни литиево-йонни клъстери. Разгледана е батерия с променливо съпротивление, която при повишаване на температурата на долна критична стойност, повишава съпротивлението на електролита и ограничава тока до безопасно ниво. Ако се наложи, съпротивлението може да се увеличи до толкова, че да прекъсне процеса (заряд/разряд). След възстановяване на температурата до нормално ниво, проводимостта се възстановява без външна намеса.*

### **УВОД**

Проблемите свързани с работата на тяговите акумулаторни батерии следва да се свържат с все още началния етапи на широкото навлизане на електромобила. В настоящия доклад са разгледани някои от най-новите технологии намаляващи времето за зареждане, увеличаващи капацитета и удължаващи живота на тяговите акумулаторни батерии.

### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

Основният вид акумулаторна батерия, която се използва сега и вероятно ще се използва в близките години е: *батерия с основна съставка литий.*

**A/ Нови технологии за бързо /турбо/ зареждане на литиеви батерии [4, 6].**

Върху проблемите свързани с бързото зареждане на акумулаторните батерии се работи отдавна, но едва в последните години бяха постигнати значими положителни резултати. Пробивът може да бъде осъществен с хибридни материали или т. нар. нанокompозити – композитни материали, които съдържат наночастици. Вече е произведен композитен материал, който е особено подходящ за електроди в съществуващите литиеви батерии. Нанокompозитният материал може да помогне за значително увеличаване на капацитета за съхранение и удължаване живота на батериите, както и за скоростта на зареждането им. Литиево-йонните батерии са абсолютния „критерий“, когато става дума за енергия за мобилни телефони, таблети, електрически автомобили. Техният капацитет за съхранение и енергийната им плътност надминават тези на другите акумулаторни системи. Независимо от развитието на технологията обаче батериите за смартфони издържат едва около ден, а зареждането им е продължително – което е проблем и за електрическите автомобили. Затова учените работят по начини за подобряване на енергийната плътност и скоростта на зареждане на всички видове батерии.

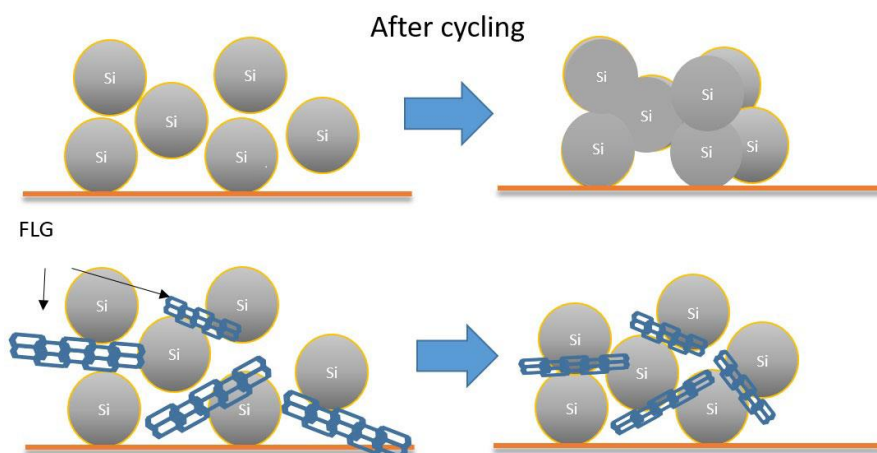
Важен фактор е анодният материал, по принцип анодите, базирани на калаен оксид, могат да постигнат много по-висок капацитет и следователно да съхраняват повече енергия от въглеродните аноди, които се използват понастоящем. За съжаление чистият калаен оксид показва много слаба стабилност на цикъла. Поради това капацитетът за съхранение бързо намалява и на практика подобни батерии могат да се зареждат само няколко пъти. Обемът на анода се променя при всеки цикъл на зареждане и разреждане, което води до разпадането му. Един от начините за справяне с този проблем са композитни материали, които съдържат наночастици. Вече е разработен материал, съдържащ наночастици от калаен оксид, обогатени с антимон, върху основен слой от графен. Графеновата основа подпомага структурната стабилност и проводимостта на материала. Частиците калаен оксид имат размер, по-малък от три нанометра и се „отглеждат“ директно върху графена. Малкият размер на частицата и добрият ѝ контакт с графеновия слой подобряват и неговата толерантност към промените в обема – литиевата клетка става по-стабилна и издържа по-дълго. Обогащването на наночастиците с антимон гарантира, че материалът е изключително проводим. Това прави анода много по-бърз, може да съхранява 1,5 пъти повече енергия само за минута, отколкото би било възможно с конвенционалните графитни аноди. Може дори да съхранява три пъти повече енергия при обичайното време за зареждане от един час. Подобни високи енергийни плътности преди се постигаха само с бавно зареждане. По-бързите цикли на зареждане винаги водят до бързо деградиране на батерията. Проведените изпитвания показват, че анодите покрити с антимон, могат да запазват около 77% от първоначалния си капацитет дори след 1000 цикъла на бързо зареждане и разреждане.

**Изводи:** *Нанокompозитните аноди могат да се произвеждат по лесен и рентабилен начин, а приложените концепции могат да се използват и за проектирането на други анодни материали за литиево-йонни батерии.*

#### **Б/ Технология с графенови „греди“ удвояващи живота на литий-йонните батерии [9, 10]**

Графитът е избран за активен материал за аноди в литиево-йонните батерии, но изследователите отдавна търсят начин да заменят графита със силиций, тъй като той е изобилно достъпен елемент с десет пъти по-голяма гравиметрична енергийна плътност от графита. За съжаление, силицият има няколко други проблеми, които продължават да ограничават търговската му експлоатация. Поради разширяването на обема му при литиране, силициевите частици могат да се агломерират електрохимично по начини, които възпрепятства по-нататъшното ефективно разреждане и зареждане с течение на

времето. Силицийт също не е достатъчно еластичен, за да се справи с напрежението на лития, когато се натоварва многократно, което води до крекинг, пулверизиране и бързо физическо разграждане на композитната микроструктура на анода. Това допринася значително за намаляването на капацитета, заедно с деградационните събития, които се появяват на катода. Най-нови изследвания, откриха и тестваха нова анодна смес от силиций и химически модифициран графен, който може да разреши тези проблеми и да създаде жизнеспособни литиево-йонни батерии от силициев анод. Тази смес би могла да бъде практически произведена в промишлен мащаб и без да се налага да се прибегва до наномасщабиране на силиций и свързаните с него проблеми.



**Фиг. 1.** FLG „гредите“ могат да се окажат много ефективни при запазване на степента на разделяне между силициевите частици при всеки цикъл на зареждане на акумулатора.

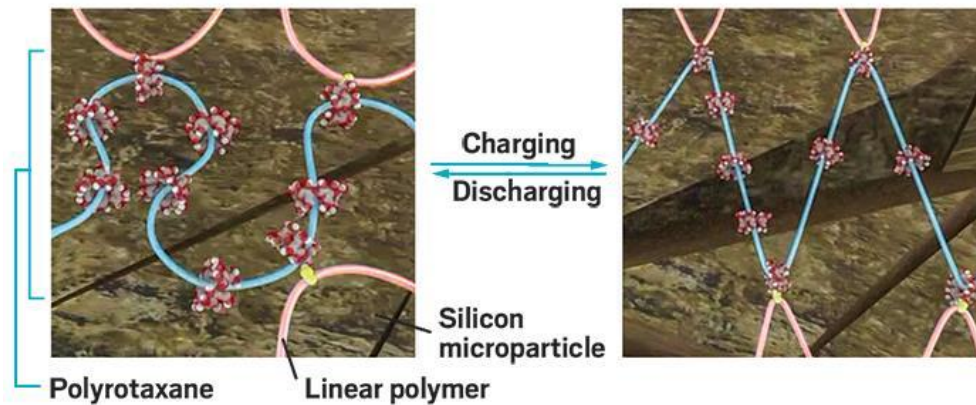
Графенът е единичен слой с дебелина един атом от минералния графит (алотроп от въглерод). Възможно е обаче да се отделят и манипулират няколко свързани слоеве (гредя) от графен, които дават материал, който изследователите наричат графен от няколко слоя (FLG). Предишно изследване е тествало използването на FLG с наноразмерни силиций, но това ново проучване установи, че FLG може също така драстично да подобри производителността на по-големи микронни силициеве частици, когато се използват в анода. Така че тази смес може значително да удължи живота на литиево-йонните батерии и да предложи повишена мощност.

Сместа се състои от 60% микро силициеве частици, 16% FLG, 14% натриева полиакрилова киселина и 10% въглеродни добавки. FLG се смесват в целия анод и действат като набор от силни, но относително еластични греди. Тези люспи (греди) от FLG увеличават еластичността на материала, като значително намаляват щетите, причинени от физическото раздуване на силиций по време на литирането. Графенът подобрява електрическата проводимост на анода и поддържа ниско съпротивление в структурата. По-важното е, че тези FLG греди също са много ефективни при запазване на степента на разделяне между силициевите частици. Всеки цикъл на зареждане на акумулатора увеличава вероятността силициевите частици да се заваряват електрохимично един към друг. Тази повишена агломерация (намалява чрез използването на FLG) ограничава достъпа на електролитите до всички частици в батерията и възпрепятства ефективното разпространение на литиевите йони, което на практика намалява живота на батерията.

#### **В/ Технология с полимерни „шайби“ подобряващи производителността на литиево-йонните батерии [2, 3]**

Разработена е уникална полимерна мрежа, направена от конвенционалната линейна полимерна полиакрилова киселина - ковалентно свързана с полиротаксани, съдържащи механични връзки. В полиротаксаните една аминокиселина функционализирана

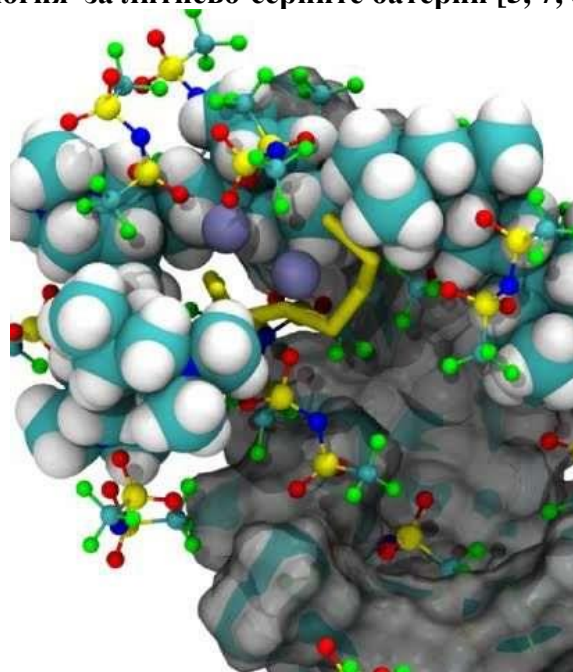
полиетиленгликолова верига се навива през редица циклодекстринови пръстени. По време на зареждането на батериите, тъй като силициевият анод се разширява, пръстените свободно се плъзгат по веригата, за да разсейват напрежението, като функционират като система от ролки. Изследванията показват, че се поддържа отлична еластичност, издържайки до около 400% разширение (колкото е максималното разширение на силиция).



Фиг. 2. Функционирането на полимерните шайби

Двете основни предимства от използването на тази полимерна мрежа са намаляване на разходите и обработваемостта. Изработени са аноди със силициеви микрочастици, които са по-евтини и се произвеждат в големи количества, отколкото по-малките и по-често изследвани силициеви наночастици. Също така новият полимер представлява само 10% от теглото на анода, в сравнение с 20% полимерно свързващо вещество, което обикновено се използва в силициевите аноди. В момента се преговаря с голям производител на акумулатори, за да се изпробва тази система в реални батерии.

#### Г/ Нова технология за литиево-серните батерии [5, 7, 8]



Фиг. 3. Образуване на сложни йонни кълъстери по време на цикъла на литиево-серната батерия. Кълъстерите се състоят от катионни полимерни свързващи вещества, акумулаторен електролит и анионни сярно-активни материали.

Литиево-серните батерии са обещаващи кандидати за замяна на обикновените литиево-йонни батерии в електрическите автомобили, тъй като те са по-евтини, тежат по-малко и могат да съхраняват почти двойно повече енергия при същата маса. Литиево-серните батерии обаче стават нестабилни с течение на времето, а електродите им се влошават, което ограничава широкото им използване. Новият компонент за литиево-серни батерии позволява удвояване на капацитета в сравнение с конвенционалната литиево-сярна батерия, прави повече от 200 цикъла на зареждане при високи плътности на тока, а това са ключови показатели за ефективността при тяхното използване в електромобили. Той действа като стена. Сярата се зарежда в порите на въглеродния гостоприемник, който след това се запечатва от полимера, тъй като сярата участва в химическите реакции на батериите, полимерът предотвратява отблъскването на отрицателно заредените серни съединения. Когато литиево-сярна батерия съхранява и освобождава енергия, химичната реакция произвежда подвижни молекули сяра, които се отделят от електрода, което води до разпадане и в крайна сметка до намаляване на капацитета на батерията с течение на времето. За да станат тези батерии по-стабилни, е разработен новият полимер, който действа заедно с компонентите на батериите (кльъстър), така той намалява отока и пукнатините на електрода.

#### **Д/ Технология за интелигентно регулиране на температурата и вътрешното съпротивление на батерията [1]**

Проблемът със загубата на топлина е съществено препятствие за създаването на батерии с по-висока енергийна плътност. Генерирането на много топлина при зареждане и разреждане, опасните условия, рискът от късо съединение - това са само някои от проблемите, които трябва да решат новите технологии. За да се разсее натрупаната топлина в батериите се използват различни решения –прекъсвачи, пламъкоподтискащи вещества и др. Тези подходи обаче осигурява само еднократна защита, при тях няма решение, което да възстанови първоначалното работно състояние на батерията, след спадане на температурата. Реверсивните сол-гелобразни преходни хидрогелове са интелигентният отговор на този проблем. Синтезиран е сол-гел преходен електролит, съдържащ поли (N-изопропилакриламид-коакрилова киселина) включен в акумулаторна с-ма  $Zn/a-MnO_2$ . След загряване над ниска критична температура започва процес на желиране в електролита и значително подтискане на миграцията на цинковите йони. Това води до намаляване на мощността и увеличаване на вътрешното съпротивление на батерията, като може да се стигне до спиране на процесите в батерията. След охлаждане веществото се връща в течно състояние и възстановява първоначалното си електрохимично действие. По-важното е, че за разлика от традиционните методи, сол-гел електролитът осигурява батерията с динамична скорост на заряд/разряд при различна температура, което позволява интелигентно термично управление на батерията. Тази разработка обещава разнообразни възможности за направа на самозащитаващи се батерии чрез реверсивен сол-гел преход.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

Литиево-йонната технология е в период на бурно развитие. Добавянето на графен, силиций, сяра и други материали подобряват значително показателите на батериите до нива, които скоро ще направят електромобилите силно конкурентни на конвенционалните автомобили (ценово, като пробег и време за зареждане).

### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Science Bulletin, 2018, doi: 10.1016/j.scib.2018.06.019, Chunyi Zhi, City University of Hong Kong.
- [2]. Сп. "Renewable Energy-Special Issue", September, 2018. 3. Сп. "Nature Nanotechnology" volume 13, 2018.
- [3]. Technews.bg. 21.06.2018г.
- [4]. Sum-lithiumbattery.com, Apr 04, 2018.
- [5]. Сп. "Science daily", June 11, 2018
- [6]. Сп. "Енерджи ревю", брой 3, 2018.
- [7]. Сп. "Nature Communications", 20.02.2015.
- [8]. Сп. "Scientific Reports", 23 January 2018.
- [9]. Сп. "Warwick", Jan 23, 2018.

## NEW TECHNOLOGIES THAT DECREASE BATTERY CHARGING TIME INCREASE CAPACITY AND INCREASE LIFE OF ELECTRIC VEHICLE TRACTION BATTERIES

**Krassimir Kuzhev, Ivan Milenov, Rumen Stoitsev**  
office@printax.bg, milenov55@abv.bg, eet@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,  
Geo Milev str. No 158, Sofia, (1574)  
BULGARIA*

**Key words:** *electric car, electric vehicle, types of traction batteries, car batteries, EVB, electric vehicle batteries, trends in battery development.*

**Abstract** *The paper discusses the newest technology for increasing the effectiveness of traction batteries for electric cars. It is achieved through the enhancement of already known chemical compositions used for the production of the anode, as well as through the introduction of new chemical substances and compounds. A significant accent is placed upon bringing down the battery charging time to several minutes. An increase in capacity, and thereafter the mileage. The improvement of these two parameters is shown to decrease the anode degradation and therefore increase battery life. The paper discusses batteries that use graphene-based nanocomposites, batteries using silicon and FLG girders and batteries using polymer rings and a new technology for lithium-sulfur batteries built of complex lithium-ion clusters. The battery uses variable resistance, which increases the electrolyte resistance when the battery reaches the lower levels of the critical temperature range and limits the current to safe levels. If necessary the resistance can be increased to interrupt the process (charge/discharge). After restoring the temperature to normal levels, the conductivity is restored without external interference.*