



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО  
СКОПЈЕ**



**МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ-СКОПЈЕ  
ПРВ ЦИКЛУС ЧЕТИРИГОДИШНИ СТУДИИ**

**ИЛИЈА ДИМИТРИЕВ**

**БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ НА БАТЕРИИТЕ  
ПРИМЕНЕТИ ЗА ПОГОН НА ВОЗИЛА СО ПОСЕБЕН  
ОСВРТ НА ЛИТИУМ – ЈОНСКИТЕ БАТЕРИИ**

**ДИПЛОМСКА РАБОТА**

**СКОПЈЕ, 2018**

**Ментор:**

Проф. д-р Милан Косевски

Машински факултет – Скопје

**Членови на комисијата:**

Проф. д-р Милан Косевски

Проф. д-р Дарко Данев

Проф. д-р Игор Ѓурков

**Дата на одбрана:**

**28.09.2018**

ТЕХНИЧКИ НАУКИ - МАШИНСТВО

**ИЛИЈА ДИМИТРИЕВ**

## **БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ НА БАТЕРИИТЕ ПРИМЕНЕТИ ЗА ПОГОН НА ВОЗИЛА СО ПОСЕБЕН ОСВРТ НА ЛИТИУМ – ЈОНСКИТЕ БАТЕРИИ**

### **Апстракт:**

Овој дипломски труд ги опишува алтернативните возила кој користат батерии за електричен погон на возилата.

Целта на овој труд е презентирање на видовите батерии кои се користат кај возилата кој користат електричен погон со посебен осврт на литиум – јонските батерии.

Исто така е опишана безбедносните аспекти на батериите како што се олово – киселинските батерии, батериите на база на никел, литиум – јонските батерии т.е можноста за надворешен и внатрешен краток спој, неисправности на ќелиите како и стандардите за обезбедување на безбедноста на батериите.

### **Клучни зборови:**

возила кои користат електричен погон, безбедност на батериите, олово – киселински батерии, батерии на база на никел, литиум – јонски батерии

**ILIJA DIMITRIEV**

**SAFETY ASPECTS OF BATTERIES APPLICABLE TO THE POWER OF VEHICLES WITH SPECIAL REVIEW OF LITHIUM - ION BATTERIES**

**Abstract:**

This graduate paper is describing the alternatives vehicles that are using batteries for electrical drive.

The purpose of this paper is presenting of the types of batteries which are used in the vehicles that are using electrical propulsion with special review on the lithium ion batteries

Also is presented a security when we use batteries such an lead acid batteries, nickel based batteries, lithium – ion batteries in other words the possibility for external short circuit, internal short circuit, damaged cell, as well as standards for provide security battery.

**Key words:**

Vehicles that are using electrical propulsion, safety of the batteries, lead acid batteries, nickel based batteries, lithium ion batteries.

## Содржина

1. Вовед .....	7
2. Општо за возилата кои користат батерии за електричен погон.....	8
2.1 Соларни возила.....	8
2.2 Електрични возила.....	10
2.3 Хибридни возила.....	11
3. Општо за батериите.....	12
4. Основни видови батерии кои се користат кај возила кои користат електричен погон.....	15
4.1 Оловно киселински батерии.....	15
4.2 Батерии на база на никел.....	17
4.2.1 Никел – железни батерии.....	17
4.2.2 Никел – кадмиум батерии.....	18
4.2.3 Никел – метал – хидрид батерии.....	19
4.3 Литиумски батерии.....	20
4.3.1 Литиум – полимер батерии.....	21
4.3.2 Литиум – јонски батерии.....	21
5. Безбедноста на литиум јонските батерии.....	25
6. Причини поради кои доаѓа до зголемување на температурата кај литиум – јонските батерии.....	26
6.1 Надворешен краток спој.....	27
6.2 Внатрешен краток спој.....	28
6.2.1 Метални загадувачи.....	30
6.2.2 Неисправности на ќелиите.....	30
6.2.3 Алгоритам за полнење на батериите.....	31

6.3 Прекумерно полнење на батеријата (пренапон).....	31
6.4 Прекумерно празнење на литиум – јонските батерии.....	32
6.5 Складирање и полнење при високи температури.....	33
7. Безбедносни електрични кола кај литиум – јонските батерии.....	33
8. Применливи стандарди и протоколи за тестирање за зголемување на безбедноста.....	36
8.1 Електрични тестови.....	37
8.2 Механички тестови.....	37
8.3 Тестови за животна средина.....	38
9. Немили настани (инциденти) кои се забележани кај возила кои користат електричен погон.....	38
10. Заклучок.....	41
11. Користена литература.....	42

## 1. Вовед

Во последните неколку децении луѓето стануваат се посвесни за иднината на планетата земја. И покрај тоа што автомобилите претставуваат интегрален дел од секојдневното живеење, тие претставуваат и едни од основните загадувачи на околината бидејќи издувната емисија од моторите со внатрешно согорување се вбројува меѓу главните виновници кои го предизвикуваат ефектот на стаклена градина и доведуваат до глобално затоплување. Поради тоа започнато е со производство на возила кои се алтернатива на конвенционалните возила со МСВС и се нарекуваат алтернативни возила. Такви возила се електричните и хибридните возила.

Електричните возила за прв пат се појавиле во средината на 19 век, кога електричната енергија била меѓу посакуваните методи за погон на возилата, пружајќи поголема удобност и едноставност кои не можеле да се замислат кај возилата со МСВС. Сега повеќе од 100 години моторите со внатрешно согорување се главно погонско средство кај возилата. Високите цени на батериите често се сметаат за еден од главните фактори за ограничување на електричните возила. Во денешно време многу произведувачи на батерии и електрични возила низ целиот свет трошат големи средства за истражување и развој со што би се намалила нивната цена и би се зголемила нивната продажба.

За батериите кои се користат кај електричните возила сметаме дека го достигнала крајот на својот работен век кога таа повеќе не е во можност да осигура 80% енергија која е потребна за нормално движење или 80% од својата максимална моќност при забрзување на возилото. За хибридните возила работниот век на батеријата завршува кога ќе падне под 23% од својата моќност. Постојат повеќе типови на батерии кои се користеле од почетокот до денес.

## 2. Општо за возилата кои користат батерии за електричен погон

Како изразито прифатлив обновлив извор на енергија, сончевата енергија во блиска иднина би можела да стане носител на еколошки енергетски развој. Поради големата искористеност на сончевата енергија, интензивно се истражуваат нови постапки и процеси за претворање на сончевата енергија во електрична, топлинска или енергија за ладење.

Доколку ја земеме во обзир цената на горивата, а и големите осцилации во цената на нафтата која се почесто расте, искористувањето на изворите на фосилни горива, потоа се поригорозните еколошки закони и прописи, може да се заклучи дека возилата кои се погонуваат на електрична енергија претставуваат иднина во светот на возилата. Такви возила се соларните возила, електричните возила и хибридните возила.

### 2.1 Соларни возила

Соларно возило (слика 1) е вид на електрично возило, кое соларната енергија ја користи за погон на електромоторот. Соларното возило користи фотонапонски панели за претворање на сончевата енергија во електрична енергија. Фото напонските панели, кои вообичаено се сместени на кровот од возилото, служат како директна енергија за погон на електромоторот или како енергија за полнење на батеријата кои го погонуваат електромоторите на возилото. Најчеста употреба на соларните автомобили е за истражувачки цели или за трки на соларни автомобили. Најзначајна трка на соларни автомобили е трката World Solar Challenge преку цела Австралија.





Слика 1. Соларно возило

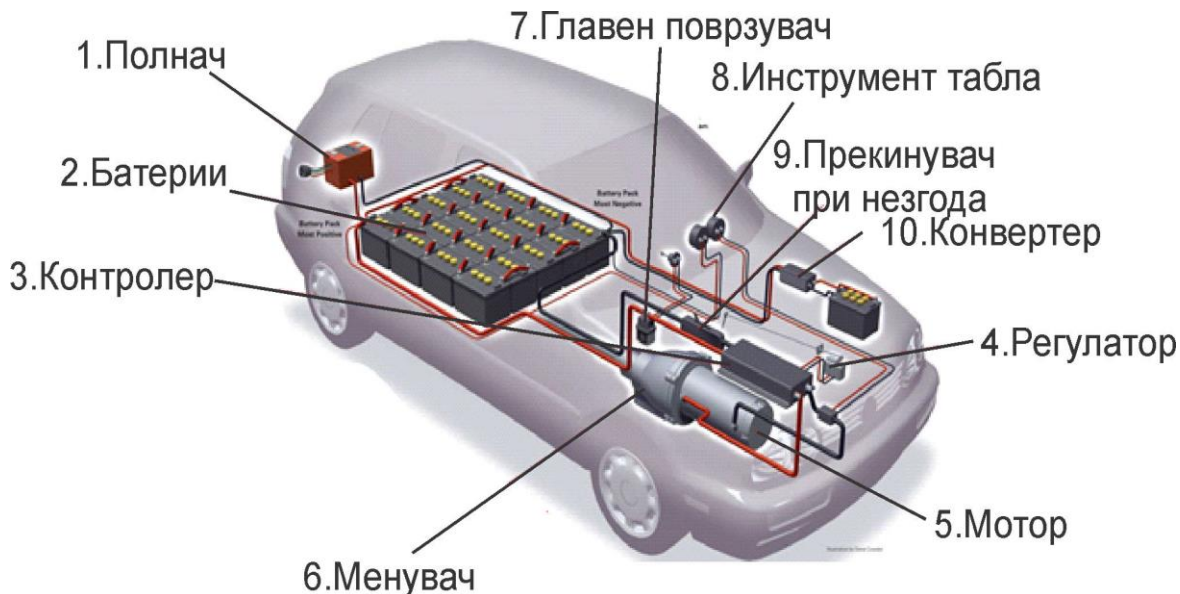
Соларните автомобили се развиени во последните 20 години, а се погонувани од соларна енергија т.е енергија од сонцето. Иако моментално не се практични или комфорни во поглед на начинот на превоз, во блиска иднина би можеле да имаат голема улога во намалување на зависноста од фосилните горива и намалување на штетните компоненти кои и наштетуваат на околината. Соларно возило може да работи само кога сонцето свети, иако поголем број од овие возила имаат резервни батерии. Електрична енергија се складира во батериите кога имаме доволно сончево зрачење, а кога зрачењето е намалено се користи енергијата која е складирана во батериите. Батерите обично се никел – метал - хидрид, никел - кадмиум, литиум – јонски или литиум полимер батерии.

Вообичаените оловни батерии кои ги користиме во конвенционалните автомобили не се применуваат кај соларните автомобили поради својата голема маса.

Соларните автомобили комбинираат повеќе технологии кои се користат во зракопловството, индустријата за велосипеди, индустрија која користи алтернативна енергија и во автомобилската индустрија. Дизајнот на соларните автомобили е строго ограничен со количината на енергија која се користи за погон, сместувашето на батериите и соларните панели.

## 2.2 Електрични возила

Електричните возила (слика 2) се движат со помош на електрична машина или повеќе електрични машини користејќи електрична енергија која е складирана во батерии или во други уреди за складирање енергија. Најголема разлика помеѓу електрично возило и ковенционално возило со мотор со внатрешно согорување е во погонскиот состав. Наместо мотор со внатрешно согорување и класичен резервоар за гориво, електричните возила се опремени со електрични машини и батерии. Денес постојат батерии кои имаат капацитет за складирање на електрична енергија која е доволно да ги покрие дневните потреби за движење на возилото за една особа. Светските производители на електрични батерии најавуваат интензивно зголемување на капацитетите на батериите во блиска иднина па може да се очекува движење и до 350 km со едно полнење на батериите. Очекуваното траење на една батерија се проценува на околу 7 – 10 години.



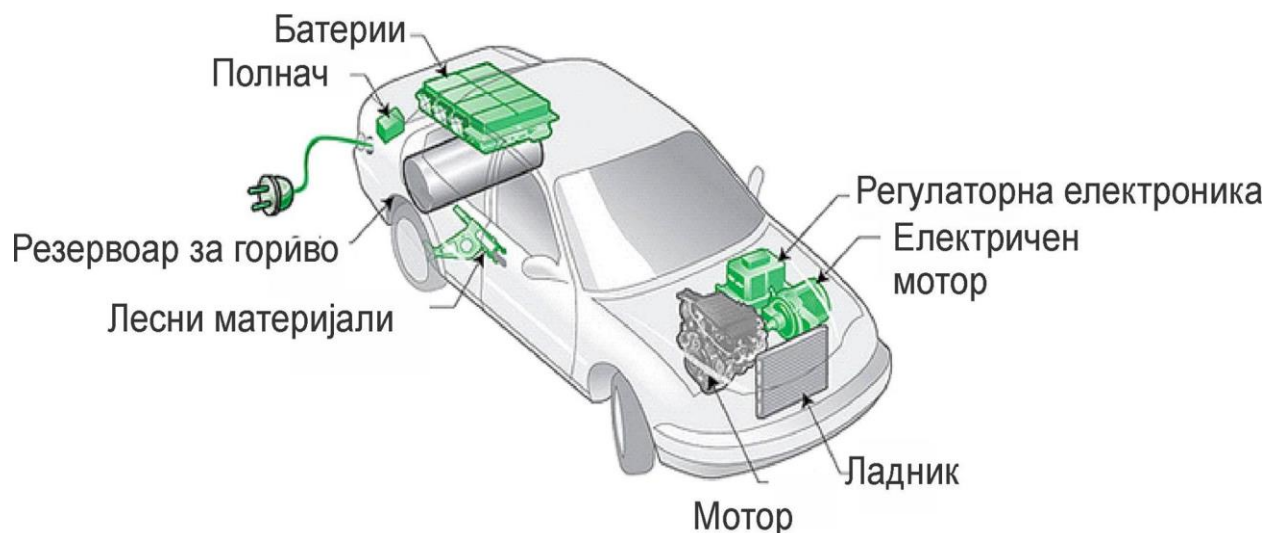
Слика 2. Електрично возило и неговите главни составни компоненти

Електричните возила генерираат многу пониски емисии на CO<sub>2</sub> и други штетни компоненти за разлика од конвенционалните возила. Електричните автомобили биле популарни кон крајот на 19 и почетокот на 20 век, додека унапредувањето на моторите со внатрешно согорување и масовното производство на поефтини возила кои се погонувани со мотор со внатрешно согорување довело до намалување на користењето на возилата со електричен погон. Енергетските кризи во 1970 и 1980 години довеле до краткотрајна заинтересираност за електричните возила, а потоа тој интерес се обновил во средината на 2000, главно поради зголемувањето на цените на горивата и потребата за намалување на емисијата и појавата на стаклена градина.

Покрај потенцијалните предности и широкото прифаќање на електричните автомобили тие се соочуваат и со неколи препреки и ограничувања. Електричните автомобили се многу поскапи од конвенционалните возила и хибридните електрични возила поради додатните трошоци за нивните литиум – јонски батерии. Меѓутоа, цената на батериите опаѓа поради масовното производство и се очекува да продолжи да опаѓа. Други препреки за општа употреба на електричните возила е недостатокот на јавната и приватната инфраструктура за полнење и стравот на возачите од тоа да не снемаат електрична енергије пред да стигнат на посакуваната дестинација поради малиот број на електрични автомобили, засега.

### 2.3 Хибридни возила

Хибридни возила се оние кои за погон користат два или повеќе извори на енергија, наместо едно како кај конвенционалните автомобили. Најчеста комбинација е бензински или дизел мотор со електрична машина, како што е случај кај Toyota Prius. Хибридните автомобили во последната деценија станаа многу популарни бидејќи имаат многу помала емисија на штетни компоненти кои го загадуваат воздухот и предизвикуваат кисели дождови. Во поглед на автономноста на електричниот погон, хибридните автомобили се делат на лесни, средни и тешки хибриди. Прогресијата од лесни во тешки хибриди е поврзана со степенот на намалување на МСВС и зголемување на електричните компоненти и компонентите за складирање на енергија. Според архитектурата хибридните електрични возила можат да се поделат на паралелни хибриди, сериски хибриди, сериско - паралелни хибриди Plug – in хибриди (слика 3) и хибриди со горивни ќелии.

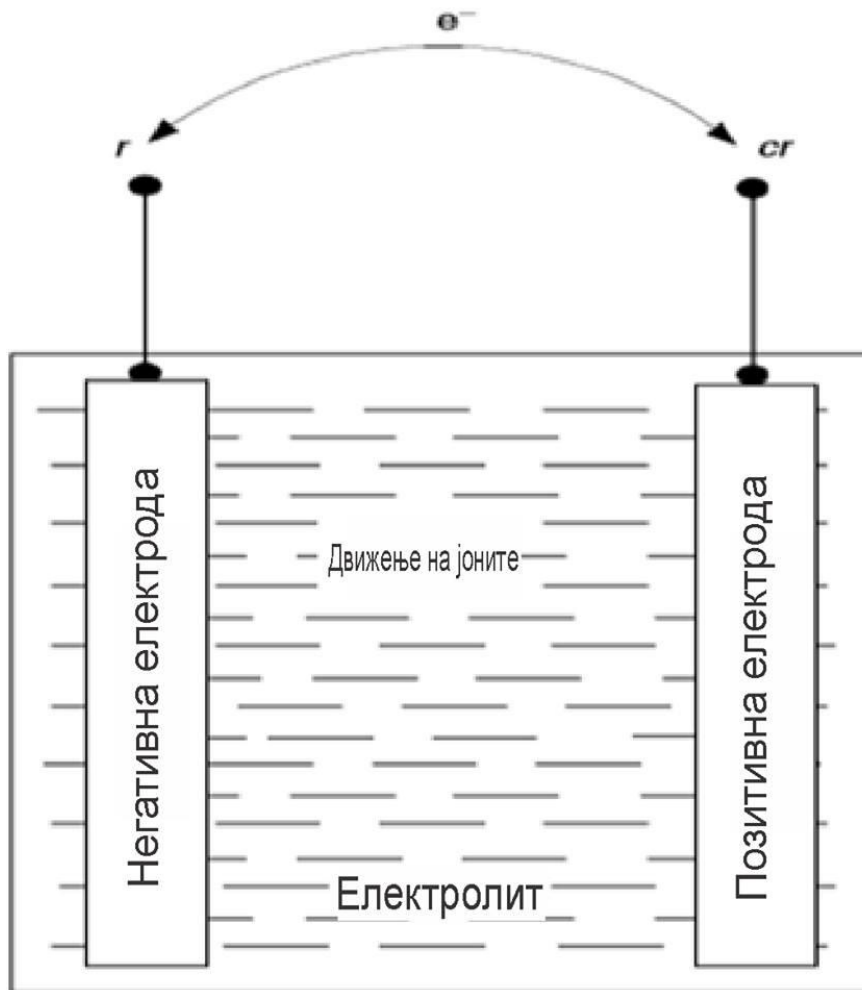


Слика 3. Plug – in хибрид

### 3. Општо за батериите

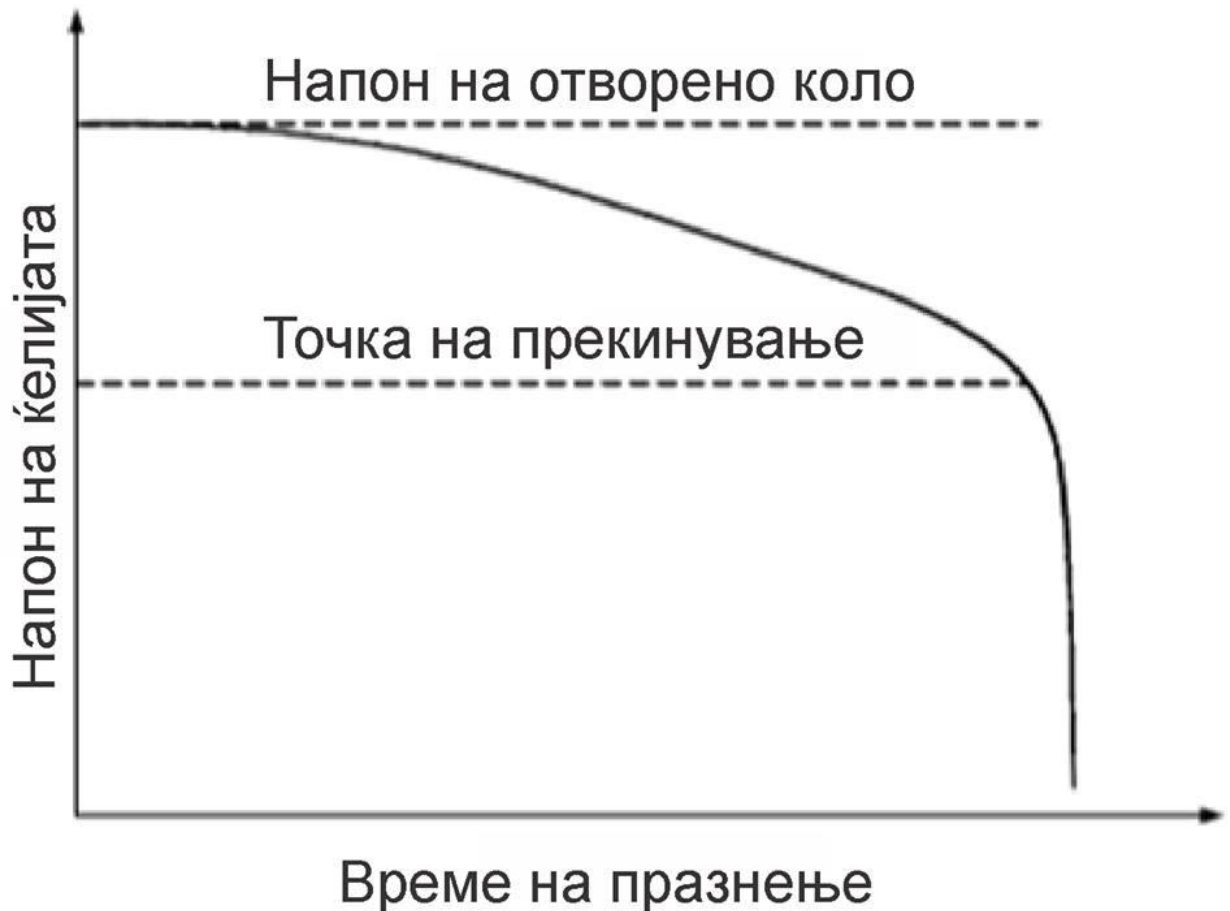
Електрохемиските батери, кои најчесто се нарекуваат батери се електрохемиски уреди кои ја претвораат електричната енергија во потенцијална хемиска енергија за време на полнењето, и ја претвораат хемиската енергија во електрична за време на празнењето.

Во основа батериската ќелија е составена од три основни компоненти: две електроди (позитивна и негативна) потопени во електролит како што е прикажано на слика 4.



Слика 4. Типична ќелија на батерија

Производителите на батери обично батериите ги специфицираат со кулометриски капацитет (ампер – часови), ова се дефинира како време потребно за празнење на батеријата до точка на прекинување од целосно наполнета состојба (слика 5).

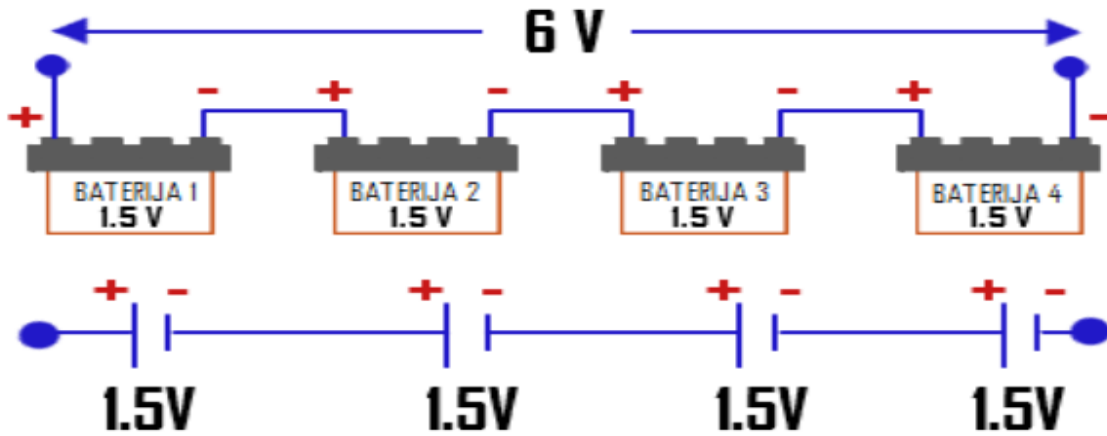


Слика 5. Време на празнење на батерија од целосно наполнета до точка на прекинување

Друг важен параметар на батеријата е состојбата на полнење. Состојбата на полнење се дефинира како однос на преостанатиот капацитет до целосно наполнет капацитет.

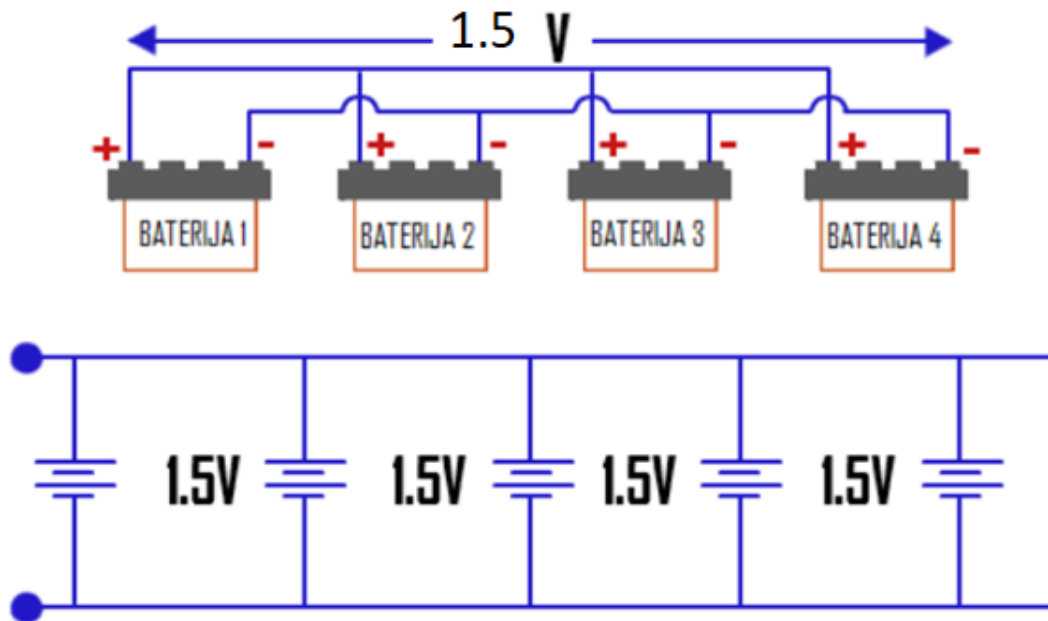
Збир од повеќе вакви ќелии кои се поврзани меѓусебно механички и електрички, сериски или паралелно сочинуваат една батерија. Кај електричните хибридни возила напонот на батериите обично се движи до 10 – 30V. Пакет од батерии кај возилата кои се погонуваат на електрична енергија се состои од низа батериски модули кои се споени сериски или паралелно во зависност од посакуваниот капацитет и посакуваниот напон. Обично возилата кои се погонуваат на електрична енергија содржат 10 – 40 батериски модули и вообичаено работат во распон од 100 до 350V.

Со спојување на батериите во серија добиваме батерија чиј напон е еднаков на збирот на напоните на поедините ќелии, додека вкупниот капацитет е непроменет и е еднаков на капацитетот на една ќелија (слика 6).



Слика 6. Сериска врска на батерии

Спојувањето на батериите во паралелен спој (слика 7) ќе го зголеми вкупниот капацитет а напонот ќе остане непроменет.



Слика 7. Паралелна врска на батерии

## 4. Основни видови батерии кои се користат кај возилата кои користат електричен погон

Денес кај одржливите електрични возила и хибридни електрични возила се користат повеќе видови на електрохемиски батерии и тоа:

- Оловно – киселински батерии

Батерии на база на никел:

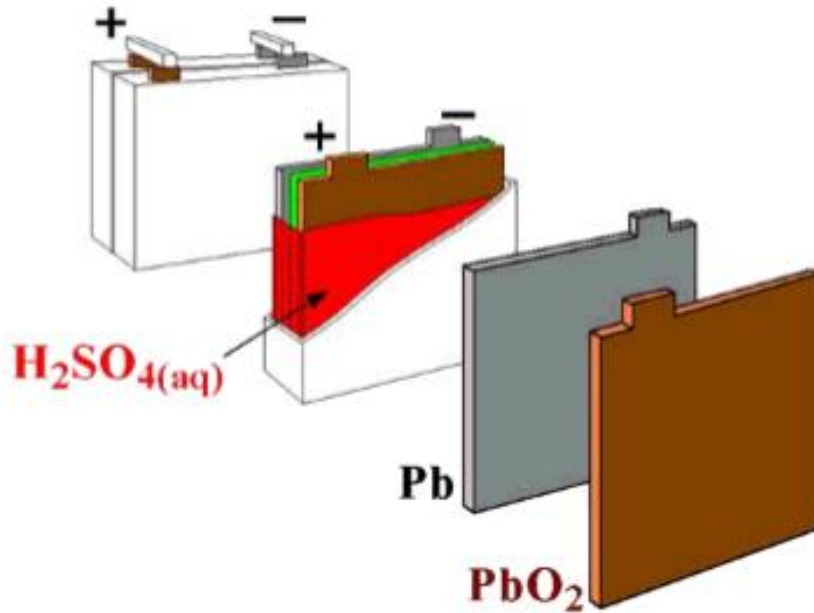
- Никел – железо
- Никел кадимиум
- Никел – метал хидридни батерии

Батерии на база на литиум:

- Литиум полимерни батерии
- Литиум – јонски батерии

### 4.1 Оловно киселински батерии

Оловно – киселинскиот акумулатор (слика 8) е успешен комерцијален производ во текот на еден век и се уште наоѓа широка примена во автомобилската индустрија и други уреди. Неговите предности се ниската цена, зрелата технологија, релативно високата моќност и сл. Овие предности се атрактивни за неговата примена во возилата кои се погонуваат на електрична енергија каде што првото разгледување е големата моќ. Вклучените материјали (олово, олово оксид, сулфурна киселина) имаат прилично ниски цени во споредба со останатите понапредни материјали. Овие батерии исто така имаат и неколку недостатоци. Густината на енергијата на оловно – киселинските батерии е ниска, главно поради големата молекуларна маса на оловото. Температурните карактеристики исто така се слаби т.е при температури под 10 °C специфичната моќ и специфичната енергија значително опаѓаат. Од овој аспект примената на оловно – киселинските акумулатори е ограничена за погонување на возила кои се експлоатирани на ниски температури.



Слика 8. Типичен оловно – киселински акумулатор

Од аспект на безбедноста присуството на високо корозивна сулфурна киселина претставува потенцијална опасност за безбедноста на патниците во возилото. Водородот ослободен од реакциите е уште една потенцијална опасност, бидејќи овој гас е екстремно запалив дури и во мали концентрации. Емисијата на водород исто така претставува проблем за херметички затворени батерии. За да се обезбеди добро ниво на заштита од истекување, неопходно е батеријата да се запечати. Како резултат на тоа притисокот во батеријата може да се зголеми, ова може да предизвика оток и ограничување на кукиштето и запечатувањето. Оловото во електродите исто така е еколошки проблем поради неговата токсичност. Емисијата на олово со последователна употреба на оловно – киселинските батерии може да се појави за време на изработката на батериите, во случај истурање на електролит преку пукнатини или за време на нивното отстранување на крајот од животниот циклус на батеријата.

Развиени се различни оловно – киселински батерии за примена кај ЕВ и ХЕВ со подобрени перформанси. Постигнати се подобрувања на затворени оловно – киселински батерии со специфична енергија над  $40 \text{ Wh / kg}$  со можност за брзо полнење. Една од овие батерии хоризонталната плоча ја заменува со жица и оттука ги нуди конкурентите предности на висока специфична енергија ( $43 \text{ Wh / kg}$ ), висока специфична моќност ( $285 \text{ W / kg}$ ), голем број на циклуси (преку 600 циклуси) способност за брзо полнење (50% од капацитетот за 8 минути и 100% за помалку од 30 минути), не бара одржување и сл. Други напредни технологии на оловно – киселински батерии вклучуваат биполарни дизајни. Овие напредни технологии на



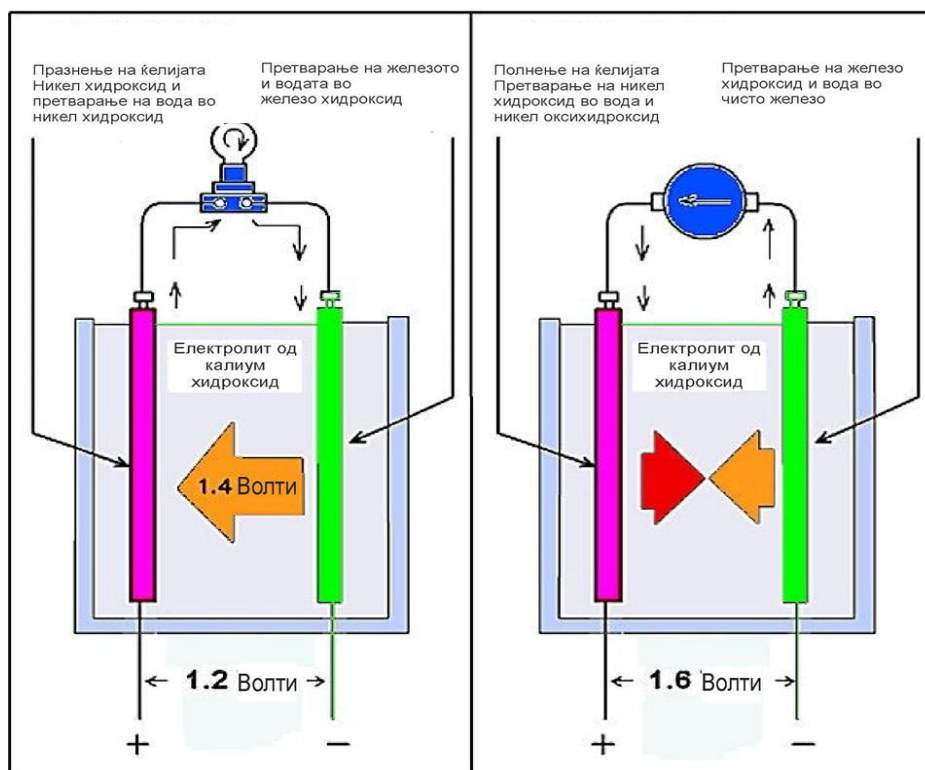
оловно – киселинските батерии се развиени за да се надминат низата недостатоци. Специфичната енергија е зголемена преку редукција на неактивни материјали како што се куќиштето, колекторот, сепараторите и сл. Животниот век е зголемен за повеќе од 50% но ова на сметка на зголемената цена на чинење.

## 4.2 Батерии базирани на никел

Никелот е полесен метал од оловото и има многу добри електрохемиски својства кои се посакувани кај батериите. Постојат различни видови батерии базирани на никел како што се: никел – железо, никел – кадмиум и никел – метал хидрид.

### 4.2.1 Никел – железни батерии

Батериите базирани на никел – железо биле комерцијализирани во раните години на 20 век. Батериите се состоеле од позитивна електрода на никел и железна негативна електрода (слика 9).



Слика 9. Никел – железна батерија

Електролитот е концентриран раствор на калиум хидроксид (околу 240 g / L) кој содржи литиум хидроксид (50 g / L). Номиналниот напон на ќелијата на отворено коло е 1.37 V. Никел – железните батерии имале проблеми со корозија и самопразнење. Овие батерии се комплексни поради потребата да се одржи нивото на водата и безбедното отстранување на водородот и кислородот за време на процесот на празнење. Никел – железните батерии исто така имаат проблеми и со ниските температури, но помалку од олово – киселинските батерии, но цената на никелот е повисока од онаа на оловото. Нивните предности во однос на олово – киселинските батерии се густината на моќноста и способноста да издржи 2000 големи празнења.

#### 4.2.2 Батерии базирани на никел – кадмиум

Батериите базирани на никел – кадмиум користат иста позитивна електрода и електролит како и батериите базирани на никел- железо, во комбинација со метални кадмиумски негативни електроди (слика 10).



Слика 10. Никел – кадмиумова батерија

Номиналниот напон на ќелијата на отворено коло е 1.37 V. Овие батерии имаат слична изведба со никел – железните батерии но имаат големо техничко подобрување поради предностите на висока специфична моќност (над 220 W / kg), долг циклус на работа ( до 2000 циклуси), мал пад на напонот во текот на широк опсег на струи на празнење, можност за брзо полнење ( од 40 до 80% за 18 минути), широк опсег на работна температура ( 40 до 85 °C), низок процент на самопразнење

(0.5% во текот на еден ден), одлично долгорочно складирање поради занемарлива корозија и достапност во различни дизајни и големини. Меѓутоа батеријата на никел – кадмиум има и некои недостатоци, вклучувајќи ги големите почетни трошоци, канцерогеност и опасност по животната средина на кадмиумот.

Батериите базирани на никел – кадмиум генерално може да биде поделени на две главни категории и тоа вентилирачки и запечатени. Вентилирачките никел – кадмиумови батерии имаат повеќе алтернативи. Вентилирачка синтеруванa плоча има висока специфична енергија, но е поскапа. Се карактеризира со константен напон на празнење и супериорна висока струја при ниски температури. Запечатената батерија на никел – кадмиум има специфичен дизајн на ќелиите за да се спречи зголемување на притисокот во ќелијата за време предизвикан од гасови за време на хемиските реакции во батеријата. Како резултат на тоа овие батерии не бараат одржување. Главни производители на овие батерии кои се користат ка XEB се SAFT и VARTA.

#### 4.2.3 Никел – метал хидрид (Ni – MH) батерии

Никел – метал хидридните батерии се на пазарот од 1992 година. Нејзините карактеристики се слични на оние на никел – кадмиумската батерија. Главната разлика помеѓу нив е употребата на водородот апсорбиран во метал – хидридот за активен негативен електроден материјал наместо кадмиум. Поради својата супериорна специфична енергија во споредба со Ni – Cd и нејзината слобода од токсичност или канцерогеност, никел – метал хидридните батерии ја надминува Ni – Cd батеријата.

Кога батеријата е испразнета, металниот хидрид во негативната електрода се оксидира за да формира метална легура, а никел оксихидроксидот во позитивната електрода се сведува на никел хидроксид. За време на полнењето се јавува обратна реакција.

Во моментот, овие батерии имаат номинален напон на ќелијата од 1.2 V и достигнува специфична енергија од 65 Wh / kg и специфична моќност од 200 W / kg. Клучна компонента на никел – метал хидрид батериите е метална легура на водородот, која е формулирана за да се добие материјал кој е стабилен во текот на голем број циклуси. Постојат два главни типа на овие легури кои се користат. Овие легури се врз база на лантан никел познати како AB5, и легури кои се состојат од титаниум и циркониум познати како AB2. AB2 легурите имаат поголем капацитет од AB5 легурите. Бидејќи никел – метал хидридните батерии сеуште се во развој нејзините предности се сумирани на следниот начин. Имаат висока специфична енергија (70 до 95 Wh / kg) и највисока специфична моќност (200 – 300 W / kg) од

никел батериите, еколошки стил (без кадмиум), константен напон на празнење (без падови) и можност за брзо полнење. Сепак оваа батерија има висока почетна цена на чинење.

Голем број производители на батерии како што се Ovonic, Panasonic, SAFT, VARTA и други активно се вклучија во развојот на оваа технологија, особено за напојување на ЕВ и ХЕВ. Во 1993 година, батеријата Ovonic има инсталирано никел – метал хидрид батерија во Solectric GT Force EV за тестирање и демонстрација. Батеријата со 19 KWh испорачува преку 65 Wh/ kg, 134 km/ h, забрзување од 0 до 80 km / h за 14 секунди и опсег на градско возење од 206 km. Тојота и Хонда ја користеа никел – метал хидрид батеријата во нивните ХЕВ – Prius и Insight (слика 11).



Слика 11. NiMh батерии вградени во ХЕВ на Тојота

### 4.3 Литиумски батерии

Литиумот претставува најлесен метал од сите метали и поседува многу интересни карактеристики од електрохемиска гледна точка. Всушност, тој овозможува многу висок термодинамички напон, што резултира со многу висока специфична енергија и специфична моќност. Постојат две главни технологии базирани на литиум и тоа: литиум – полимер и литиум - јонски батерии.

### 4.3.1 Литиум – полимер батерии

Литиум – полимерните батерии користат литиум метал и интеркалација на оксид на ( $\text{MoO}_2$ ) за негативните и позитивните електрооди. Овој  $\text{MoO}_2$  поседува слоевита структура во која може да се вметнат литиумски јони, или од каде што можат соодветно да се отстранат при полнење или празнење. При празнење, литиумските јони формирани на негативната електроода мигрираат и се вметнуваат во кристалната структура на позитивната електроода. При полнење процесот е обратен. Со користење на литиумска фолија на негативната електроода и ванадиум оксид на позитивната електроода, претставува најатрактивна ќелија во рамките на литиум – полимерните ќелии. Работи со номинален напон од 3 V и има специфична енергија од 155 Wh / kg и специфична моќност од 315 W / kg. Соодветните предности се: ниска стапка на само празнење од околу 0,5% на месечно ниво, способност за изработка во различни форми и големини и безбеден дизајн. Сепак, имаат недостаток на релативно слаби нискотемпературни перформанси поради температурната зависност на јонската спроводливост.

### 4.3.2 Литиум – јонски батерии

Од првата најава за литиум – јонска батерија во 1991 година, технологијата на литиум – јонските батерии забележува голем пораст поради што денес се смета за најмногу ветувачка батерија за полнење на иднината. Иако сеуште е во развојна фаза, литиум - јонските батерии веќе се прифатени за користење во ЕВ и ХЕВ. Овие батерии во споредба со останатите видови батерии кои се користат кај возилата кои користат електричен погон имаат низа предности во однос на оловно киселинските и батериите базирани на никел. Тоа е прикажано на сликата 12.

Спецификации	Pb-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NiCd	NiMh	Li-Ion		
				Кобалт	Магнезиум	Фосфат
Густина на енергија (Wh/kg)	30 - 50	45 - 80	60 - 120	150 - 190	100 - 135	90 - 120
Внатрешен отпор(mΩ /V)	<8.3	17 - 33	33 - 50	21 - 42	6.6 - 20	7.6 - 15.0
Животен циклус (80 % празнење)	200 - 300	1,000	300 - 500	500 - 1,000	500 - 1,000	1,000 - 2,000
Време на брзо полнење(h)	8 - 16	1	2 - 4	2 - 4	1 или помалку	1 или помалку
Толеранција на преполнување	Високо	Умерено	Ниско	Ниско	Ниско	Ниско
Месечно самопразнење(собна темп)	5 - 15%	20%	30%	<5%	<5%	<5%
Напон на ќелијата	2.0	1.2	1.2	3.6	3.8	3.3
Напон на прекинување при полнење	2.40	Целосно наполнето	Целосно наполнето	4.2	4.2	3.6
Напон на прекинување при празнење	1.75	1	1	2.5 - 3.0	2.5 - 3.0	2.8
Највисока струја на оптоварување	5C	20C	5C	> 3C	> 30C	> 30C
Највисока струја на оптоварување (најдобри резултати)	0.2C	1C	0.5C	<1C	< 10C	< 10C
Температура на полнење	-20 - 50°C	0 - 45°C	0 - 45°C	0 - 45°C	0 - 45°C	0 - 45°C
Температура на празнење	-20 - 50°C	-20 - 65°C	-20 - 65°C	-20 - 60°C	-20 - 60°C	-20 - 60°C
Барање за одржување	3 - 6 Месеци	30 - 60 Денови	60 - 90 Денови	/	/	/
Барање за безбедност	Термално стабилни	Термално стабилни		Задолжително коло за заштита		
Животен век				>10	>10	>10
Почеток на употреба	1881	1950	1990	1991	1996	1999
Токсичност	Високо	Високо	Ниско	Ниско	Ниско	Ниско

Слика 12. Споредбени вредности на одредени карактеристики помеѓу литиум – јонските и останатите видови батерии

Сите литиум – јонски технологии се базираат на истиот принцип. Литиум се складира во анодата т.е негативната електрода и се транспортира за време на празнење на анодата т.е позитивната електрода преку органски електролит. За време на полнење на батериите се случува спротивен процес. Овој принцип е илустриран на сликата 13.





Име	LCO	LNO	NCA	NMC	LMO	LFP	LTO
Видови на батерии	Литиум кобалт оксид	Литиум никел оксид	Литиум никел кобалт алуминиум оксид	Литиум никел магнезиум кобалт оксид	Литиум магнезиум спинел	Литиум железо фосфат	Литиум титанат
Катода	LiCoO <sub>2</sub>	LiNiO <sub>2</sub>	Li(Ni <sub>0,85</sub> Co <sub>0,1</sub> Al <sub>0,05</sub> )O <sub>2</sub>	Li(Ni <sub>0,33</sub> Mn <sub>0,3</sub> Co <sub>0,33</sub> )O <sub>2</sub>	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	e.g.: LMO, NCA, ...
Анода	Графит	Графит	Графит	Графит	Графит	Графит	Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub>
Напон на ќелијата	3,7 - 3,9V	3,6V	3,65V	3,8 - 4,0V	4,0V	3,3V	2,3 – 2,5V
Густина на енергија	150mAh /g	150Wh/kg	130Wh/kg	170Wh/kg	120Wh/kg	130Wh/kg	85Wh/kg
Мокност	+	o	+	o	+	+	++
Безбедност	-	o	o	o	+	++	++
Животен век	-	o	+	o	o	+	+++
Цена	--	+	o	o	+	+	o

Слика 14. Главни компоненти на литиум-јонските батерии и нивните својства.

Литиум – јонските ќелии се можат да се сретнат во различни форми и геометрии. Некои од нив се илустрирани на сликата 15.



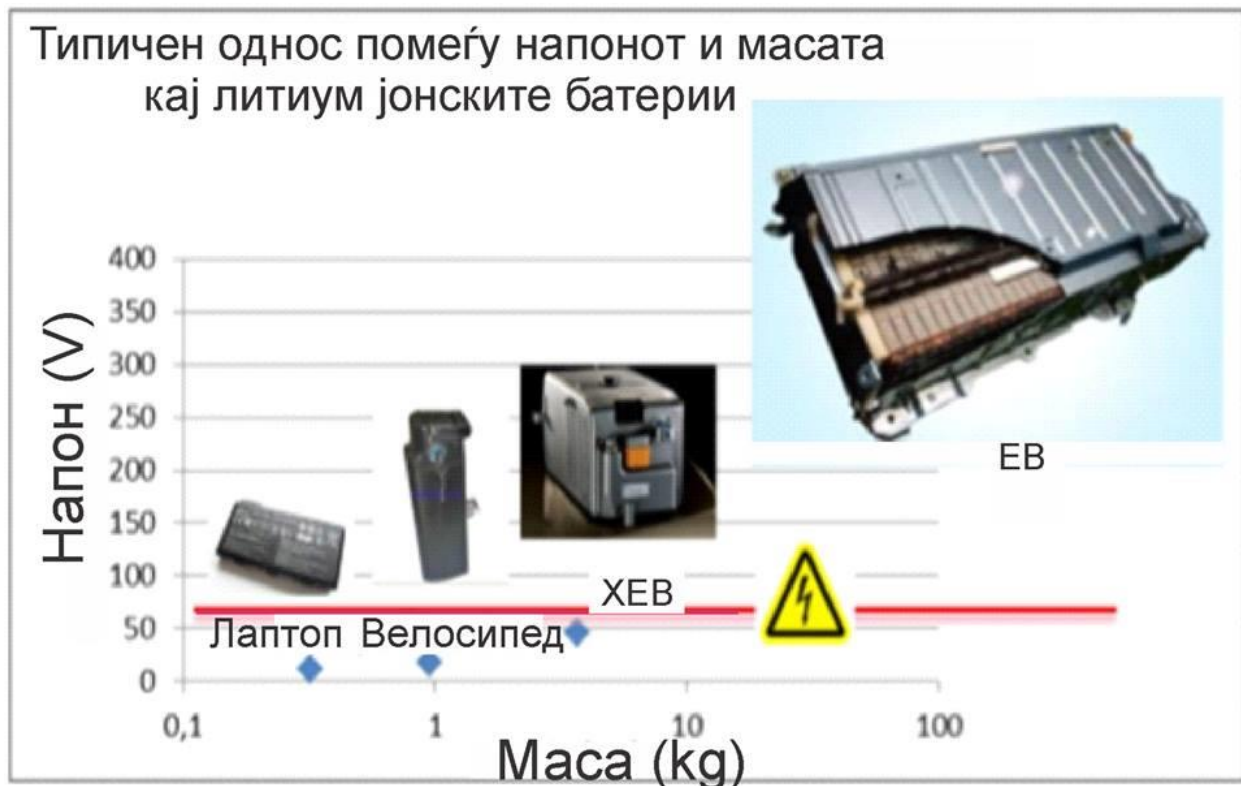
Слика 15. Различни видови формати на ќелии: Цилиндрична и призматична литиум – јонска батерија

На сликата 15 е илустрирано цврсти цилиндрични или призматични ќелии: овие ќелии обично се направени од алуминиумска обвивка која е ласерски заварена.

Литиум – јонските батерии исто така можат да бидат и флексибилни.



Ќелиите собрани во една целина формираат батериски пакувања, вградени во тврдо кукиште со електротехнички и електронски системи за управување. Конечниот состав на батеријата (геометријата, масата) како и напонот зависи од употребениот тип на ќелија и од нивната електрична меѓусебна поврзаност (во серија или паралелно). Односот помеѓу масата на батеријата и напонот за неколку апликации е прикажан на сликата 16.



Слика 16. Однос помеѓу масата и напонот за различни апликации на литиум – јонските батерии

## 5. Безбедноста на литиум – јонските батерии

Во однос на безбедноста на литиум јонските батерии после завршувањето на работниот век најголем дел од материјалите кои се користат во градбата на овие батерии можат да бидат рециклирани за разлика од оловото, никелот, сулфурната киселина, електролитот кој се применува кај батериите на база на никел и сл.

Во поглед на безбедноста при употреба кај возилата кои се погонуваат на електрична енергија, безбедноста на литиум – јонските батерии е на пониско ниво во споредба со други хемиски уреди за полнење од две причини.

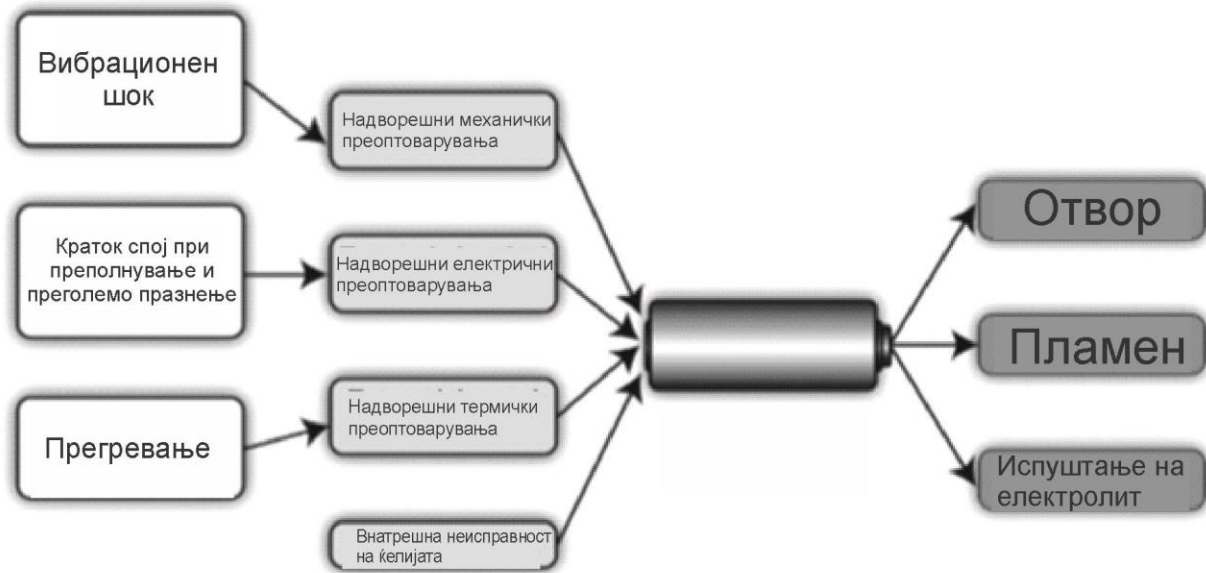
Прво, литиум – јонските батерии имаат поголема енергетска густина во споредба со другите хемиски акумулатори, поради тоа што при хемиската реакција може да биде ослободена поголема топлина помеѓу позитивните и негативните електроди.

Второ, литиум – јонските батерии користат органски растворувач како електролит кој доколку е изложен на воздух може да се запали и да ослободи дополнителна топлина.

Оваа комбинација на висока енергетска густина и запалив електролит прави безбедноста на овие батерии да е многу помала во однос на другите електрохемиски батерии. Општо земено, појавите на зголемување на температурите во ќелиите на овие батерии се едни од главните причинители за нарушување на безбедноста, кои иако се многу ретки може да бидат многу деструктивни и претставуваат опасност од пожар.

## 6. Причини поради кои доаѓа до зголемување на температурите кај литиум – јонските батерии

Иако повеќето од неисправностите кај литиум – јонски батерии се резултат на нефункционална ќелија т.е ќелија која не може да се полни или нема да може да обезбеди излезна струја. Зголемувањето на температурата на литиум – јонската ќелија може да се случи поради различни причини (слика 17).



Слика 17. Услови кои можат да предизвикаат неисправност на ќелијата

Општо земено, најголемиот број неисправности на ќелиите кои се проследени со зголемување на температурата се резултат на внатрешна неисправност на ќелијата. Литиум – јонските батерии имаат добро дефиниран опсег на работни услови за напон, струја и температура. Неисправностите обично се јавуваат кога ќелијата работи надвор од нејзиниот опсег и е изложена на механички, електрични или термички преоптоварување. Прекумерните струи на полнење или празнење, над или под празнење, високи или ниски температури, несоодветни техники на производство и т.н.

## 6.1 Надворешен краток спој

Надворешен краток спој може да се појави кога проводникот ги премостува излезните терминали на литиум – јонската батерија. Вообичаено, протоколите за тестирање дефинираат краток спој како недостаток на отпорнос. Во текој на ова поглавје, упатувањето на краток спој би вклучувало грешка, кога отпорот е помал од 50 mΩ. Состојбата на краток спој кај целосно наполнета повеќе ќелиска литиум – јонска батерија може да генерира високи струи ( цилиндрична ќелија од 2 Ah може да генерира струи на краток спој од над 50 A). Во услови на најлош случај, ова може да доведе до отпуштање на ќелиите со ослободување на запалив електролит, создавање токсични гасови или дури и прекин на ќелијата.

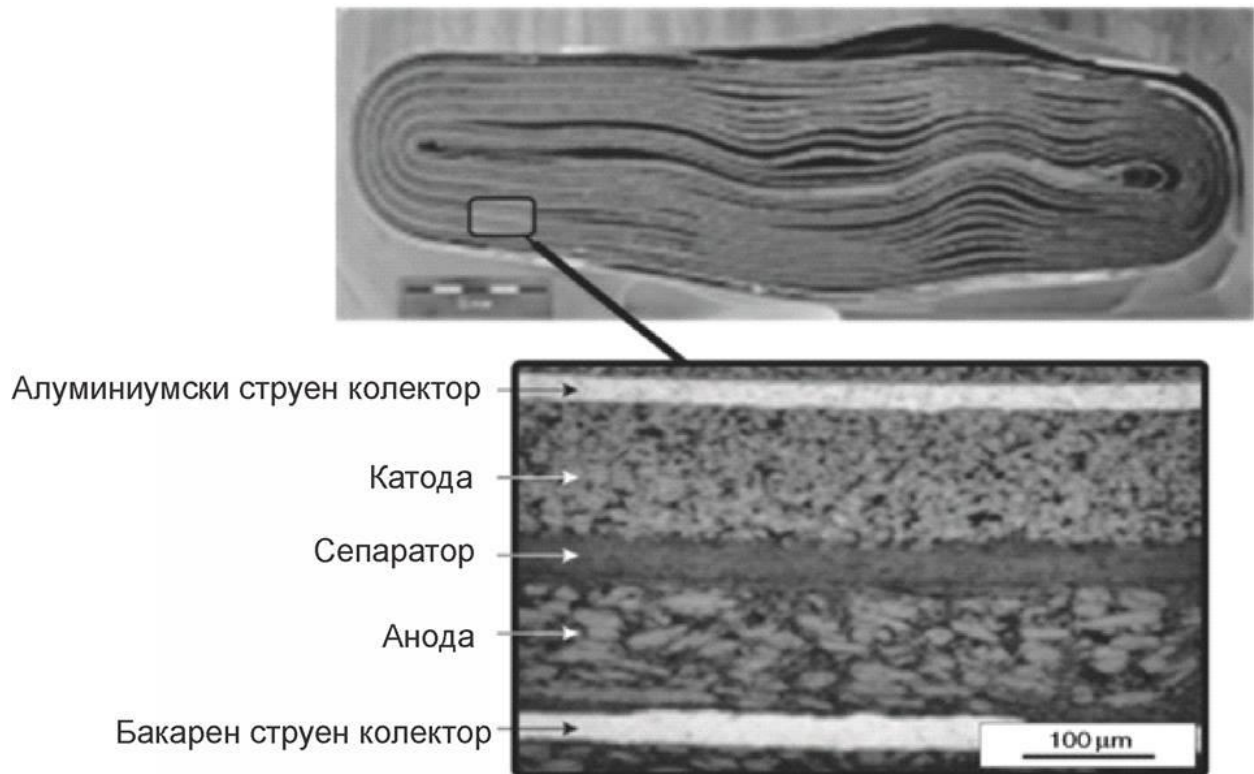


Слика 18. Надворешен краток спој на повеќе ќелиска литиум – јонска батерија

На сликата 18 е прикажана повеќе ќелиска литиум - јонска батерија по краток спој на заштитата на батеријата, предизвикувајќи проток на прекумерна струја.

## 6.2 Внатрешен краток спој

Главните компоненти во литиум – јонската ќелија кои можат а бидат вклучени во внатрешната грешка за настанување на краток спој вклучуваат колектор на бакарни токови, позитивна електрода, негативна електрода и алуминиумски колектор (слика 19).



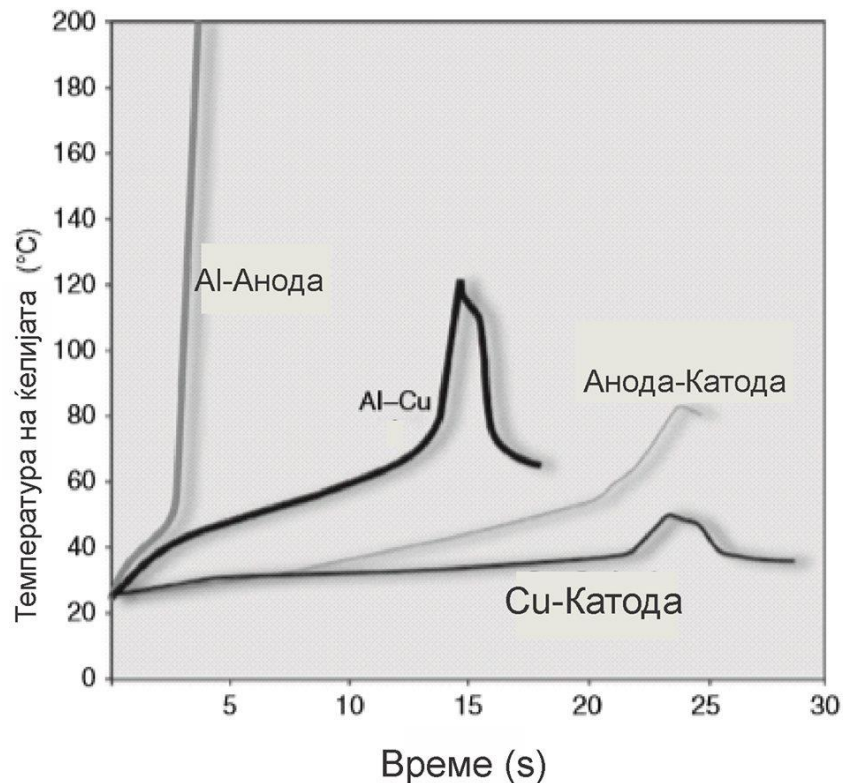
Слика 19. Пресек на ќелија кој ги прикажува главните компоненти на ќелијата

До внатрешен спој во рамките на литиум – јонска ќелија може да дојде поради следните четири сценарија:

- Краток спој помеѓу два колектори
- Краток спој помеѓу колектор и активниот материјал на позитивната електрода
- Краток спој помеѓу колекторот и активниот материјал на негативните електроди
- Краток спој помеѓу активните материјали на двете електроди.

Растот на локалната ќелиска температура во рамките на четирите можни начини за краток спој е истражуван и презентираан од повеќе автори. Една таква студија која го отсликува зголемувањето на локалната температура на ќелијата како функција од времето била извршена од Santhanagopalan.

Резултатите од оваа студија покажуваат дека највисоките температури се развиваат кога се случува краток спој помеѓу колектор и активниот материјал на негативната електрода (слика 20).



Слика 20. Температура на ќелијата под разни внатрешни влијанија

Внатрешен краток спој во рамките на литиум – јонската ќелија може да се случи поради различни причини како што се:

- Метални загадувачи
- Неисправност на сепараторот
- Механички оштетувања
- Несоодветни протоколи за полнење
- Полнење надвор од номиналната температура
- Литиумското обложување

### 6.2.1 Метални загадувачи

Металните нечистотии кои се воведени во ќелијата за време на процесот на производство на ќелиите или како резултат на слабата контрола на квалитетот на влезниот материјал може да доведе т.е да резултира со внатрешен краток спој. Металните загадувачи можат да го компромитираат сепараторот, обезбедувајќи пат за електрична струја од позитивната кон негативната електрода. Во некои случаи металните нечистотии можат да ја пренесуваат струјата доволно долг временски период за да иницира егзотермични реакции во ќелијата и на крај да предизвика зголемување на температурата во ќелијата. Покрај тоа, металните нечистотии во рамките на ќелијата доколку физички не ги премостат позитивната и негативната електрода, можат да предизвикаат краток спој преку електрохемискиот расвор. На пример, загадувачот од железо заробен во дебелината на активниот материјал, кога потенцијалот на регионот во ќелијата ќе го надмине оксидациониот потенцијал на железото, тогаш железото ќе се конвертира во растворливи железни јони. Тогаш растворливите железни јони се претопуваат во електролит и дифузираат на спротивната електрода. Повторувањето на овој циклус на крајот може да доведе до проводен пат помеѓу позитивните и негативните електроди, односно краток спој во ќелијата.

### 6.2.2 Неисправности на ќелиите

Процесот на склопување на ќелиите бара прецизност, контрола и повторливост. Неисправности може да се воведат во ќелијата за време на процесот на склопување, што на крајот може да доведе до внатрешен краток спој. Неисправностите на клетките воведени за време на процесот на производство / склопување најчесто се поврзани со релативното позиционирање на критичните компоненти во ќелијата.

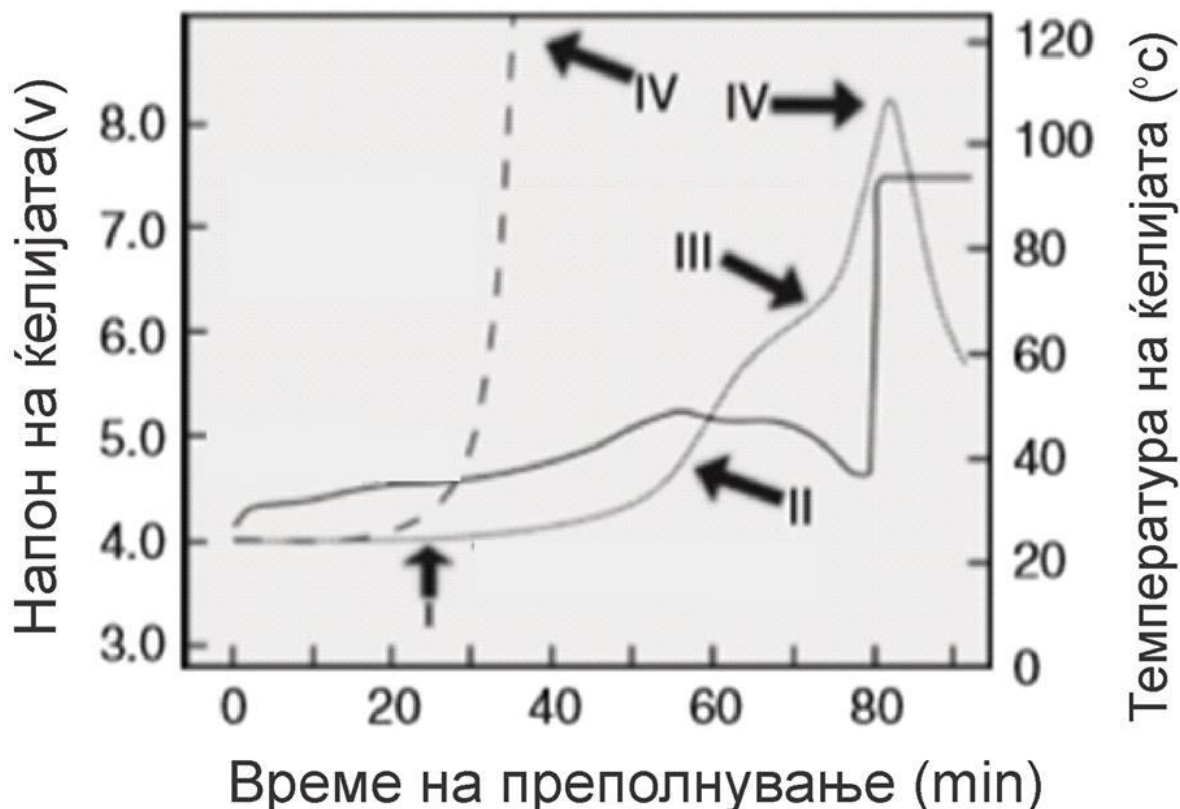
### 6.2.3 Алгоритам за полнење на ќелиите

Полнењето на литиум – јонските батерии е прецизна операција која бара функции кои контролираат кога и како ќелијата ќе биде наполнета. Литиум – јонските батерии обично се полнат со користење на постојан напон и константна јачина на струја се додека напонот на ќелијата не достигне околу 4.1 – 4.2 V, проследено со константен напонски полнеж се додека струјата не достигне одредена ниска вредност. На овие ќелии не се врши полнење со континуирано ниска струја. Откако батеријата ќе биде целосно наполнета, литиум – јонските ќелии може да резултираат со оксидација и електролитски растворувачи поради високиот потенцијал, физичката и хемиската деградација на позитивниот електроден материјал и обложување на негативната електрода со метален литиум на крајот може да доведе до состојба на краток спој во ќелијата.

### 6.3 Прекумерно полнење на ќелијата (пренапон)

Напонот на најтипичната, комерцијално достапна литиум – јонска ќелија која е целосно наполнета е специфициран како  $4.2 + 0.05$  V. Некој литиум – јонски ќелии можат да бидат наполнети и до 4.40 V. Процесот на преполнување започнува со реакции во рамките на ќелијата, што може да предизвика зголемување на температурата во ќелијата. На сликата 21 е прикажан температурниот профил на Литиум – јонска ќелија, со позитивна  $\text{LiCO}_2$  електрода, и графитна негативна електрода етил метил карбонатен електролит. Следните реакции се случуваат во ќелијата при различни температури.

- Како што ќелијата се преполнува, литиумските јони се неповратно отстранети од позитивната електрода и се депонираат како литиум метал на негативната електрода. Оваа делитизација на позитивната електрода продолжува додека напонот во ќелијата се зголемува се додека на крајот литиумските јони не се комплетно исцрпени од позитивната електрода.
- За време на процесот на преполнување импедансата на ќелијата почнува да се зголемува поради зголемувањето на отпорноста на материјалот на позитивната електрода. Зголемената импеданса во ќелијата резултира со зголемување на температурата што се генерира кога струјата на полнење поминува низ ќелијата.



Слика 21. Реакции од превисок напон и зголемување на температурата кај Литиум – јонските ќелии

- Температурата на ќелијата почнува брзо да расте како егзотерична реакција помеѓу делитираниот позитивен електроден материјал и електролитот. Откако ќе се зголеми температурата на ќелијата над околу 60°C, оваа реакција доведува до забрзано создавање големи количини на јаглероден диоксид.
- Температурата на ќелијата продолжува да расте се додека внатрешната температура достигне 130 – 135 °C. Во овој температурен опсег, сепараторот на клетките е подложен на фазна транзиција која ја затвора порозноста на мембраната и го попречува транспортот на јони помеѓу електродите. Оваа конструктивна сигуросна функција “ го исклучува” сепараторот што ја прекинува струјата и го завршува т.е го прекинува процесот на преполнување.

#### 6.4 Прекумерно празнење на литиум – јонските ќелии

Литиум – јонските ќелии генерално не можат да се изпразнат на 0 V и се потпираат на шема за исклучување, кога ќе ја достигнат точката на исклучување



пред напонот на ќелијата да падне на 0 V. Напонот на исклучување кај литиум јонските ќелии најчесто се движи околу 2 – 3 V. Прекумерното празнење на литиум – јонските ќелии може да резултира со оксидација на бакарниот колектор што води до растварање на бакарот во електролитот. Ова може да доведе до намалување на ефикасноста и затнување на порите на сепараторската мембрана. Ако фреквенцијата на прекумерно празнење на литиум јонските ќелии е преголема помеѓу негативниот и позитивниот терминал може да дојде до краток внатрешен спој.

## 6.5 Складирање и полнење при високи температури

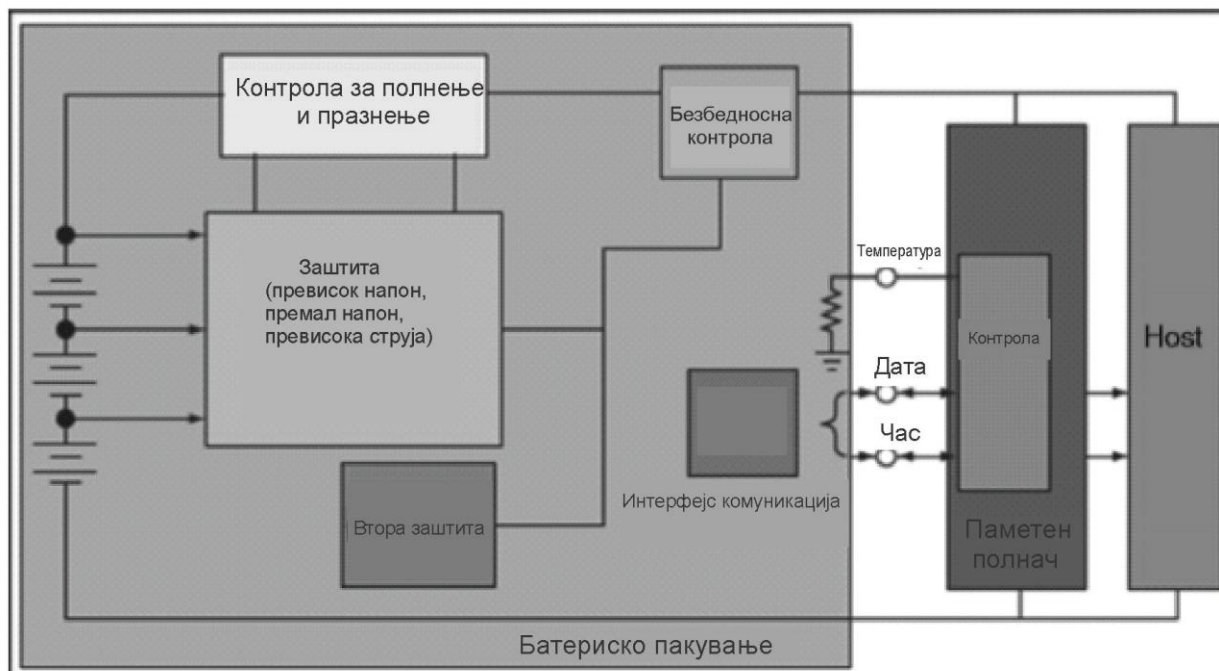
Полнењето или складирањето на литиум јонските ќелии на високи температури може да доведе до неисправност на ќелијата. Неисправностите на високи температури може да се појават поради испарување на електролитот, преголема наполнетост и сл. Испарувањето на електролитот може да настане поради тоа што електролитот се заснова на испарливи органски испарувачи при што може да доведе до зголемување на притисокот во ќелијата и активирање на тековниот прекинувачки уред, или истекување на електролитот од ќелијата. При преголема наполнетост на ќелијата на високи температури може да дојде до оксидација на електролитот. Овој процес на оксидација е егзотермичен и може да доведе до зголемување на температурата во ќелијата и реакција помеѓу електролитот и позитивната електрода. Ако се дозволи овој процес да продолжи, температурата на ќелијата ќе стане доволно висока да предизвика деградација на сепараторот и внатрешен краток спој.

## 7. Безбедносни електрични кола кај литиум – јонските ќелии

За да се обезбеди сигурност дека литиум јонските ќелии работат во нивните пропишани специфики тие се потпираат на кола за заштита. Батериите кои се користат во потрошувачката електроника користат различни видови на заштита што ја обезбедуваат со различни типови на уреди и тоа:

- ПТЦ уреди, термички исклучувања, биметални прекинувачи. Термички осигурачи.
- Следење на електрониката за да се спречи прекумерно полнење и празнење на ќелиите.
- Сепаратори кои го спречуваат јонскиот транспорт при зголемени температури на околината
- Безбедносни отвори за ослободување на внатрешниот притисок на ќелијата на контролиран начин и др.

На сликата 22 е прикажан блок дијаграм на типична литиум – јонска батерија за апликации како што е лаптоп. Иако системот на литиум – јонските батерии во хибридно возило е покомплициран во споредба со потрошувачката електроника, барањето за обезбедување на одредени спецификации се исти.



Слика 22. Контролни уреди кои се користат во електронските уреди

Дополнителната комплексност на литиум – јонските батерии кај возилата кои користат електричен погон доаѓа од различни причини, како што се поголемиот број ќелии, поголемиот капацитет на секоја ќелија, зголемената енергија која се складира во батеријата, покомплексните барања за управување со моќноста и т.н. овие возила бараат да се воведат дополнителни безбедносни карактеристики кои не се секогаш неопходни кај електронски потрошувачки уред, како што се:

- Дизајнарањето на ќелиите кое помага при дистрибуција на топлина во случај на состојба на внатрешен краток спој
- Ќерамички сепаратори за подобрување на термичката стабилност
- Електронски контроли и сл.

На сликата 23 е даден пример за архитектура на колото за контрола на Литиум – јонските батерии кои се користат кај возилата кои користат електричен погон.

## Функции за управување со енергија на возилото



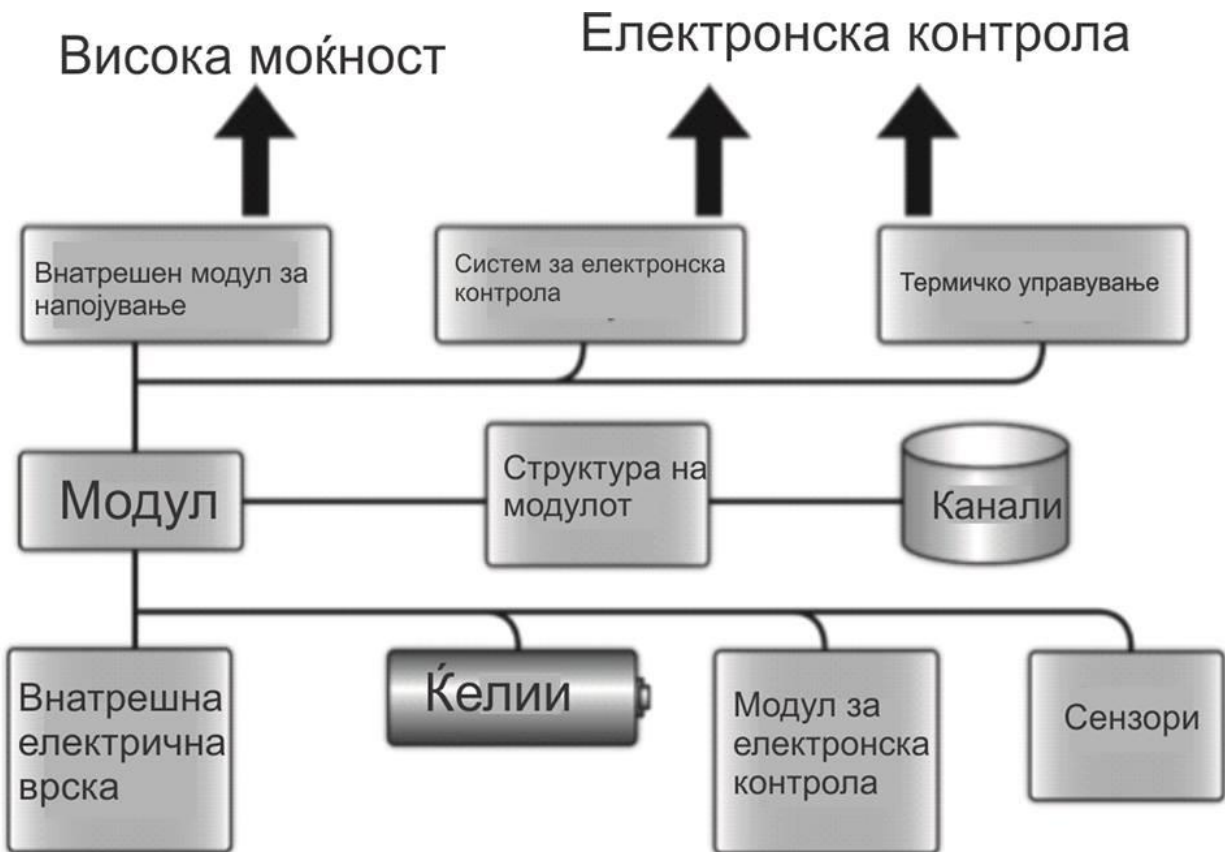
Слика 23. Заштита и контрола на батерии кои се применуваат кај возилата кои се погонуваат на електрична енергија

Единицата за контрола на батеријата управува со полнењето и изедначување на ќелиите во батериите. Оваа единица се потпира на единицата за следење на батеријата за да обезбеди информации за тоа кога батеријата треба да се полни и испразни. Единицата за следење на батеријата ги следи напоните, струите и температурите на ќелиите во батеријата и ги користи како информации за да го утврди полнежот и исправноста на батеријата. Целта на дизајнот на ќелијата е да се осигура дека ќелиите работат само во рамките на пропишаното за да обезбедат безбедност и сигурност. Типичен систем за управување со батериите ја обезбедува следната функционалност:

- Мониторинг на состојбата на ќелијата
- Мерење и ограничување на полнењето и празнењето
- Управување со ситемот за ладење
- Комуникација помеѓу батеријата и возилото
- Високонапонска контрола
- Состојбата на батеријата (исправна или неисправна)

Типична батерија за возила кои се погонуваат на електрична енергија се состои од повеќе ќелиски модули кои може да имаат свои контролни кола. Овие модули обично се меѓусебно поврзани и контролирани од главниот електронски систем за

контрола. На сликата 24 е прикажан пример за распоред на контролната архитектура на батерија кај возила кои користат електричен погон.



Слика 24. Типичен дизајн на батерија кај возилата кои користат електричен погон

## 8. Применливи стандарди и протоколи за тестирање за зголемување на безбедноста

За да се решат некои од безбедносните ризици поврзани со литиум – јонските батерии кај возилата кои користат електричен погон, развиени се голем број стандарди и протоколи за тестирање за да им се даде на производителите упатства за тоа како безбедно да се изградат и употребуваат литиум – јонските батерии. Стандардите за безбедност на производите обично се развиваат преку процес на консензус, кој се потпира на учество на претставници од регулаторни тела, производители, индустриски групи, организации за застапување на потрошувачите, осигурителни компании и други клучни учесници во безбедноста. Техничките комитети кои ги развиваат барањата за стандарди за безбедност на производите, се потпираат помалку на пропишаните барања а повеќе на тестови за перформанси кои симулираат разумни ситуации. Во моментот се користат повеќе стандарди и протоколи за тестирање за да се проценат некој од безбедносните аспекти на литиумските батерии. Овие стандарди и протоколи за тестирање вклучуваат голем

број тестови за безбедност на батериите при што се проценува ризикот од несоодветни електрични, механички оптоварувања како и несоодветни климатски услови во кои тие можат да работат.

## 8.1 Електрични тестови

- Тест за надворешен краток спој – Тестот за надворешен краток спој се врши со директна врска помеѓу анодните и катодните терминали на ќелијата за да ја одреди неговата способност да издржи максимална струја на проток без да предизвика експлозија или пожар.
- Абнормален тест за полнење - Абнормалниот тест за полнење применува стапка на пренапонска струја и време на полнење за да утврди дали ќелијата која се полни може да ја издржи таквата состојба без да предизвика експлозија или пожар.
- Тест за брзо празнење - Овој тест го одредува однесувањето на батеријата кога ќелијата нагло се празни а притоа не смее да доведе до состојба на експлозија или да се запали.
- Тест за внатрешен краток спој – прегледот на истражувањата за безбедноста на литиум – јонските батерии покажува силен фокус на внатрешните кратки кола. Некои внатрешни кратки споеви резултирале со пожари или експлозии со оштетување на апликацијата во која се вградени, повреди на персоналот и сл. Потенцијалните причини за интерни кратки кола може да бидат предизвикани поради многу причини, но во основа претставува спој помеѓу анодата и катодата и овозможува ефикасен, но ненамерен проток на полнеж. Овој високо локализиран проток на полнење резултира со греење поради внатрешен отпор, со подоцнежнo загревање на активните материјал во рамките на литиум – јонските батерии. Зголемената топлина може да ги дестабилизира активните материјали. Последователното зголемување на температурата може да доведе до катастрофален структурен дефект на куќиштето на батеријата и ризикот од дополнително согорување како резултат на изложеност на надворешен воздух. Поради голем број на можности за внатрешен краток спој развиени се различни тестирања. Едно од тие тестирање е подложување на литиум јонската батерија на високи температури. За време на овој тест непонот на отворен круг, силата и температурата на површината на ќелијата се мерат во реално време. Други тестирања на внатрешен краток спој се изведуваат со вметнување на метален загадувач во ќелијата со што се предизвикува принуден краток спој.

## 8.2 Механички тестови

- Тест за гмечење – Тестот за гмечење ја одредува способноста на ќелијата да издржи одредена сила на дробење (околу 12 KN) применета од две рамни плочи. Овој тест е стандарден тест и го применуваат најголем број од прозиводителите поради што е опишан во различни индустриски стандарди. Во овој тест силата дејствува на ќелијата се додека не се постигне внатрешна кратка врска т.е краток спој. Оваа сила зависи од материјалот од кој е направена комората на ќелијата
- Тест на удар – Испитувањето на удар утврдува способност на ќелијата да издржи одредено влијание на удар.
- Шок тест – Овој тест се изведува со обезбедување на одредено средно и максимално забрзување на ќелијата која се испитува. Ова испитување се врши на машина за испитување која е калибрирана. Забрзувањето се врши во одредено времетраење. При овој тест ќелијата не смее да се запали, експлодира и да дојде до истекување на електролит.
- Тест за вибрации – Тестот за вибрации применува едноставно хармонично движење со одредена амплитуда, со променлива фреквенција и време за секој примерок на ќелија.

## 8.3 Тестови за животна средина

- Тест за високи температури – ја проценува способноста на ќелијата дали е способна да издржи одредена примена на покачена температура за одреден временски период.
- Тест за температурни циклуси – со овој тест се испитува дали ќелијата е способна да издржи одредени циклуси на промена на температурата под и над собната температура.
- Тест за низок притисок – со овој тест се проценува дали ќелијата е способна да издржи изложеност на низок притисок (понизок од атмосферскиот).

## 9. Немили настани (инциденти) кои се забележани кај возила кои се погонуваат на електрична енергија

Покрај големите безбедносни мерки кои ги пропишуваат стандардите и покрај големиот број на испитувања (механички, електрични, тестови за животна средина) кои се вршат на возилата кои користат електричен погон и на батериите кои се составен дел од едно вакво возило, сепак, постојат ризици кои се поврзани со оваа технологија. Овие возила имаат бројни безбедносни прашања кои не се поврзани со конвенционалните возила и вклучуваат електричен шок, експлозија, истекување на електролит и пожар. Постојат примери во пракса каде електричните возила се изгорени во несреќа или изгорени во гаражите каде што се чуваат. Во

некој случаи тоа се случило додека возилото се полни. Без оглед на тоа дали возилото е активно т.е е во употреба или е неактивно (не е во употреба) најголем проблем кај овие возила е неизвесноста поврзана со состојбата на батериите. Во некои случаи може да се случи конекторите бидат неисправни и да ја изгубат комуникацијата со батериите и во тој случај употребата на возилото претставува проблем. Прашањата поврзани со дефект на батериите по оштетување ќе бидат причина за истекување електролит, емитување на јаглерод диоксид, термички опасности, зголемување на температурата на батериите и сл.

Еден од инцидентите се случил во 2011 година на возилото Chevrolet Volt (слика 25) после тестот за несреќа во истражувачкиот центар MGA. Во овој случај батериите се запалиле по три недели подоцна откако биле подложени на страничен удар од 30 km/h како дел на NCAP тестот. Пожарот брзо се проширил и на соседните возила. Истрагата за пожарот покажала дека мала количина од средството за ладење влегло во куќиштето на батеријата и предизвикало краток спој што на крајот резултирало со зголемување на температурата и избувнување на пожар.



Слика 25. Chevrolet volt после пожарот

Друг ваков случај е забележан во 2012 година по ураганот сенди во Њу Џерси кога 16 електрични возила биле запалени и уништени. Се претпоставило дека поради поплавите навлегло вода во куќиштето што предизвикало краток спој во батеријата и довело до зголемување на температурите и избувнување на пожар. Огнот од едно возило се проширил и зафатил други 15 соседни автомобили



Во 2013 година две возила на Тесла (слика 26) од моделот S се запалиле додека биле возени во сад. Прво во Вашингтон пожарот бил предизвикан откако автомобилот удрил во метален објект на патот. Втората несреќа во возилото се случила откако возилото удрило во приколка во Тенеси. Во двата случаи биле презивикани оштетувања на батериите што довело до краток спој во батериите и зголемување на температурата. Во двата случаи компанијата Тесла изјавила дека ќе додаде дополнителни компоненти за дополнителна заштита на батериите.



Слика 26. Опожарено возило на Tesla од моделот S поради оштетување на батериите што довело до краток спој

Во 2014 година, крадец на автомобили се удрил во друг автомобил со голема брзина каде што возилото се поделило на два дела. Батериите излегле од возилото по што се запалиле. За секој тип на денешни батерии (како што се оловно киселинските батерии, метал хидрид батериите и литиум јонските батерии) се препорачуваат методи за ракување од страна на стручен итен персонал, во зависност од тоа дали инцидентот бил пожар или други опасни настани.

Производителската литература често дава конкретни детали за тоа како да се справи со одредени батерии. Сепак, оваа индормација не е секогаш конзистентна. Поради тоа SAE ( здружението на автмобилски инженери) ги истакна ризиците кои вклучуваат потенцијален електричен шок од оштетени системи кои се исклучуваат за време или веднаш по нереќата. Поради ова, здружението препорачува производителите да инсталираат прекинувачи што ќе ја запрат енергијата во случај на несреќа. Локацијата на овие прекинувачи мора да биде стандардизирана за безбедност.



## 10. Заклучок

Имајќи во предвид дека загадувањето е еден од најголемите проблеми во денешно време а човекот станува се посвесен околу тоа прашање. Поради тоа, тенденцијата за понатамошно развивање и усовршување на возилата кои се погонуваат на електричен погон како (хибридните, електричните и соларните возила) ќе продолжи и понатаму. Еден од главните компоненти кај овие возила е батериското пакување како електрохемиски уред за складирање на електричната енергија во вид на хемиска. Може да се каже дека во најголем дел од возилата се вградуваат литиум – јонски батерии поради предностите кои ги поседуваат во однос на останатите типови во однос на специфичната енергија, моќноста, нивната маса, можноста за рециклирање и слично. Покрај предностите кои ги поседуваат, при употреба на овие батерии постајат и голем број ризици како што се можноста за внатрешен краток спој, надворешен краток спој, поради што може да предизвикаат експлозија или пожар. И покрај овие недостатоци овие батерии ќе продолжат да се развиваат, ќе ги надминат недостатоците и ќе станат батерии на иднината кај возилата на електричен погон.

## 11. Користена литература

[1] Electric and hybrid vehicles – Gianfranco Pistoia

[2] Modern electric, hybrid electric and Fuel cell vehicle – Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi.

[3] Risks and safety issues related to use of electric and hybrid vehicles – Stevan Kjosevski, Aleksandar Kostikj, Atanas Kochov.

[4][https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=5JinW6XvEI\\_QrgS4maTgBQ&q=lithim+ion+cell+format&oq=lithim+ion+cell+format&gs\\_l=img.3...54234.65211.0.66082.28.23.4.0.0.460.3063.0j15j2j0j1.18.0...0...1c.1.64.img..6.15.158.3...0j0i67k1j0i10k1j0i10i24k1.0.nNkJxIZgdNg#imgrc=k9aOrowNyBZY YM:](https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=5JinW6XvEI_QrgS4maTgBQ&q=lithim+ion+cell+format&oq=lithim+ion+cell+format&gs_l=img.3...54234.65211.0.66082.28.23.4.0.0.460.3063.0j15j2j0j1.18.0...0...1c.1.64.img..6.15.158.3...0j0i67k1j0i10k1j0i10i24k1.0.nNkJxIZgdNg#imgrc=k9aOrowNyBZY YM:)

[5] Quality and application of battery technologies in vehicles – Nikola Radic, Vlado Radic

[6][https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=MbqnW\\_euLMzOrgTA1a64Bg&q=nickel+iron+battery&oq=nickel+iron+battery&gs\\_l=img.3..671165.682528.0.682843.25.22.0.0.0.497.497.4](https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=MbqnW_euLMzOrgTA1a64Bg&q=nickel+iron+battery&oq=nickel+iron+battery&gs_l=img.3..671165.682528.0.682843.25.22.0.0.0.497.497.4)

[7][https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=2AepW8KeOKqGrwTM77bACg&q=lithium+ion+battery+form&oq=lithium+ion+battery+form&gs\\_l=img.3..0i8i30k1j0i24k116.94724.118010.0.118539.34.27.6.1.1.0.1357.6593.0j1j2j4j3j3j0j1.14.0...0...1c.1.64.img..14.13.4812.0..0j35i39k1j0i67k1j0i30k1.0.MfxbT\\_iaCqo#imgrc=MJpkks014K54kM:](https://www.google.com/search?client=firefoxbab&biw=1366&bih=632&tbm=isch&sa=1&ei=2AepW8KeOKqGrwTM77bACg&q=lithium+ion+battery+form&oq=lithium+ion+battery+form&gs_l=img.3..0i8i30k1j0i24k116.94724.118010.0.118539.34.27.6.1.1.0.1357.6593.0j1j2j4j3j3j0j1.14.0...0...1c.1.64.img..14.13.4812.0..0j35i39k1j0i67k1j0i30k1.0.MfxbT_iaCqo#imgrc=MJpkks014K54kM:)



