

ИЗТОЧНИЦИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ ЗА ЕЛЕКТРОМОБИЛИ

Чавдар А. Джамбазки
djambo1951@abv.bg

**ВТУ“Т.Каблешков“ София ул. “Гео Милев“№121
БЪЛГАРИЯ**

Key words: electric car, storage battery, traction battery, supercapacitors

Abstract: In our country, according to the Ministry of Natural Resources 42% of the pollution of the environment due to road transport and in - the big cities (Sofia, Plovdiv, Varna to 80-90%). During 2012 the globe have registered 800 million vehicles in 2013 and is expected to increase them twice, ie 1.6 billion, which is why the problem of pollution has become a global every year.

Основни изисквания към акумулаторните батерии

При определяне възможностите и насоките за развитие на тяговите източници на електрическа енергия за ЕМ целесъобразен е системния подход с обобщение на данните и опита от разработките в България и в чужбина. Като основа на този подход може и трябва да се изберат техническите изисквания съставени от консорциума US ABC (United States Advanced Battery Consortimn), САЩ за акумулаторни батерии монтирани на електромобили обвързани със срокове на реализация. В изпълнение на параметрите и сроковете са сключени договори с редица разработчици на АБ, при което 50% се финансират от страна на правителството (DOE) и 50% от голямата тройка (фирми GM, Ford, Chrysler) на сума около 260 млн. долл.

Таблица 1 Показатели на ЕМ с АБ по изискванията на US ABC

Цел и срок	Относителна енергия Wh/kg	Относителна мощност W/kg	Експлоатационен срок години	Цена на АБ USD/kW/h
Средни	80 - 100	150 - 200	5	По-малко от 150
показатели на ЕМ	Пробег 160-200 km	Ускорение до 80 km/h за 12 sek	Амортизация на стойността от изчисленията за 5 год	4500-6000USD/АБ
Далечни	200	400	10	По-малко от 100
показатели на ЕМ	Пробег до 320 km	Ускорение до 100 km/h 9sek	Амортизащонна стойност -10 год.	4000 USD/АБ

Следва да се има предвид че създаването на АБ удовлетворяващи изискванията на US ABC до 2020 година се финансират в САЩ само следните две направления:

Никел металхидридната система (Ni-MH);

Литиева система (Li).

Договори по усъвършенстване на АБ от традиционните електрохимически системи: оловно киселинна (Pb-PbO_i), никел кадмиева (Ni-Cd) и никел желязна (Ni-Fe) от страна на US ABC не са подписвани. При това до настоящия момент на много експериментални образци ЕМ се монтират и експлоатират усъвършенствани АБ от оловно-киселинната система с твърд електролит, а също така и скъпите никел-кадмиеви АБ.

Тягови акумулаторни батерии

На електромобилите преди всичко се монтират следните видове АБ:

- Оловно киселинни акумулатори (Pb-PbO_i);
- никел – кадмиеви акумулатори (Ni-Cd);
- железноникелови акумулатори (Ni-Fe);
- никел.металхидридни акумулатори (Ni-MH);
- натриево серни акумулатори (Na-S);
- никел – хлорни акумулатори (Ni-Cl).

Перспективни източници на енергия за електромобилите за момента се явяват:

- литиево-йонни сулфитни акумулатори ;
- литиево-полимерни акумулатори ;
- горивни елементи ;
- инерционни маховици ;
- кондензатори със свръх голям капацитет

Литий-йонни АБ

Литиево – йонният акумулатор се състои от електроди (катоден материал на алуминиева лента и аноден материал на медна лента) разделени от сепаратор пропит с електролит. Пакета от електроди е поместен в херметичен корпус . Корпуса има предохранителен клапан, изхвърлящ вътрешното налягане при аварийни ситуации. Литиево йонните акумулатори се различават по типа на използвания катоден материал. Протичането на електрически ток се дължи на движението на положително заредените йони на лития , който имат способността да се внедряват в кристалната решетка на други материали (например в графит , окиси и соли на метали) с образуване на химически връзки , например: в графита се образува LiC₆ , окиси Li MO₂ и соли LiM_RO_N на металите. Първоначално в качеството на отрицателни пластини са използвали металически литии , след това каменовъгленов кокс. По нататък се е използвал графит. Като положителен електрод до неодавна се е използвал окис на лития с кобалт или манган , но сега все повече се изместват от литии – феро – фосфатни електроди които се оказват по- безопасни , евтини и нетоксични и могат да бъдат подложени на възстановяване което е безопасно за околната среда. Литиево.йонните батерии се приемат в комплект със система за контрол и управление – СКУ (BMS battery management system) и специални устройства заряд /разряд . Сега в масовото производство на литиево-йонни акумулатори се използват три класа катодни материали: - кобалт на лития – LiCo O₂ и твърди разтвори на основа на изострукторният му никелат на лития – литии манганов шпинел LiMn₂ O₄ - литии ферофосфат Li Fe PO₄.

Електро-химическите схеми на литиево – йонните акумулатори са :

- литии - кобалтови $Li Co O_2 + 6 x C \rightarrow Li_{1-x} Co O_2 + x Li + C_6$

-литии – ферофосфатни $LiFePO_4 + 6 x C \rightarrow Li_{1-x} Fe PO_4 + xLi + C_6$

При заряд на литии-йонните акумулатори протичат следните реакции

-На положителната пластина - $Li Co O_2 \rightarrow Li_{1-x} Co O_2 + x Li^+ + xe^-$

-На отрицателната пластина : $C + xLi^+ + xe^- \rightarrow C Li_x$

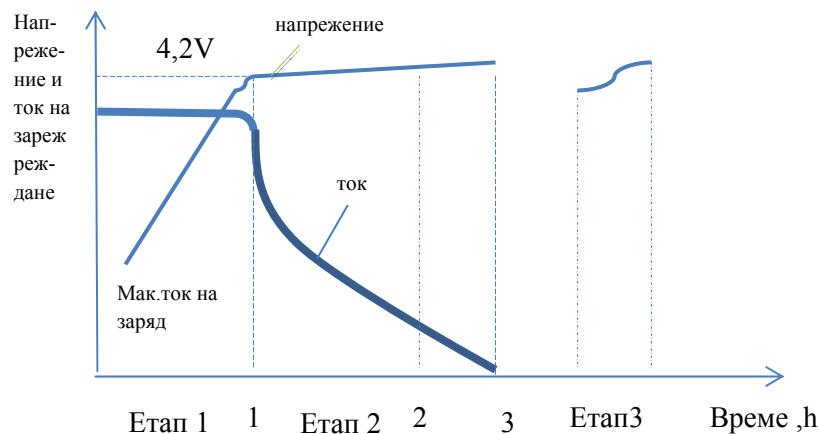
Благодарение на ниския саморазряд и голямото количество цикли разряд – заряд ,Li-ion акумулатори са най – предпочитани за използване в алтернативната енергия.

Предимства:

-Висока енергетична плътност,-Нисък саморазряд ,-Отсъствие на ефекта памет,
-Не изискват обслужване

Недостатъци:

Акумулаторите Li-ion от първо поколение се взривяваха. Това се обяснява че при тях се е използвал анод от металически литий, на който в процеса на многократните цикли заряд разряд са възниквали пространствени образувания дендрити водещи да свързване на електродите и като следствие запалване или взрив. Този проблем е решен със замяната на материала на анода с графит. Подобни процеси са протичали и на катода на литиево-йонните акумулатори на основа на окиси на кобалта при нарушени условия на експлоатация. (презаряд). Литий - феро – фосфатните акумулатори напълно са лишени от тези недостатъци. Освен това всички съвременни литий-йонни акумулатори са снабдени с встроени електронни схеми, които предотвратяват презаряд и прегряване вследствие много интензивен заряд. Акумулаторите Li-ion при неконтролируем разряд могат да имат много кратък жизнен цикъл в сравнение с други типове акумулатори. При пълен разряд литий – йонните акумулатори губят възможност да се заредят при включване към зарядно устройство.



Фиг. 1 Зависимост на напрежението и тока от времето на заряд

Етап 1-През акумулатора протича максимална допустимия ток на зареждане,докато напрежението му не достигне праговата стойност.

Етап 2. -Максималното напрежение на акумулатора е достигнато,тока постепенно намалява докато акумулаторът не се зареди напълно.Моментът на завършване на зареждането настъпва когато стойността на зарядния ток се намали до стойност на 3% от началната.

Етап 3.Периодичен компенсиращ заряд,провеждан при съхраняване на акумулатора,ориентирано през 500 часа съхраняване.

Благодарение на ниския саморазряд и голямото количество цикли разряд – заряд ,Li-ion акумулатори са най – предпочитани за използване в алтернативната енергия.

Съгласно всички действащи регламенти за съхраняване и експлоатация на Li-ion акумулатори за обезпечаване на продължително съхраняване е необходимо да се заредят до ниво 70% от капацитета един път на 6-9 месеца.

Характеристиките на ЕМ се определят от показателите на бордовите източници на енергия. Бе споменато, че най-голямо приложение намират оловно-киселинните (PbAcid),никел-кадмиевите (Ni-Cd),никел- металхидридните (Ni-MH) АБ и батериите на основата на лития (Li-Ion, Li-Metal, Li-Polimer)

Можем да отделим две групи батерии:

-батерии с голяма енергия -“тягови“ използвани на чистите електромобили
 - високомощни “импулсни “ батерии..Относителната енергия на първата група достига за оловно-киселинните 35 Wh/kg; никел кадмиевите – 45 Wh/kg.Тези батерии са евтини но техното използване снижава експлоатационните характеристики и ограничава областта на използване на ЕМ.

Перспективни се явяват никел-метал хидридните АБ $E_m=80$ Wh/kg, $P_m=200$ W/kg, литий-ионните АБ $E_m=140$ Wh/kg, $P_m=420$ W/kg и техните разновидности с полимерен електрод (Li-Polimer) $E_m=205$ Wh/kg $P_m=420$ W/kg.. Стойностите на относителната енергия се показват за три часов режим на разряд, а стойностите на мощностите са за импулси с дължина 30 сек при 80% степен на зареденост.

Електрохимични генератори и топлинни елементи

Допълнително към програмата USABC, в САЩ ,Европа и Япония се провеждат опитни конструкторски разработки на електрохимически източници на енергия - «био-система» - тип

«метал-въздух». Основна отличителна особеност на такава система се явява високият относителен енергиен капацитет ,не по малко от 150 до 200 Wh/kg – при много ограничена

пикова относителна мощност, което е обусловено от малката скорост на протичане на процеси.Заради малката недостатъчна мощност е необходимо включването допълнително на буферна мощна АБ или събирач на енергия СЕ с малко вътрешно съпротивление (йонистор, суперкондензатор).Такава био система обезпечава достатъчен пробег в градски условия.Необходимо е оптимално съчетаване параметрите на елементите на био системата, електрозадвижването и ЕМ.Разряда на АБ или СЕ трябва да се компенсира със заряд от основния източник с отчитането на рекуперацията.Провеждат се опити и изпитания на образци ЕХГ тип «цинк-въздух». В Русия, САЩ и Канада са разработени образци на източници тип «алуминий-въздух».

те и голямото съпротивление на въздушните електроди в алкалния електролит.

Електрохимичен генератор ЕХГ „алуминий-въздух“

Техническите характеристики на въздушно – алуминиевия ЕХГ разработена в ШЖ ИТ «Альтэн» (Русия), съм показал в таблица 5

Таблица 2

Параметър-еденица за измерване	Стойност на параметъра
Напрежение V	
-При разкъсана верига	170
-При номинален ток	115 ±15
Ток на разряд A	
-номинален	30h – 60
- Максимален в течение на 15 мин	120
Електрически капацитет без презаряд Ah,не по малко	240
Мощност kW	
-номинална	3,9 – 6,6
-максимална не повече	10
Относителна мощност W/kg ,W/l	30h-50(40h-70)
Относителна енергия Wh/kg , Wh/l	200 (260)
Брой топлинни елементи	92
Маса ,kg без електролит	130
Габаритни размери mm	910 x 450 x 440

Презареждането на ЕХГ се осъществява с механична замяна на алуминиевия електрод.

Електрохимичен генератор „ЕХГ“ цинк- въздух

Този тип ЕХГ има показатели аналогични на показаните в таблица 1.4 за ЕХГ тип "алуминий- въздух". ЕХГ "цинк-въздух" намират приложение на ЕМ опитен образец на фирмата "Edison" (Италия)

Топлинни елементи (ТЕ)

ТЕ активно се разработват от фирми в САЩ, Япония и Германия. Практическото приложение се затруднява от сложността на процеса на получаване и съхраняване на водорода явяващ се основно гориво за този тип източници. Състоянието на работата по всички по-горе споменати източници на енергия за ЕМ е отразено в докладите на международните конференции по екологичен вид транспорт EVS-14, EVS-15 (1997 г.). В тези конференции са взели водещо участие производители на АБ от САЩ, Япония и Канада.

Капацитивни събирачи на енергия (КСЕ)

В последните години е достигнат съществен прогрес в областта на създаване на капацитивни събирачи на енергия. Електрохимичните кондензатори (суперкондензаторите) са устройства в които електрическата енергия се натрупва в двоен електрически слой тоест област съществуваща на границата между твърдото тяло и електролита. Благодарение на много голямата повърхност на използваните материали капацитетът на суперкондензаторите достига до 100000 F. Характеристиките им в зависимост от това кой е производителят са в широк диапазон:

- относителна мощност - до 3 kW/kg ;
- относителна енергия до 10 - 15 Wh/kg;
- време на заряд от 5 до 20 min;
- експлоатационен период (до 100000 цикъла);
- диапазон на работните температури - 40 °С... +50 °С.

Увеличаването на относителната мощност влече след себе си намаление на относителната енергия и обратното, увеличението на относителната енергия е съпроводено със снижаване на относителната мощност. Например, КСЕ производство на ЗАО «ЭСМА» (г.Троицк Московска обл., Русия), изготвени за тягов режим, имат максимална относителна мощност 500--600 W/kg, а относителна енергия 10-12 Wh/kg. КСЕ на този производител изготвени за стартерен режим с малко вътрешно съпротивление, имат относителна мощност 2-3 kW/kg, а относителна енергия 2-3 Wh/kg. В таблица 3 са дадени характеристиките на елементите на ЗАО «ЭСМА» и предпочитаните области на използване.

Таблица 3

Тип кондензатори	ЭК401	ЭКЮ3	ЭК104	ЭК203	ЭК251	ЭК301	ЭК302
Диапазон на работни напрежения V	1,3-0,8	1,3-0,8	1,3-0,3	1,3-0,8	1,3-0,8	1,3-0,8	1,3-0,8
Капацитет kF	10	3,2	3,2	45	50(130)	30	20
Вътрешно съпротивление mΩ	0,2	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1
Запасена енергия kJ	5,2	1,7	2,6	23,6	26,2	15,7	10,5
Относителна енергия, kJ/kg	3,7	5,0	7,6	8,4	9,3	5,6	3,2
Ток на утечка при напрежение 1,3V, mA	40-80	30-50	30-50	50-100	50-100	50-100	100-200
Експлоатационен живот, брой цикли	50	50	50	50	50	200	500

Тяговите акумулаторни батерии като източник на електрическа енергия, се описват обикновено с два способа:

- семейство разрядни характеристики;
- семейство външни характеристики.

Разрядната характеристика представлява зависимостта на напрежението на клемите на акумулатора U_6 от времето t при постоянна стойност на разрядния ток I и постоянна температура на батерията T_6 .

$$(1.1) \quad U_6 = f(t), I = \text{const}; T_6 = \text{const}$$

Разполагайки с разрядната характеристика, можем да определим работното време на батерията, до разряда и до минимално допустимото напрежение. Тъй като напрежението на акумулаторната батерия зависи от товарния ток, можем (напрежението) да го смятаме функция на две променливи тоест.

$$(1.2) \quad U_6 = f(t, I), T_6 = \text{const},$$

Функционалната връзка между напрежението на батерията при разряд и независимите величини ток и време I, t може да бъде представена в тримерно пространство. Тази повърхност е показана на фигура 1.1 Всяко сечение на повърхността

$U_6 = f(t, I)$ с плоскостта $I = \text{const}$ дава разрядната характеристика.

Външни характеристики

Външните характеристики най-добре описват свойствата на акумулаторната батерия като източник на енергия. Обикновено се определят като:

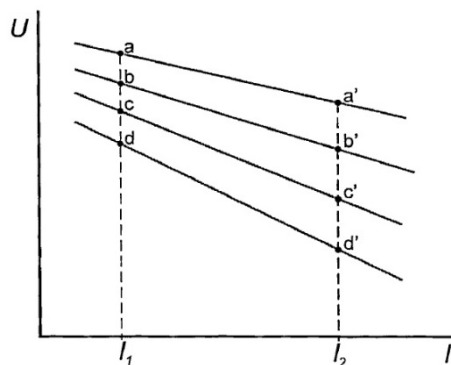
$$(1.3) \quad U_{\text{бат}} = f(I_{\text{раз}}) \text{ при } \Delta Q = \frac{Q}{Q_{\text{max}}} = \frac{I_{\text{раз}} \cdot t}{I_{\text{раз}} \cdot t_{\text{max}}} = \frac{t}{t_{\text{max}}} = \text{const}.$$

където:

Q - капацитет, отдаден от батерията при разряда и с ток $I_{\text{раз}}$ за време t от началото на разряда;

Q_{max} - максимален капацитет получен от батерията при разряда и до минимално допустимото напрежение, съответстващо на времето t_{max}

ΔQ - степен на разреденост на батерията по капацитет



Фиг.2 Външни характеристики на АБ

Недостатък на външните характеристики по капацитет се явява разликата в енергията, съответстваща на равни количества отдаден капацитет. С други думи, ако при разряд на батерията с ток $I_{\text{раз}}$, прехода от точка „a“ към точка „b“ съответства на определено количество енергия ΔW_{ab} фиг.1.3., то прехода от точка „b“ към точка „c“ съответства на енергия ΔW_{bc} при това $\Delta W_{ab} > \Delta W_{bc} > \Delta W_{cd}$. Аналогично ще забележим, че за ток $I_2 > I_1$ $\Delta W'_{ab} < \Delta W_{ab}; \Delta W'_{bc} < \Delta W_{bc}$

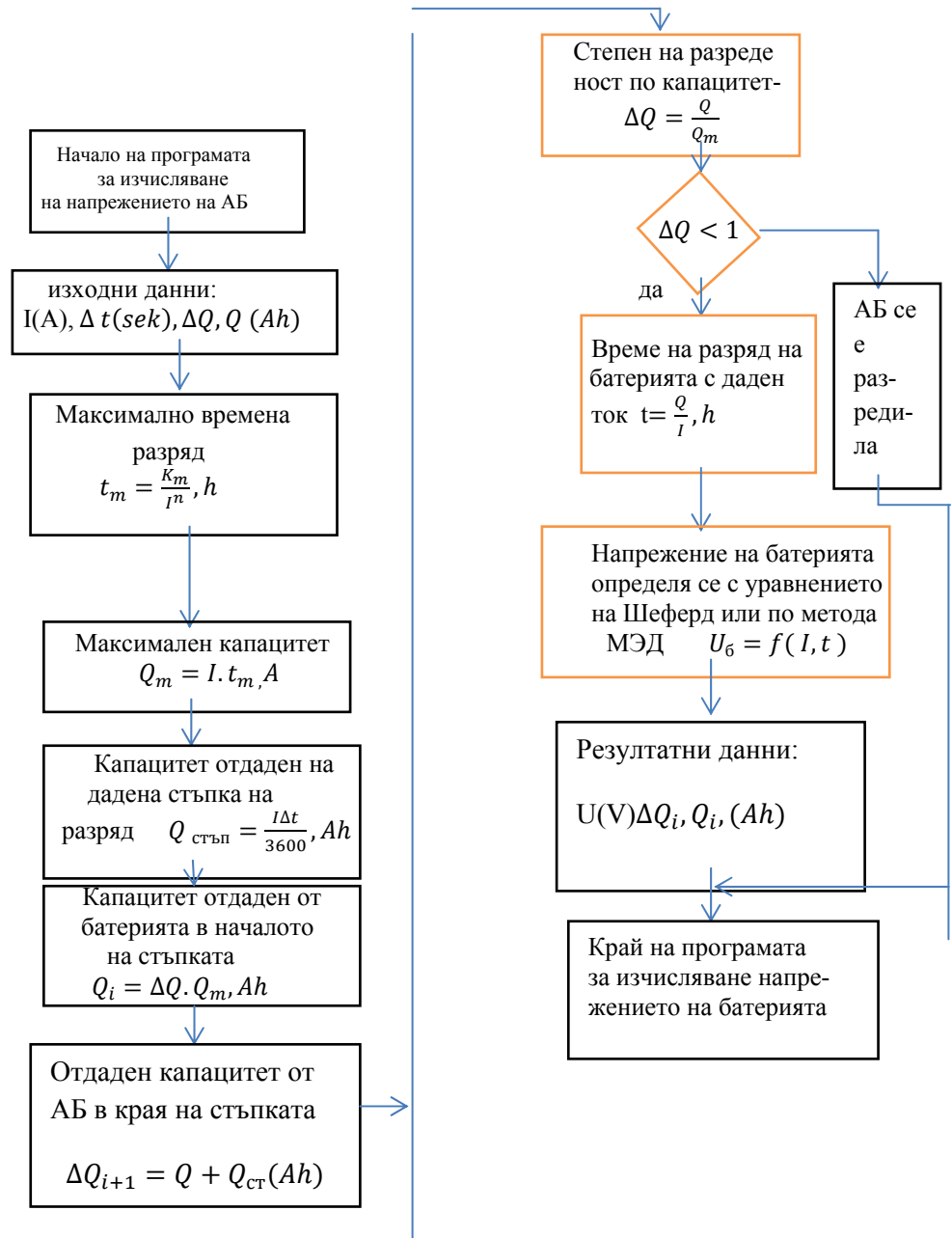
По този начин независимо, че линиите на външните характеристики по капацитет съответстват на равни количества получени ампер-часове, такова семейство характеристики е неравномерно по разпределение на енергията реализирана от тяговата акумулаторна батерия. Този факт усложнява ред енергийни изчисления на батериите.

Анализ и класификация на характеристиките на акумулаторните батерии

Може да се предложи метод за комплексна оценка на АБ по следните показатели разделени на четири групи:

- 1)технически показатели на АБ;
- 2) експлоатационни показатели на АБ;
- 3)икономични показатели на АБ;
- 4)екологичен ефект.

На фиг.3 показвам опростен алгоритъм позволяващ да се определи напрежението на АБ във всеки момент от движението на електромобила.



Фиг.3

POWER SOURCES FOR ELECTRIC CARS

Chavdar Angelov Dzambazky
djambo1951@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA*

Key words: *electric car, storage battery, traction battery, supercapacitors*

Abstract: *In our country, according to the Ministry of Natural Resources 42% of the pollution of the environment due to road transport and in - the big cities (Sofia, Plovdiv, Varna to 80-90%). During 2012 the globe have registered 800 million vehicles in 2013 and is expected to increase them twice, ie 1.6 billion, which is why the problem of pollution has become a global every year.*