

# **PRESEK**

**List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje**

ISSN 0351-6652

Letnik 33 (2005/2006)

Številka 5

Strani 20-22

Janez Strnad:

## **AKUMULATORJI**

Ključne besede: fizika, svinčev akumulator, Caston Planté, nikelj-kadmijev akumulator, hibridni akumulator, litijev ionski akumulator, litijev polimerni akumulator.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/33/1631-Strnad-akumulatorji.pdf>

© 2006 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

# Akumulatorji

**Akumulatorji so še pomembnejši kot galvanski členi, o katerih smo pisali v prejšnji številki Preseka. Tako imenujemo člene ali baterije členov, ki jih po uporabi ne zavržemo, ampak jih napolnimo in znova uporabimo. Po nekaj sto polnitvah odslužijo tudi akumulatorji. Vendar večkratna uporaba prihrani veliko snovi in dela ter zmanjša obremenitev okolja. Po oceni so akumulatorji – zdaj jih pogosto imenujejo baterije za polnjenje – samo štirikrat dražji od baterij. Uporabljamo jih v avtomobilih in motociklih za zaganjanje, za pogon električnih avtomobilov, v zvezi s sončnimi celicami, v prenosnih radijskih sprejemnikih in podobnih napravah, snemalnih kamerah, prenosnih računalnikih, mobilnih in brezvrvičnih telefonih, digitalnih fotografskih aparatih, brivnikih.**

Med uporabo akumulator enako kot galvanski člen deluje kot izvir napetosti in po sklenjenem električnem krogu, v katerega je vključen porabnik, poganja tok. Ob tem se *prazni*: oddaja električno delo in se mu zmanjšuje skupna notranja energija. Med polnjenjem pa akumulator priključimo kot porabnik na zunanji izvir napetosti, običajno na poseben *polnilnik*, in tega na električno omrežje. Prejšnjo pozitivno elektrodo zvežemo z negativnim priključkom polnilnika in prejšnjo negativno elektrodo s pozitivnim priključkom polnilnika. Polnilnik poganja po akumulatorju tok v nasprotni smeri od smeri, v katero teče, ko akumulator deluje kot izvir napetosti. (Negativno

in pozitivno elektrodo navedemo za primer, ko akumulator deluje kot izvir napetosti. Pri imenih elektrod moramo biti previdni. Pogosto negativno elektrodo imenujemo *katoda* in pozitivno *anoda*, včasih pa – tudi pri členih – uporabijo nasprotni dogovor. Zato smo se tema imenoma izognili.) Med polnjenjem kemijske reakcije potekajo v obrnjeni smeri kot med uporabo. Ob tem akumulatorju dovajamo električno delo, njegova skupna notranja energija se večja. Potem akumulator zopet uporabimo kot izvir napetosti in se igra ponovi. Polnjenje in praznjenje, pri katerem akumulator odda 8/10 nako-pičene energije, skupaj imenujemo *cikel*. Kot smo omenili, zmore akumulator več

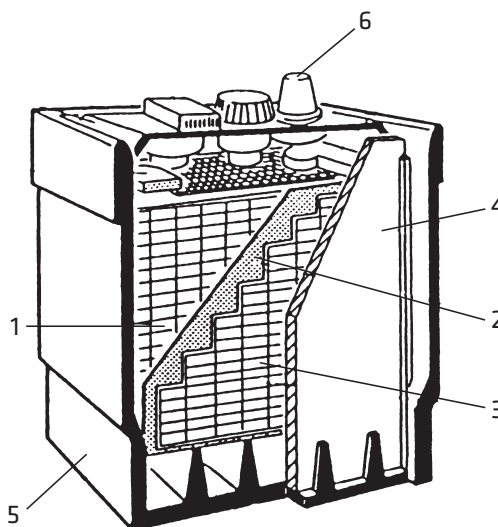
sto ciklov, preden postane neuporaben. Ta podatek in nekateri drugi podatki so pri akumulatorjih – podobno kot pri členih – samo okvirni, ker so odvisni tudi od načina uporabe.

Gaston Planté je leta 1859 sistematično raziskoval uporabnost kovin v galvanskih členih. Sestavil je člen s svinčevima elektrodama v razredčeni žveplovi kislini in spoznal, da ga je mogoče napolniti. Sprva ga je priključil na baterijo drugih

galvanskih členov, kmalu pa so v ta namen začeli uporabljati dinamo stroj, ki je izkoriščal indukcijo. Dinamo stroj za enosmerno napetost je že dve leti prej izdelal Werner von Siemens.

Člen – v tem primeru ga imenujemo *celica* – ima gonilno napetost 2 V. Negativna elektroda je svinec, pozitivna svinčev dioksid, elektrolit pa razredčena žveploveva kislina. Med uporabo iz svinca in svinčevega dioksida nastaja svinčev sulfat in se

Janez  
Strnad



**Slika 1.** Svinčeva akumulatorska baterija. Znaki pomenijo: **1** pozitivna elektroda pri praznjenju, **2** separator, **3** negativna elektroda pri praznjenju, **4** predelna stena, **5** ohišje, **6** priključek.

zmanjšuje delež žveplove kisline v vodi. S tem se zmanjšuje gostota elektrolita. Včasih so z merjenjem gostote elektrolita ugotavljali, ali je akumulator že prazen.

Današnji *svińčevi akumulatorji* za elektrodi ne uporabljajo več svinčeve pločevine ampak spužvast svinec z močno povečano površino. Večina jih namesto vodne raztopine žveplove kisline vsebujejo gel z žveplovo kislino (slika 1). Navadno avtomobilsko akumulatorsko baterijo z gonilno napetostjo 12 V sestavlja šest celic. Akumulator lahko sprejme naboj od 1 do 30 Ah. Pri naboju 15 Ah akumulator odda električno delo 500 tisoč joulov, ko odda 8/10 nakopičene energije:  $A = 0,8eU = 0,8 \cdot 15 \cdot 3600 \text{ As} \cdot 12 \text{ V} = 5,2 \cdot 10^5 \text{ J}$ . V tem primeru lahko 4 ure poganja tok 3 A ali 2,4 ure tok 5 A ali 12 ur tok 1 A. V avtomobilu, v katerem dinamostroj sproti polni akumulator, lahko ta nemoteno deluje več let.

Nekdaj so prodajali nenapolnjene svinčeve akumulatorje, v katere smo pred uporabo nalili žvepleno kislino in jih napolnili. Današnje akumulatorje pa prodajajo napolnjene in jih je mogoče takoj uporabiti. Svinčevi akumulatorji so cenen, zmorejo velik tok, ki ga zahtevajo zaganjači motorjev v vozilih, dobro pa se obnesejo tudi pri majhnih tokovih. Iz odsluženega svinčevega akumulatorja je razmeroma preprosto pridobiti svinec in ga ponovno uporabiti. Izdelovalci navajajo, da akumulator zmore 500 do 800 ciklov. Akumulator, ki ga ne uporabljamo, z lastnim praznjenjem izgubi 5 % nakopičene energije na mesec. Akumulator deluje dlje, če ga manj izpraznimo. Specifična energija in energijska gostota akumulatorjev sta na splošno manjša kot pri galvanskih členih. Za svinčev akumulator navajajo 30 Wh/kg. Prednost svinčevega akumulatorja je zanesljivost in razmeroma majhna cena, slabost pa razmeroma velika teža.

Svinčevemu akumulatorju je na nekaterih področjih začel konkurirati *nikelj-kadmijev akumulator*. Odkril ga je Waldemar



**Slika 2.** Sodobni akumulatorji z nikljevimi hidridom.

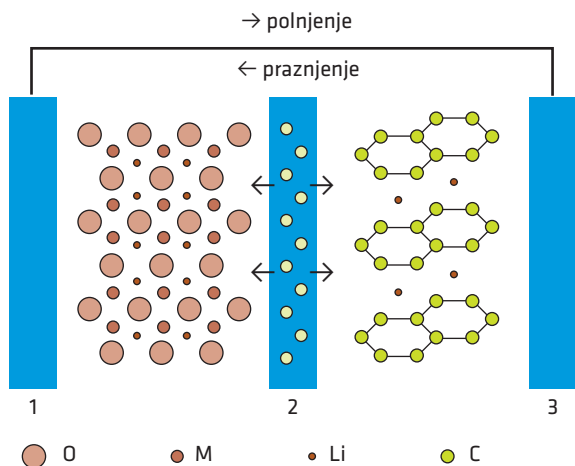
Jungner že leta 1899 in ga dve leti zatem patentiral. Kot negativna elektroda deluje kadmijev hidroksid, kot pozitivna elektroda nikljev hidroksid in kot elektrolit kalijev hidroksid. V večji meri so ga začeli uporabljati po letu 1947, ko so ga izdelali v zaprti izvedbi. Ta vrsta akumulatorja ima večjo specifično energijo od svinčevega akumulatorja, a je tudi dražja. Gonilna napetost celice meri 1,25 V, specifično energijo cenijo na 40 do 60 Wh/kg. Lastno praznjenje je 20 % na mesec. Ob skrbni rabi in rednem vzdrževanju lahko doseže več kot tisoč ciklov. Te akumulatorje uporabljajo, če je zaželena manjša masa in cena ni odločilna. Prevladujejo v zaganjalnikih za letalske motorje, prenosnem električnem orodju, medicinskih napravah, radijskih postajah.

Nikelj-kadmijeve akumulatorje so uporabljali na umetnih satelitih, preden so se razprle sončne celice, ki so pozneje napajale naprave na satelitu. Pri tem so opazili, da se akumulator po nekajkratni uporabi nepričakovano hitro sprazni. Podrobnejša raziskava je razkrila dva vzroka. Pri polnjenju s premajhnim tokom so se razvili na kadmijevi elektrodi s časom vse večji kristali. Zaradi tega se je zmanjšala efektivna površina in je akumulator slabše deloval. Vrh tega je nastajala spo-

jina  $\text{Ni}_5\text{Cd}_{21}$ , zaradi katere se je zmanjšala gonilna napetost za 0,12 V. Na srečo je mogoče nevšečnost odpraviti tako, da akumulator večkrat skoraj popolnoma spraznijo in nato napolnijo z ustreznim tokom. Na to smo mislili, ko smo omenili redno vzdrževanje. O pojavu ni dvoma, v strokovnih krogih pa teče razprava, ali ga je smiselno imenovati *spomin*.

Kadmij je razmeroma draga in strupena kovina. Veliko skrb moramo posvetiti odlaganju, razgradnji in recikliranju nikelj-kadmijevih akumulatorjev. Leta 2000 so na svetu izdelali poldrugo milijardo nikelj-kadmijevih akumulatorjev. To bi bila za okolje velika obremenitev, če z odsluženimi akumulatorji ne bi ustrezno ravnali. V Združenih državah v ceno tovrstnih akumulatorjev vračunajo stroške za razgradnjo.

Iz nikelj-kadmijevega akumulatorja se je razvil *hidridni akumulator*, ki ima namesto kadmijeve elektrode elektrodo iz nikljevega hidrida (slika 2). Zato je za okolje precej prijaznejši. Gonilna napetost celice je enaka 1,25 V, specifična energija pa je nekoliko večja, 60 do 80 Wh/kg. Po lastnem praznjenju 30 % na mesec je slabši. Tudi pri njem se kaže »spomin«, le da v manjši meri.



**Slika 3.** Shema delovanja litijevega ionskega akumulatorja, Znaki pomenijo: **1** pozitivna elektroda (pri praznjenju), **2** tanka plast elektrolita, **3** negativna elektroda (pri praznjenju), **O** atom kisika, **M** atom kovine, na primer kobalta, magnezija, niklja, **Li** ion litija, **C** atom ogljika v grafitu. Puščice kažejo smer gibanja elektronov.

Hidridne akumulatorje v zadnjem času izpodriva *litijev ionski akumulator*. Ima gonilno napetost 3,6 V in specifično energijo 100 Wh/kg in več. Negativno elektrodo sestavlja kovinski oksid, pozitivna elektroda vsebuje ogljik, elektrolit pa je litijeva sol v organskem topilu, na primer acetonitrilu. Akumulator je zaprt v jekleni posodici.

Spočetka litijev ionski akumulator ni bil na dobrem glasu. Večkrat je počila jeklena posodica, tako da je vsebina iztekla in pokvarila prenosni računalnik. Leta 1991 je eksplozija mobilnega telefona poškodovala uporabnika po obrazu. Zdaj so te nevarnosti odpravili. Akumulatorje so opremili z elektronskim vezjem, ki prepreči, da bi tok ali temperatura preveč narasla. To se pozna pri ceni. Vendar se je ta v zadnjih letih zaradi izboljšav v izdelavi in množične uporabe precej znižala.

Med polnjenjem akumulatorja se elektroni vgrajujejo med kristalne ravnine v ogljikovi elektrodi ter med praznjenjem prehajajo nazaj v kovinski oksid (slika 3). Zaradi tega pri tem akumulatorju govorijo o svingu, guganju.

Litijevi ionski akumulatorji ne poznajo »spomina«. Lastno praznjenje je samo

5 % na mesec. Njihova slaba stran pa je staranje, ki se začne že takoj po izdelavi in ni odvisno od uporabe. Na leto zgubijo pri temperaturi 25°C po 1/5 zmožnosti za sprejem naboja. Pri nižji temperaturi je izguba manjša, npr. 6/100 pri 0°C. Zato priporočajo, da akumulator kupimo šele, ko ga rabimo. Pri nakupu je smiselno pogledati, kdaj je bil akumulator izdelan. Če naprave dalj časa ne uporabimo, je smiselno akumulator sprazniti do 2/5, vzeti iz naprave in ga po možnosti hraniti v hladilniku, a ne pod 0°C. Litijeve ionske akumulatorje uporabljajo v elektronskih napravah, mobilnih (npr. družb Nokia in Ericsson) in brezvrvičnih telefonih. Zaradi njih so naprave lahko postale majhne in lahke. Uporabljajo jih tudi v prenosnih računalnikih.

Iz litijevih ionskih akumulatorjev so izšli *litijevi polimerni akumulatorji*, ki jih v nekaterih primerih nadomeščajo. Imajo gonilno napetost 2,7 V in še večjo specifično energijo 150 do 200 Wh/kg. Namesto vnetljivega organskega topila kot elektrolit uporabljajo polimer, npr. polietilenoksid. Med elektrodi ga namestijo v obliki tankega plastičnega filma, ki prevzame tudi vlogo separatorja. Akumulatorju je mogoče dati zelo ploščato obliko. Kot slabost so navajali razmeroma majh-

no število ciklov, v zadnjem času pa jih izdelovalci že obljublajo 500. Spočetka je imel tudi velik upor, ni dopuščal velikih tokov in ga je bilo treba dolgo časa polniti. V zadnjem času so te pomanjkljivosti deloma odpravili. Te akumulatorje uporabljajo v vodenih letalskih modelih in prenosnih računalnikih.

Novejši akumulatorji potrebujejo dobre polnilnike. Nekdaj so uporabniki priključili akumulatorje na polnilnik za čas, ki so si ga izračunali sami. Akumulator z nabojem 2,5 Ah, ki se je izpraznil, so npr. priključili na polnilnik za tok 0,5 A. Čas iz enačbe  $t = E/I = 2,5 \text{ Ah}/(0,5 \text{ A}) = 5 \text{ ur}$  so po izkustvenem pravilu povečali za 40 %, to je na 7 ur. Novejši polnilniki sami uravnavajo tok med polnjenjem in čas polnjenja. Pri tem nekateri upoštevajo, da med polnjenjem napetost narašča. Včasih prevzamejo to vlogo naprave z akumulatorji z vgrajenimi elektronskimi vezji. Vezja nadzorujejo napetost in temperaturo. Pri tem se npr. v votlinici s plinom zaradi povišanja temperature poveča tlak in prekine polnjenje.

