

Nivo tehnološkog razvoja i trend poboljšanja trakcionih olovnih akumulatora

Dr Obrad Šupić, dipl.inž.¹⁾

Iako razvoj olovnih akumulatora traje već 140 godina, dostignuti nivo razvoja nije zadovoljavajući po pitanju specifičnih električnih karakteristika, samopražnjenja i izdvajanja gasova. Značajna tehnološka poboljšanja postignuta su za traktione olovne akumulatore kod dobijanja legura, na izradi aktivnih materijala i produktivnosti, ali su još uvek nedovoljna. Trend razvoja je povećanje specifične energije i snage akumulatora, smanjenje samopražnjenja i količine razvijenih gasova kao i proširenje asortimana trakcionih akumulatora bez održavanja.

Ključne reči: Olovni akumulatori, traktioni akumulatori, specifična energija, samopražnjenje, razvoj legura, akumulatori bez održavanja.

Uvod

SKLADIŠTENJE električne energije i očuvanje životne sredine dva su pitanja koja su krajem 20.veka najčešće postavljana. Skladištenje električne energije je problem kako zemalja u razvoju, tako i zemalja sa razvijenim tehnologijama. Uzrokovan je ograničenim količinama primarnih izvora kao što su nafta, ugalj i gas. Da bi se koristili izvori energije kao što su sunce, vetar, talasi mora treba ih prevesti u električnu energiju. Korišćenje ove energije ima naročit značaj ne samo u momentu pretvaranja u električnu energiju, već i kada se za to ukaže potreba. Da bi ovo bilo moguće, mora se rešiti pitanje skladištenja energije. Za sada su akumulatori jedini koji se mogu koristiti u tu svrhu.

Važan faktor koji ograničava primenu primarnih izvora energije je ekologija. Zagađenost životne sredine, naročito u većim gradovima, prouzrokovana izduvnim gasovima iz automobila, kotlarnica i fabrika, dostizala je ponegde i smrtonosne koncentracije.

Pronalaskom akumulatora 1859.god. počinje era elektrohemijskih izvora energije i mogućnost skladištenja električne energije pretvaranjem u hemijsku.

Olovni akumulator je, zahvaljujući svojim elektrohemijskim i eksploatacionim karakteristikama i ekonomičnoj proizvodnji, postao najšire korišćen sekundarni elektrohemijski izvor električne energije sa tendencijom održavanja takvog stanja još dugo.

Prema nameni olovni akumulatori se mogu podeliti u tri osnovne grupe:

- starterski akumulatori i baterije,
- traktione baterije i
- stacionarne baterije.

Starterski (automobilski) akumulatori služe kao izvori napajanja za startovanje motora, lokalnog osvetljenja i signalnih uređaja. Kako je osnovna namena ovih akumulatora startovanje motora, od njih se zahteva što veća specifična snaga i specifična energija.

U ukupnoj proizvodnji olovnih akumulatora starterski akumulatori učestvuju sa više od 70%.

Prema konstrukcionom rešenju, starterski akumulatori su otvoreni (nehermetički), poluhermetički i hermetički. Poluhermetički akumulatori nazivaju se još i akumulatori sa smanjenim održavanjem, a hermetički akumulatori – akumulatori bez održavanja.

Traktione baterije

Traktioni olovni akumulatori i baterije služe kao izvor jednosmerne struje za širok spektar električnih vozila (električni viljuškari, električni automobil, dostavna vozila, vuču lokomotiva i dr.) i za pogon podmornica i torpeda.

Najvažniji zahtevi, koji se postavljaju pred ovu vrstu akumulatora, su sledeći:

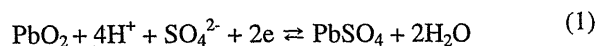
- što veća specifična energija,
- autonomija rada,
- mogućnost brzog punjenja i
- dug životni vek.

Stacionarne baterije služe za neprekidno napajanje energijom (UPS), napajanje energijom uređaja u telekomunikacijama, radio-relejnim stanicama, za osvetljenje, za premošćavanja prilikom nestanka struje i dr. Karakterišu se vrlo dugim životnim vekom (preko 10 godina). Mogu biti izvedeni kao otvoreni, poluhermetični i hermetični.

Prednosti i nedostaci olovnih akumulatora

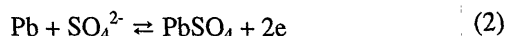
Razlog za vrlo široku oblast primene olovnih akumulatora naročito u oblasti napajanja električnom energijom nalazi se u elektrohemijskim reakcijama koje se odvijaju prilikom punjenja i pražnjenja akumulatora na katodi, odnosno na anodi.

Na pozitivnoj elektrodi (katodi) olovodioksid reaguje sa sumpornom kiselinom i formira olovosulfat i vodu prema jednačini:

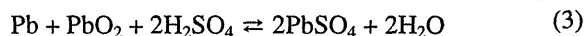


¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

Na negativnoj elektrodi (anodi) olovo reaguje sa sulfatnim jonom pri čemu nastaje olovosulfat:



Zbirna reakcija ima sledeći izraz:



Nazvana je reakcijom dvostrukog sulfata i najčešće se koristi prilikom izračunavanja specifičnih elektrohemijskih parametara elektrohemijske ćelije olovnog akumulatora.

Elektrohemijski procesi, koji se odvijaju u ćeliji, daju povoljne eksploatacione karakteristike iz više razloga, [1-4]:

1. Elektroadni reaktanti, Pb i PbO₂ kao i reakcioni proizvod PbSO₄ su čvrsta jedinjenja koja ne menjaju mesto na elektrodama za vreme procesa punjenja i pražnjenja, zbog veoma malog proizvoda rastvorljivosti PbSO₄, pa je prihvaćeno da se radi o elektrohemijskim procesima oksidacije i redukcije u čvrstoj fazi. Znači, nema problema u transportu elektrodnih reaktanata tokom punjenja i pražnjenja, ako se izuzmu sulfatni joni. Međufazni sloj - strujni kolektor/aktivna masa i porozna struktura elektroda ostaju nepromenjeni što smanjuje nastajanje kratkih spojeva na minimalni broj slučajeva.
2. Katodna i anodna reakcija koristi iste materijale: olovo, kiselinu i vodu. Tako, u slučaju da se potencijali dve elektrode zamene, olovna anoda postaće olovodiodna katoda i obratno što, u slučaju inverzije, ima za posledicu neznatna destruktivna dejstva. Ćelije olovnih akumulatora ne zahtevaju visokootporne i skupe membrane da bi sprečile kontaminaciju neke od polućelija, dovoljan je separator koji je znatno jeftiniji.
3. Iskorišćenje energije kod olovnih akumulatora je vrlo visoko i iznosi Wh%=75 i Ah%=85, što ga čini jednim od najefikasnijih sistema dostupnih za čuvanje energije. Energetska efikasnost je zasnovana na dobroj reverzibilnosti reakcije dvostrukog sulfata.
4. Olovni akumulatori imaju napon ćelije viši od 2 V, što je među komercijalnim akumulatorima sa vodenim elektrolitom u gornjoj granici.
5. Elektroliza vode pri punjenju akumulatora znatno je sporija od brzine reakcije punjenja zahvaljujući sporijem kinetici izdvajanja vodonika na olovnoj i kiseonika na olovodiodnoj elektrodi, pa je iskorišćenje struje i do 95%.
6. Olovo, olovodiod i sumporna kiselina imaju relativno dobru električnu provodljivost što omogućava veliku snagu, a to se zahteva naročito za starterske akumulatora, ali i za elektrovoću.
7. Koroziona otpornost olova i njegovih legura u sumpornoj kiselini je dobra, pa se rešetke elektroda mogu koristiti i kao strujni kolektor. To pojednostavljuje hemizam akumulatora, obezbeđuje dobru adheziju aktivne mase i smanjuje troškove i masu akumulatora.
8. Preporučeni opseg radnih temperatura za olovne akumulatora je od -30°C do 50°C tako da samo mali broj slučajeva zahteva temperaturnu kontrolu pri radu, naročito kod manjih gabarita.
9. Materijala za izradu akumulatora ima i nisu skupi. Jugoslavija je značajan proizvođač olova. Reciklaža materijala je moguća i razvijena; u SAD reciklira se 90%, a u Evropi preko 70%.
10. Konstrukcija ćelije olovnog akumulatora je prilično jednostavna. Korišćenje i održavanje je takođe jednostavno.

vno. Noviji akumulatori su sa smanjenim održavanjem ili bez održavanja.

11. Ekonomičnost proizvodnje olovnih akumulatora može biti zadovoljavajuća. Jugoslovenski proizvođači su bili veliki izvoznici, izvezili su čak i 90% ukupne proizvodnje do 1990.god. Serije proizvodnje su velike, a tip proizvoda se ne menja od 5 do 8 godina.

Nedostaci olovnih akumulatora

1. Kao prvi nedostatak, koji se uočava kod olovnih akumulatora, je nizak nivo specifične energije i snage, a razlog tome je visoka relativna atomska masa olova. Teoretska vrednost specifične energije za olovne akumulatora je 218 Wh/kg i zasniva se na naponu ćelije od 2,6076 V za 100% H₂SO₄ koja se troši do 100% H₂O. Međutim, ako se u izračunavanje uključi 40% H₂SO₄, teoretska vrednost pada na 123 Wh/kg.
2. Proizvodnja olovnih akumulatora spada u grupu tehnologija koja zagađuje okolinu.
3. Dvovalentna jedinjenja olova imaju znatno veću električnu otpornost od olova i olovodiodksida. Olovosulfat je izolator, a olovo(II)oksidi i bazni olovni sulfati su poluprovodnici, što je nepovoljno. Ova jedinjenja u određenim okolnostima mogu nastati u međusloju aktivni materijal-strujni kolektor pri čemu se povećava otpor ćelije ili čak izoluje elektrohemijski aktivni materijal.
4. Iskorišćenost ćelije olovnog akumulatora je ograničena difuzijom sumporne kiseline u poroznu elektrodu i smanjuje se sa povećanjem brzine pražnjenja i padom temperature, tako da je iskorišćenje elektrohemijski aktivnog materijala na niskim temperaturama veoma malo: kod startovanja motora na -18°C iznosi samo 4-6%.

Dostignuti nivo razvoja i kvaliteta olovnih akumulatora

Razvoj olovnih akumulatora, kao sekundarnog izvora električne energije, traje već 140 godina. U toku tog dugog perioda olovni akumulatori su doživeli niz poboljšanja i modifikacija. Razvoj se nastavlja unapređenjem konstrukcije rešetki elektroda, izborom novih materijala za kućišta i poklopac, novih materijala za separatore kao i novih tehnologija izrade praha za aktivnu masu, pripreme aktivne mase za spravljanje poroznih negativnih elektroda u koju se dodaju različiti aditivi radi povećanja poroznosti ili sprečavanja korozije rešetke.

U proizvodnji postoje visokoproduktivne mašine za live-nje rešetki, za pastiranje i montažu, tako da je ekonomičnost proizvodnje na zadovoljavajućem nivou.

Razvoj industrije, a naročito povećanje zahteva za što čistijom životnom sredinom, uslovlili su potrebu i za bržim razvojem trakcionih olovnih akumulatora. Pojedine zemlje su donele odluke prema kojima u 2000. godini 2% ukupnog broja vozila treba da bude na električni pogon. Mora se priznati da je spor razvoj električnog automobila uzrokovan upravo neadekvatnim stanjem trakcionih akumulatora za ovu svrhu.

Trakcioni olovni akumulatori prema konstrukciji rešetke pozitivne elektrode mogu biti cevasti ili pancirni i rešetkasti ili pastirni, a po načinu održavanja otvoreni, koji zahtevaju puno održavanja i akumulatori bez održavanja.

Kapacitet trakcionih olovnih akumulatora kreće se od 50 Ah do 10.000 Ah i više.

Tabela 1. Karakteristike trakcionih olovnih akumulatora proizvedenih od 1985-1995.god. (prema prospektima proizvođača)

Naziv proizvođača	Tip proizvoda	Dimenzije (mm)	Masa (kg)	C ₅ (Ah)	Specifična energija (Wh/dm ²)	Gustina energije (Wh/dm ²)	Životni vek
MEŽICE Slovenija	4Pg 250	82,5x198x385	16,2	228	28,48	72,519	≤5 g
	5Pg 250	101x198x385	20,3	285	28,07	74,035	≤5 god.
TREPČA Srbija	4PAS 240	81x196x340	15,3	220	28,75	81,52	>3 god.
	5PAS 240	99x196x340	18,7	270	28,87	81,85	>3 god.
	10PAS 440	233x210x662	80	1000	25,00	61,74	>300 ciklusa
FLUMEN Francuska	BHX 5	93,5x202x158	19,5	105	26,92	70,37	5 god.
	BAX 11	158x260x189,5	21,35	308	28,85	79,12	5 god.
	BBX 15	158x253x324	38,1	600	31,49	92,47	5 god.
	EDX 10	191x466x198	51,00	900	35,29	102,156	5 god.
"BAE - IHIS" Nemačka-Jugoslavija	Monoblok geliran	275x175x190	21	12 V, 55 Ah	31	72,18	>5 god.
	Monoblok geliran	340x172x235	31	12 V, 80 Ah	30	69,85	>5 god.
	Monoblok geliran	244x190x274	32	6 V, 180 Ah	33	85,03	>5 god.
SUNLIGHT	4P _z -S 240	83x198x370	15,2	240	31,57	78,94	5 god.
GERMANOS Grčka	5P _z -S 300	101x198x370	19,1	300	31,41	85,83	5 god.
	10P _z -S 900	191x198x500	52,9	900	34,02	95,23	5 god.

U poslednjih 20 godina razvijeni su akumulatori sa smanjenim održavanjem ili bez održavanja. Ovo je postignuto zahvaljujući rešenju rekombinacije kiseonika i novim tipovima legura kao što je Pb-Ca-Sn legura. Stvoreni su uslovi za proizvodnju akumulatora sa mobilisanim elektrolitom u matricu od sintetičkog polimernog ili staklenog materijala i elektrolitom u obliku gela. Na taj način smanjeno je samopražnjenje i troškovi održavanja, a produžen je životni vek akumulatora i proširena oblast primene.

Procenat antimona u leguri za pozitivnu rešetku smanjuje se od 11%, koliko je bio na početku 20. veka, na 3-6% koliko je danas u primeni.

Smanjenje procenta antimona u leguri za pozitivnu rešetku omogućeno je dodavanjem arsena i selen. Najveći pomaci u razvoju legura desili su se zahvaljujući razvoju podmorničkih akumulatora i primeni tih znanja na proizvodnju komercijalnih trakcionih i stacionarnih akumulatora [5-7].

Kakvo je stanje razvoja olovnih trakcionih akumulatora može se zaključiti analizom njihovih karakteristika prikazanih u tabeli 1.

Separatori su izrađeni od različitih materijala: gume, PVC, celuloze, polietilena, duroplasta i dr.

Tašne ili pancirne cevi za pozitivnu elektrodu izrađene su od PVC ojačanog staklenim vlaknom ili od poliestra impregnisanog akrilnom smolom otpornom na H₂SO₄.

Reciklira se od 50% do 90% materijala ugrađenog u akumulatore.

Tendencije razvoja

Karakteristike trakcionih olovnih akumulatora, naročito onih koji se koriste za pokretanje električnog automobila, nisu još na zadovoljavajućem nivou. Međunarodne organizacije za proizvodnju akumulatora projektovale su zahteve koje treba srednjoročno (do 2000.god.) i dugoročno da ispunje akumulatori [3].

U tabeli 2 su prikazane projektovane poboljšane karakteristike olovnih akumulatora nove generacije [3].

Za akumulatore koji se koriste u baterijama za elektrotrakciju, prema američkom udruženju proizvođača akumulatora USABC, postavljeni su zahtevi prikazani u tabeli 3.

Tabela 2. Projektovane karakteristike olovnih akumulatora (ALABAC)

Karakteristika	Vrednost (opis)
Specifična energija Wh·kg ⁻¹	50
Gustina energije Wh·dm ⁻³	100
Specifična snaga W·kg ⁻¹	200
Gustina snage W·dm ⁻³	500
Broj ciklusa dubokih pražnjenja	>600
Elektrohemijski sistem	hermetički i/ili bez održavanja
Vreme punjenja (100% punjenje) h	≤4
Cena USD/kWh	150
Ekološki aspekt	potpuna reciklaža

Tabela 3. Zahtevi za baterije elektrotrakcije prema USABC

Karakteristike	Jedinica	Ciljevi	
		srednjoročni	dugoročni
Specifična energija C ₃	Wh·kg ⁻¹	80-100	200
Gustina energije C ₃	Wh·dm ⁻³	135	300
Specifična snaga 80% DOD/30 sec.	W·kg ⁻¹	150	400
Gustina snage	W·dm ⁻³	250	600
Životni vek do 80 C ₁₀	godina ciklusa	5 600	10 10.000
Opseg radnih temperatura	°C	-30° do +65°C	-40° do +85°C
Potrebno vreme za punjenje	h	<6	3-6
Potrebno vreme za brzo punjenje 40-80% C _n	minuta	<15	<15
Cena: Pri minimalnoj proizvodnji od 10.000 baterija/godini kapaciteta 40 kWh	\$ kWh	<150	<100
Stepen iskorišćenja energije	%	75	80
Samopražnjenje	%	<15% u 2 dana	<15% u toku 30 dana
Specijalno održavanje	-	bez	bez
Mogućnost reciklaže	%	100	100

Upoređivanjem podataka prikazanih u tabelama 1, 2 i 3 uočavaju se velike razlike. Naime, postavljeni zahtevi su veoma ambiciozni, i da bi im se približili ili ih ispunili mora se rešiti niz problema. Problematika se može grupisati, na način koji je prikazan u tabeli 4.

Tabela 4. Problemi koje treba rešiti radi postizanja zadatih karakteristika trakcionih olovnih akumulatora

Materijali	Deo u sklopu akumulatora	Problematika koju treba rešiti
Legure	rešetke elektroda polni mostovi strujni kolektori	Smanjiti interkristalnu i naponsku koroziju Povećati provodljivost struje Omogućiti bolju raspodelu gustine struje po visini rešetke Smanjiti brzinu izdvajanja gasova Smanjiti % Sb u leguri
Aktivni materijali	elektrode	Obezbediti dobro uklapanje aktivne mase u rešetku Nepoželjne promene strukture u aktivnoj masi Niska reaktivnost aktivne mase
Ostali konstrukcijski materijali	odušnici ventili kućišta akumulatora	Propuštanje gasova bez H_2SO_4 Sigurnost u različitim uslovima Dobra otpornost na vibracije i udare
Punjenje	sklop elektroda u akumulatoru	Mala brzina punjenja i uzak temperaturni radni interval punjenja bez štetnih uticaja na akumulator
Opšte karakteristike	povećanje specifičnih električnih karakteristika povećanje vremena skladištenja bez elektrolita smanjenje samopražnjenja i izdvajanja gasova proširenje intervala radnih temperatura proširenje asortimana hermetičkih akumulatora	

Tendencije razvoja legura za tracione baterije kreću se ka smanjenju procenta Sb u leguri, naročito za pozitivnu rešetku elektrode. Procenat antimona se smanjuje sa 9% na 6% i ispod 6%. Pojedini proizvođači su napravili legure i sa 3% Sb (ADMIRALITY B) i sa 4,5% Sb [2].

U cilju dobijanja legura sa poboljšanim strukturama od livka, u legure se dodaju aditivi.

U toku su osvajanja legura sa povećanom korozionom otpornošću naročito na interkristalnu i naponsku koroziju. To se postiže dodavanjem u leguru određenog procenta Sn, Se, In, As, Ag i dr., kao i posebnim metalurškim tretmanima legure [11].

Specifična energija se može povećati uvođenjem bakarne rešetke za negativnu elektrodu. Rešetka se zaštiti elektrohemijom prevlakama legura olovo-kalaj i olova. Na osnovu manje mase rešetke elektrode i bolje električne provodljivosti, dobijen je za 25% veći kapacitet a za 31% više energije.

Kod većih tipova trakcionih baterija izvodi polova i polni mostovi imaju umetke od elektrolitičkog bakra, zbog bolje provodljivosti struje i manjeg zagrevanja.

Kroz izvode polova i polne mostove se u bakarni umetak ugrađuje kanal za hlađenje vodom.

Razvoj legura za tracione olovne akumulatora ide i u pravcu korišćenja Pb-Ca-Sn legura, kao i olovoplastičnih elektroda [1,3,11].

Pancirne ili cevaste rešetke elektroda stavljaju se u poliesterske tašne impregnirane akrilnom smolom manje mase i dimenzija od ranije korišćenih PVC cevi ojačanih staklenim vlaknima, što pozitivno utiče na specifičnu energiju.

Kako je aktivna masa u akumulatoru bitna za niz postavljenih karakteristika, pripremi paste, njenom sastavu i postupku pastiranja se poklanja velika pažnja. Razvijen je novi sistem za mešanje paste sa vakuumskim hlađenjem, koje je uniformno i kontinualno. Prednosti novog sistema su:

- dobijanje paste ujednačenog kvaliteta,
- potpuna reproduktivnost recepture i saglasnost sa njom, jer se proces mešanja odvija u zatvorenom vakuum sistemu,
- pasta je ujednačena po gustini i poroznosti,
- temperatura i vlažnost paste u svim delovima mešača je ujednačena,
- postiže se kontrolisan sastav paste (trobazni/tetrabazni olovosulfat) i veličina kristala i
- skraćuje se vreme mešanja paste.

Tehnološka šema postupka pripreme paste vakuumskim mešačem prikazana je na sl.1.

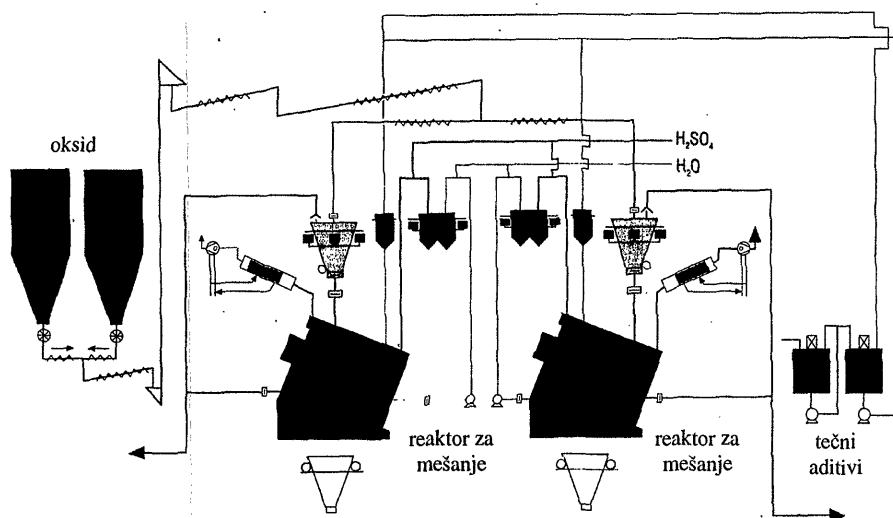
Posebni problemi javljaju se kod trakcionih olovnih akumulatora primenjenih u podmornicama, jer se oni razlikuju od komercijalnih trakcionih akumulatora po nizu principijelnih osobenosti [2].

Visina elektroda ovih akumulatora je od 500-1100 mm. Pri upotrebi elektroda takve visine moguća je neravnomerna raspodela gustine struje na elektrodama po visini, smanjeno iskorišćenje aktivne mase i veliki omski gubici na provodnim osnovama.

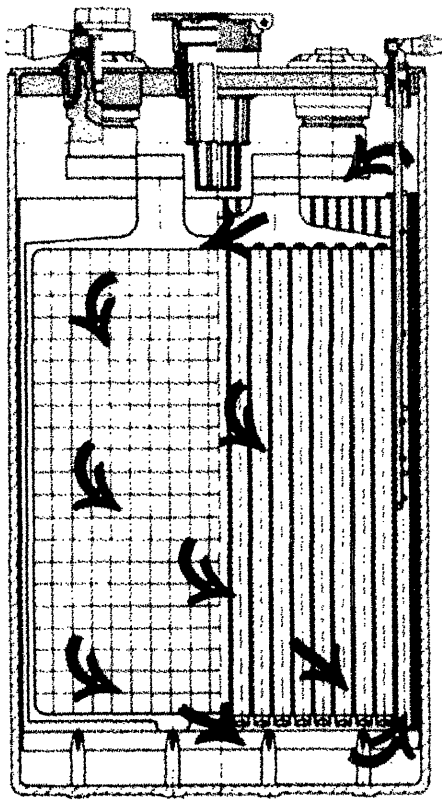
Neravnomerna gustina struje po visini elektrode uzrokuje raslojavanje elektrolita po gustini u odnosu na visinu, što ima za posledicu povećano samopražnjenje i pasivaciju elektroda kao i izdvajanje gasova. Zbog toga je za funkcionisanje i životni vek podmorničkih baterija od izuzetne važnosti sistem mešanja elektrolita komprimovanim vazduhom.

Postoje dva načina mešanja: uduvavanjem vazduha pomoću cevi i "erliftom". Ovaj drugi način ima prednost, jer se njime ne podiže talog koji se skuplja na dnu posude.

Da je mešanje elektrolita kod trakcionih baterija potrebno, potvrđuje i njegovo uvođenje na komercijalnim baterijama, prikazano na sl.2.

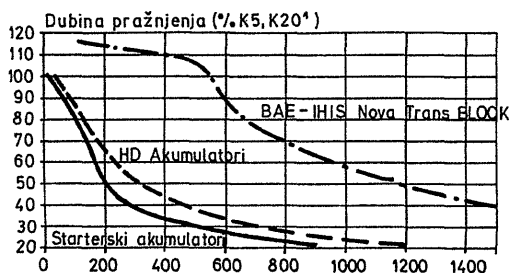


Slika 1. Tehnološka šema pripreme paste sa 2 vakuum mešača



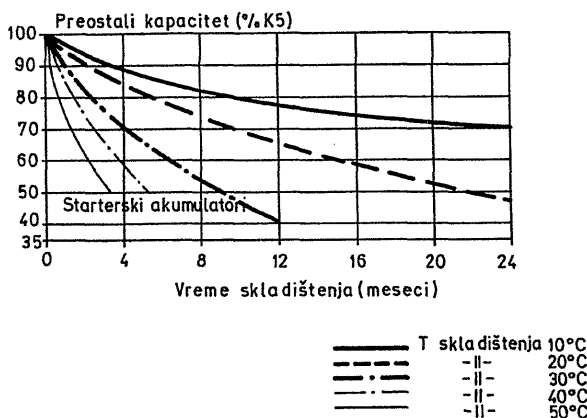
Slika 2. Izgled ćelije sa ugrađenom pumpom za mešanje elektrolita (BAE-IHIS)

I od trakcionih baterija se zahteva da rade bez održavanja. To se postiže upotrebom rešetkastih elektroda i imobilisanog elektrolita. Prednost upotrebe geliranog elektrolita u odnosu na klasične akumulatore u pogledu životnog veka i samopražnjenja prikazana je na slikama 3 i 4. Životni vek ovih akumulatora je veći od 700 ciklusa sa dubinom pražnjenja do 75%.



1.) Uslučaju starterskih i HD akumulatora za 20-to časovni režim T - 20°C IU/IUa-punjenje Kraj ciklusa: Kist < 80% K5

Slika 3. Uticaj dubine pražnjenja na životni vek akumulatora



Slika 4. Prednosti geliranih elektrolita u odnosu na klasične, po pitanju samopražnjenja za vreme skladištenja

Napomena: Izvor podataka prospekt BAE-IHIS, Nova Trans Blok, akumulatori za vuču.

Zaključak

Olovni akumulatori su veoma važan i široko primenjen sekundarni izvor električne energije sa velikom verovatnoćom da tako i ostane još dugo vremena.

Trakcioni olovni akumulatori dobijaju sve veći značaj razvojem električnog automobila.

Udruženja proizvođača akumulatora u Evropi i Americi definisala su srednjoročne i dugoročne zahteve koje treba ispuniti. Ti zahtevi izgledaju veoma visoki ali veruje se da su ostvarljivi.

Zahtev za povećanje specifične energije sa sadašnjih 28-35 Wh/kg na 50-100 Wh/kg zasniva se na činjenici da je teoretska vrednost specifične energije od 218 Wh/kg zasnovana na naponu ćelije od 2,607 V i 100% H₂SO₄ koja se u reakciji potroši potpuno do H₂O i praktične teoretske specifične energije 40% H₂SO₄ do 123 Wh/kg.

Izborom odgovarajuće legure, s aspekta električne provodljivosti i otpornosti na interkristalnu i naponsku koroziju, moguće je povećati gustinu energije i gustinu snage kao i životni vek akumulatora.

Dostignuća na ovom planu referisana na 6. evropskoj konferenciji o olovnim akumulatorima (Prag, 1998.godine) ukazuju da se u ovoj oblasti mnogo radi i da se nagoveštavaju dobri rezultati [11].

Polazni materijali moraju biti tačno definisanog kvaliteta, kako kod legura, tako i kod aktivnih masa, separatora i elektrolita.

Novе tehnologije u izradi elektroda i aktivnih masa ukazuju da je tehnološkim postupcima moguće znatno uticati na specifične karakteristike u pozitivnom smislu kako povećanja energije, tako i brzine punjenja.

U oblasti tehnologija se čine najveći pozitivni pomaci. Osvajanjem novih tipova legura i geliranih elektrolita stvara se mogućnost izrade akumulatora sa smanjenim održavanjem ili bez održavanja.

Smanjenjem samopražnjenja povećava se životni vek na više od 700 ciklusa, a istovremeno smanjuje se i brzina izdvajanja gasova.

Primenom materijala koji se mogu 100% reciklirati postiže se ušteda materijala i čuva se životna sredina od zagađenja otrovnim olovom.

Literatura

- 1] ČEKEREVAC, M. Tehnička studija. int. dok. Vojnotehnički institut VJ, TS 6474730, 1994.
- 2] RUSIN, A. Nova dostignuća u istraživanju i razvoju olovni akumulatora specijalne namene. *Izvori električne energije*, 1995, no.1, p.3-7.
- 3] VOJNOVIĆ, M.V. Ciljne oblasti razvoja nove generacije olovni akumulatora. *Izvori električne energije*, 1994, no.4, p.572-577.
- 4] WIESENER, K. Trend der Batterieentwicklung für die Elektrotraktion. *Izvori električne energije*, 1996, no.3-4, p.197-215.
- 5] ŠUPIĆ, O. Razvoj pogonskih baterija za električna vozila. *Vojnotehnički glasnik*, 1995, no.6, p.768.
- 6] ŠUPIĆ, O., STOJANOVIĆ, M., VUČKOVIĆ, I. Zaštita bakarne rešetke negativne elektrode trakcionog olovnog akumulatora. *Izvori električne energije*, 1998, br.1-2, p.43-50.
- 7] ŠUPIĆ, O., KOŠIĆ, Š., MARKOVIĆ, Z., BALDINIĆ, A., ČEKEREVAC, M. Ispitivanje mehaničkih i korozionih svojstava PbSb legura za izradu rešetke elektroda trakcionih olovni akumulatora. *Izvori električne energije*, 1997, no.1, p.55-67.
- 8] RAKIN, P., ŠUPIĆ, O., RAKIN, Z., RUSIN, A. On the desulfatation of used lead-acid battery. Zbornik radova, p.170. International Conference on Lead-Acid Batteries, Sofija '99.

- [9] KIESSLING,R. Copper-stretch-metal Tehnology and Applications. *Journal of Power Sources* 1987, vol.2, no.19, p.147-150.
- [10] RUSIN,A.I., LEONOV,V.N. Storage Batteries for Submarines *Journal of Power Sources* 1992, no.40, p.217-220.

- [11] *6.evropska konferencija o olovnim akumulatorima. Zbornik radova, Prag, 1998.*

Rad primljen: 17.11.1999.