

# Određivanje parametara akumulatorskih baterija

---

**Dorić, Dominik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:569269>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**STRUČNI STUDIJ ELEKTROENERGETIKE**

**ODREĐIVANJE PARAMETARA  
AKUMULATORSKE BATERIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Dominik Dorić**

**Osijek, 2021**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 16.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit  
na preddiplomskom stručnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Dominik Dorić
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4490, 23.07.2018.
OIB studenta:	56364409933
Mentor:	Dr.sc. Venco Čorluka
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Mr.sc. Dražen Dorić
Član Povjerenstva 1:	Dr.sc. Venco Čorluka
Član Povjerenstva 2:	Dr. sc. Krešimir Miklošević
Naslov završnog rada:	Određivanje parametara akumulatorskih baterija
Znanstvena grana rada:	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
Zadatak završnog rada	
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	16.09.2021.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 10.10.2021.

**Ime i prezime studenta:**

Dominik Dorić

**Studij:**

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

A 4490, 23.07.2018.

**Turnitin podudaranje [%]:**

7%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Određivanje parametara akumulatorskih baterija**

izrađen pod vodstvom mentora Dr.sc. Venco Ćorluka

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# Sadržaj

1.UVOD.....	1
1.1.Zadatak završnog rada .....	1
2.VRSTE AKUMULATORSKIH BATERIJA .....	2
2.1.Poplavljena(flooded) akumulatorska baterija .....	2
2.2.Zatvorene(sealed) akumulatorske baterije .....	3
2.3.AGM zatvorene(sealed) akumulatorske baterije .....	4
2.4.Akumulatorske baterije sa zapečaćenim gelom.....	4
2.5.Akumulatorska baterija dubokog ciklusa .....	5
2.6.Akumulatorske baterije za pokretanje motora.....	6
2.7.Ventilatorsko regulirana akumulatorsa baterija.....	7
3.KARAKTERISTIKE BATERIJE .....	9
3.1.Osobine i svojstva.....	9
3.2.Učinkovitost baterije.....	11
3.3.Operacije na akumulatorskim baterijama.....	12
3.4.Životni vijek akumulatorske baterije .....	13
3.5.Zahtjevi za održavanje .....	14
4.PARAMETRI AKUMULATORSKE BATERIJE.....	16
4.1.Parametri punjenja i pražnjenja .....	17
4.1.1.Stanje napunjenosti baterije(BSOC) .....	19
4.1.2.Dubina pražnjenja(Depth of discharge).....	20
4.1.3.Stope punjenja i pražnjenja.....	21
4.2.Napon baterije .....	22
4.2.1.Granični napon.....	23
4.3.Unutarnji serijski otpor .....	23
4.4.Kapacitet baterije.....	24
4.4.1.Utjecaj brzine punjenja i pražnjenja na kapacitet .....	25
4.4.2.Temperatura.....	26
4.5.Životni vijek akumulatorske baterije .....	27
4.6.Naponi za uobičajenu upotrebu .....	28
ZAKLJUČAK .....	29
LITERATURA .....	30
SAŽETAK .....	31
ABSTRACT.....	31
ŽIVOTOPIS.....	32

# 1. UVOD

Akumulatorska baterija ili je tip baterije koji ima mogućnost ponovnog punjenja te je prvi put izumljena 1859 godine od strane francuskog fizičara Gastona Plantea, te nakon 160 godina i dalje nemamo bolji izbor baterije za upotrebu u automobilske industriji, medicini, te kao rezerno napajanje po omjeru cijene i kvalitete. Ova vrsta baterija je jako popularna zbog toga što je pouzdana i cijena joj je relativno niska što se tiče omjera cijene po watt-u. Akumulatorska baterija je sastavljena od individualnih ćelija spojenih u seriju, gdje svaka ćelija sadrži slojeve od legura olova koje su uronjene u otopinu elektrolita, koja je obično izrađena od 35% sumporne kiseline ( $H_2SO_4$ ) i 65% vode. Čisto olovo je premekano te ne bi bilo sposobno samo održavati svoju teksturu, pa se zbog toga u leguru olova dodaje male količine drugih metala kako bi se dobila mehanička čvrstoća i poboljšala električna svojstva. U usporedbi sa ostalim vrstama punjivih baterija, akumulatorska baterija ima najmanju gustoću energije, te zbog toga imaju znatno manji životni vijek u slučaju deep cyclinga ili čestog pražnjenja u odnosu npr. na nickel (Ni) ili lithium (Li) baterije. Unatoč tomu, ona ima sposobnost opskrbljivanja velike udarne struje što znači da ćelije unutar ove baterije imaju veliki omjer snage i veličine. Te značajke, zajedno s niskom cijenom, čine ih atraktivnim za uporabu u motornim vozilima kako bi osigurale visoku struju potrebnu za pokretanje motora. Zbog toga što im cijena nije velika u odnosu na neke druge tipove punjivih baterija, akumulatorske baterije se koriste i u situacijama gdje nije potrebna velika udarna početna struja. Akumulatorske baterije se sastoje od ćelija koje su 2 V, što znači da koliko spojimo ćelija u seriju toliko će nam napon biti na izlazu, najčešći naponi su 2 V, 6V, 12V i 24 V. U napunjenom stanju kemijska energija akumulatora pohranjuje se u potencijalnoj razlici između čistog olova na negativnoj strani i  $PbO_2$  na pozitivnoj strani, plus vodena sumporna kiselina. Kod akumulatorskih baterija najvažnije je pronaći idealni napon punjenja, visok napon (iznad 2.40 V po ćeliji) proizvodi dobre performanse baterije, ali smanjuje njen životni vijek, s druge strane ako je baterija duže ostavljena na niskom naponu to proizvodi sulfaciju na negativnom polu.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Tema ovoga završnog rada je „Određivanje parametara akumulatorske baterije“ te zadatak završnog rada ima za cilj argumentirano odrediti vrste, parametre i načine korištenja akumulatorskih baterija. Također su i prikazani grafovi koji argumentiraju određene parametre akumulatorskih baterija i na kraju je naveden zaključak kako bi se objedinila priča.

## **2. VRSTE AKUMULATORSKIH BATERIJA**

Postoje mnoge varijacije akumulatorskih baterija. Svaki dizajniran za svoju posebnu primjenu sa specifičnim karakteristikama pražnjenja i punjenja. Ovi su tipovi baterija posebno dizajnirani za zadanu namjensku krajnju aplikaciju. Važno je odabrati pravu akumulatorsku bateriju koja će zadovoljavati sve naše potrebe. Ako se to ne učini, mogu se smanjiti performanse, a u nekim slučajevima i nepovratna oštećenja baterije, što rezultira drastičnim smanjenjem njezinog ukupnog životnog vijeka.

Općenito govoreći akumulatorske baterije podijeljene su u dvije glavne kategorije:

- Preplavljenje(ili mokre) ćelije
- Zatvorene olovne kiseline bez održavanja(SLA)
- AGM zatvorene akumulatorske baterije
- Akumulatorske baterije dubokog ciklusa
- Akumulatorske baterije za pokretanje motora
- Ventilatorsko regulirana baterija

### **2.1. Poplavljena(flooded) akumulatorska baterija**

Poplavljene akumulatorske baterije najčešći su tip baterija koje se često koriste u automobilskoj industriji. Pružaju najisplativije rješenje, kao najmanju cijenu po Ah u odnosu na bilo koju vrstu akumulatorske baterije.

Moderna mokra ćelija dolazi u dva stila:

- Servisirana
- Bez održavanja

Uobičajene poplavljene baterije zahtijevaju dodatnu njegu i redovito održavanje u obliku zalijevanja, izjednačavanja naboja i održavanja terminala čistima. Preplavljene ćelije moraju se montirati na pravi način i mogu biti osjetljive na prolijevanje. Transport poplavljenih baterija od olovne kiseline sa sobom nosi vlastite izazove. Klasificirane kao „opasno dobro“, poplavljene olovne kiseline zahtijevaju vrlo specifične načine prijevoza i mogu se otpremiti samo sa akreditiranim brodskim i kuriskim tvrtkama s odobrenjem za „opasno dobro“



Slika 2.1. Poplavljena(flooded) akumulatorska baterija

## 2.2. Zatvorene(sealed) akumulatorske baterije

Obično poznata kao olovna kiselina regulirana ventilima ili VRLA ili zatvorena olovna kiselina(SLA). SLA baterije dostupne su u nekoliko različitih formata. Njihov glavni proizvodni postupak, uključujući broj ploča i debljinu ploča, određuje njegovu namjenu za krajnjeg korisnika. SLA baterije obično ne sulfatiraju ili razgrađuju tako lako kao mokre ćelije i smatraju se najsigurnijom akumulatorskom baterijom u upotrebi.

Postoje dvije glavne verzije zatvorenih baterija od olovne kiseline(SLA)

- AGM
- Gel ćelija



Slika 2.2. Zatvorena(sealed) akumulatorska baterija



### **2.3. AGM zatvorene(sealed) akumulatorske baterije**

AGM baterije nude najbolju cijenu u sorti akumulatorskih kiselina koju regulira ventil. Fini, visoko porozni stakleni separatori od mikro vlakana apsorbiraju elektrolit, povećavaju učinkovitost smanjenjem unutarnjeg otpora, što zauzvrat povećava kapacitet. Niži unutarnji otpor također znači da se baterija može puniti puno brže od uobičajenih poplavljenih ili mokrih akumulatorskih baterija. AGM baterije pružaju puno veći kapacitet u manjoj veličini kućišta i mogu se montirati na bok i isporučiti standardnim postupcima opreme. AGM baterije nalaze se u mnogim primjenama i često se koriste u:

- UPS-ima
- Industrijama alarma
- Telekomunikacijama
- Autima za golf
- Za povećavanje performansi automobila

Kao i uvijek, važno je osigurati da odaberete pravu AGM bateriju za svoje potrebe. Iako napon, kapacitet, dimenzije i ocjene mogu biti vrlo slučajne u određenom rasponu, svaka AGM baterija ima određenu primjenu u kojoj bi se trebala iskoristiti

### **2.4. Akumulatorske baterije sa zapećaćenim gelom**

Uobičajena zabluda je da su sve „zatvorene“ akumulatorske baterije GEL. Gel VRLA baterije sadrže gelirani elektrolit koji se razlikuje od njihovih AGM kolega. Sumporna kiselina pomiješana je s dimom silicijevog dioksida, što rezultirajuću masu čini gelom i nepokretnim. Za razliku od poplavljenih ili akumulatorske baterije s mokrim ćelijama, GEL ćelijske baterije ne trebaju biti uspravne i mogu se isporučiti standardnim postupkom otpreme. Nasljedni dizajn GEL-a smanjuje isparavanje elektrolita, prosipanje i naknadna pitanja korozije koja su vrlo česta u poplavljenim baterijama ili baterijama s mokrim ćelijama. GEL baterije imaju veću otpornost na ekstremne temperature, udarce i vibracije. Sposobni su izdržati prekomjerno pražnjenje, što obično uzrokuje nepovratnu štetu. Idealne su za primjene u kojima je potrebna konstantna struja. GEL baterije su općenito puno skuplje od njihovih AGM i poplavljenih kolega. Imaju vrlo nisku brzinu pražnjenja (1% mjesečno), ali zahtijevaju posebne postupke punjenja i moraju ih puniti GEL-ovim punjačem baterija.



Slika 2.3. Akumulatorske baterije sa zapečaćenim gelom

## 2.5. Akumulatorska baterija dubokog ciklusa

Dubinski zatvorene olovne kiseline, kao što im samo ime govori, posebno su dizajnirane za primjenu u dubokom ciklusu. Sadrže manje pločica od startnih akumulatorskih baterija. Te ploče su puno deblje, te se na taj način smanjuje ukupna površina, što rezultira baterijom koja pruža nižu maksimalnu struju, ali je sposobna za puno dublje stanje napunjenosti. Baterije dubokog ciklusa obično se prazne do 50% svog kapaciteta i ponovno pune. To je poznato kao dubina pražnjenja (DoD). Ova se razina cyclinga obično koristi u situacijama u kojima baterija pruža konstantnu struju tijekom duljih vremenskih razdoblja. Kao što su kolica za golf, sustavi solarne energije itd. Osnovna formula koju slijedimo kada preporučujemo bateriju s dubokim ciklusom jest da predložimo bateriju s preostalim kapacitetom približno tri puta procijenjenom dnevnom uporabom. Preporučuje se vraćanje baterija s dubokim potpuno punjenje svakih nekoliko mjeseci kako bi se održao njihov istinski kapacitet. Ako to ne učinite, smanjit će se vijek trajanja baterija, a s vremenom će pružiti sve manji i manji kapacitet. Baterije za olovne kiseline dubokog ciklusa obično se svrstavaju u kategoriju po amper satu (Ah). Amper sat je mjerna jedinica za kapacitet baterije.

Baterije za duboki ciklus dostupne su u AGM ili GEL varijantama.



Slika 2.4. Akumulatorska baterija dubokog ciklusa

## 2.6. Akumulatorske baterije za pokretanje motora

Akumulatori za pokretanje motora imaju veći broj tanjih ploča. Na ukupnu izlaznu struju utječe ukupna površina. S tanjim pločama po bateriji, krajnji rezultat je povećana površina koja će pružiti puno veći strujni potencijal. Općenito sve akumulatorske baterije za pokretanje motora se razlikuju od baterija dubokog ciklusa jer su posebno dizajnirane da proizvedu veliku trenutnu struju u vrlo kratkom vremenskom razdoblju. To je osobito korisno u situacijama za pokretanje motora. Baterije u pogonu obično se kategoriziraju na temelju njihove ocjene ccA (cold cranking Amps). To je mjera ukupne struje koju potpuno napunjena baterija može pružiti na  $-18^{\circ}\text{C}$  tijekom 30 sekundi, bez pada napona ispod 1,2 V po ćeliji (7,2 V za bateriju od 12 V). To je obično 1% kapaciteta baterije. Što je veća vrijednost ccA, ta baterija onda ima sposobnost pokrenuti veći motor. Pokretačke baterije nisu dizajnirane za duboki ciklus ili pražnjenje. Oni su dizajnirani da pokrenu motor i ostanu na nazivnom naponu koji osigurava alternator vozila. Pražnjenje pokretačke baterije početak će uzrokovati nepovratno oštećenje ploča baterije. To će u konačnici smanjiti njegove performanse, ukupni životni vijek i u nekim slučajevima uzrokovati potpuni kvar.



Slika 2.5. Akumulatorska baterija za pokretanje motora

## 2.7. Ventilatorsko regulirana akumulatorska baterija

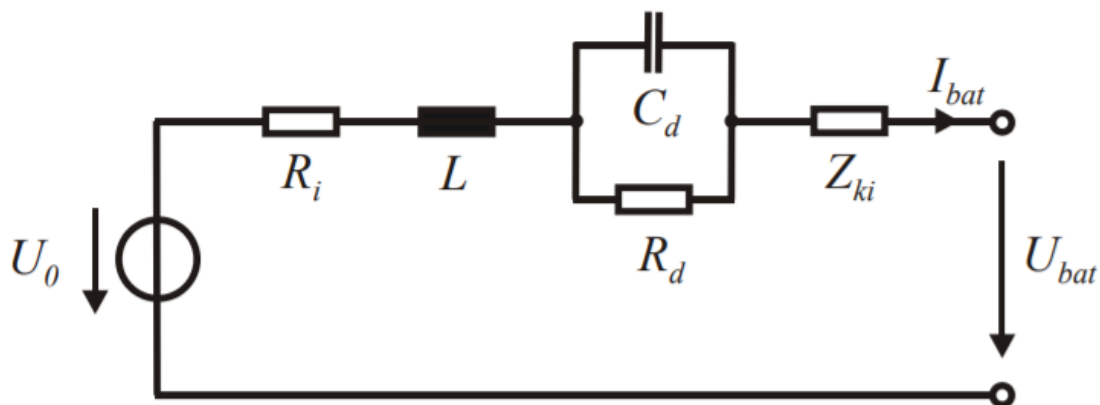
U akumulatorskoj bateriji koja ima regulirajući ventil (VRLA), vodik i kisik proizvedeni u ćelijama uglavnom se rekombiniraju u vodu. Propuštanje je minimalno, iako dio elektrolita i dalje izlazi ako rekombinacija ne može pratiti razvoj plina. Budući da VRLA baterije ne zahtijevaju (i onemogućuju) redovitu provjeru razine elektrolita, nazvane su baterijama bez održavanja. Međutim, ovo je pomalo pogrešno. VRLA ćelije zahtijevaju održavanje. Kako se elektrolit gubi, ćelije VRLA se „isušuju“ i gube kapacitet. To se može otkriti redovitim mjerenjem unutarnjeg otpora, vodljivosti ili impedancije. Redovito testiranje otkriva je li potrebno više ispitivanja i održavanja. Nedavno su razvijeni postupci održavanja koji omogućavaju „rehidraciju“, često obnavljajući značajne količine izgubljenih kapaciteta. VRLA tipovi postali su popularni na motociklima oko 1983. godine, jer se kiseli elektrolit apsorbira u separator, pa se ne može izliti. Separator im također pomaže da bolje podnose vibracije. Također su popularni u stacionarnim aplikacijama kao što su telekomunikacijske web stranice, zbog malog otiska i fleksibilnosti instalacije.



Slika 2.6. Ventilatorski regulirana akumulatorska baterija

### 3. KARAKTERISTIKE BATERIJE

Uobičajene situacije u kojima se koriste akumulatorske baterije ne doživljavaju duboki ciklus i dugo ostavljanje na niskom naponu. Primjerice, u baterijama za pokretanje automobila ili drugih strojeva baterija doživljava veliko kratkotrajno pražnjenje, ali je puna veći dio svog života. Slično tome, baterije u izvorima neprekidnog napajanja drže se potpuno napunjene veći dio svoga života. Za baterije u potrošačkoj elektronici, težina ili veličina često su najvažniji čimbenici.



Slika 3.1. Ekvivalentni strujni krug akumulatorske baterije

#### 3.1. Osobine i svojstva

Akumulatorska baterija unutar sebe sadrži jedan ili više članaka, koji opet unutar sebe sadrže dvije olovne ploče, a te ploče su katoda i anoda, te su one uronjene u sumpornu kiselinu (elektrolit) koji je prije toga morao biti razrijeđen sa vodom

Najčešće se u industriji koristi akumulatorska baterija koji u sebi sadrži ćelije od koje je svaka od 2 V, te kako je u automobilu potreban stabilan napon od 12 V onda se koristi akumulatorska baterija od pod šest ćelija spojenih u seriju koje onda daju potreban napon od 12 V.

Akumulator se troši i kada se ne koristi, a prosječno samopražnjenje punog akumulatora je oko 1% dnevno, prosječna korisnost svake akumulatorske baterije je oko 0,75-0,85, dok im je trajnost od dvije pa to više od deset godina.

Glavni podaci s kojima opisujemo akumulatorsku bateriju su:

- Kapacitet
- Nazivni napon
- Najveći napon punjenja

- Najniži napon pražnjenja
- Maksimalna kontinuirana struja punjenja
- Maksimalna kontinuirana struja pražnjenja
- Početna impedancija
- Životni vijek
- Korisnost

Parametar	Vrijednost
Kapacitet	11 Ah
Nazivni napon	3,7 V
Najveći napon punjenja	4,2 V
Najniži napon pražnjenja	2,7 V
Maksimalna kontinuirana struja punjenja	33 A
Maksimalna kontinuirana struja pražnjenja	88 A
Početna impedancija	1,6 m ohm
Životni vijek	1400 ciklusa
Korisnost	0,82

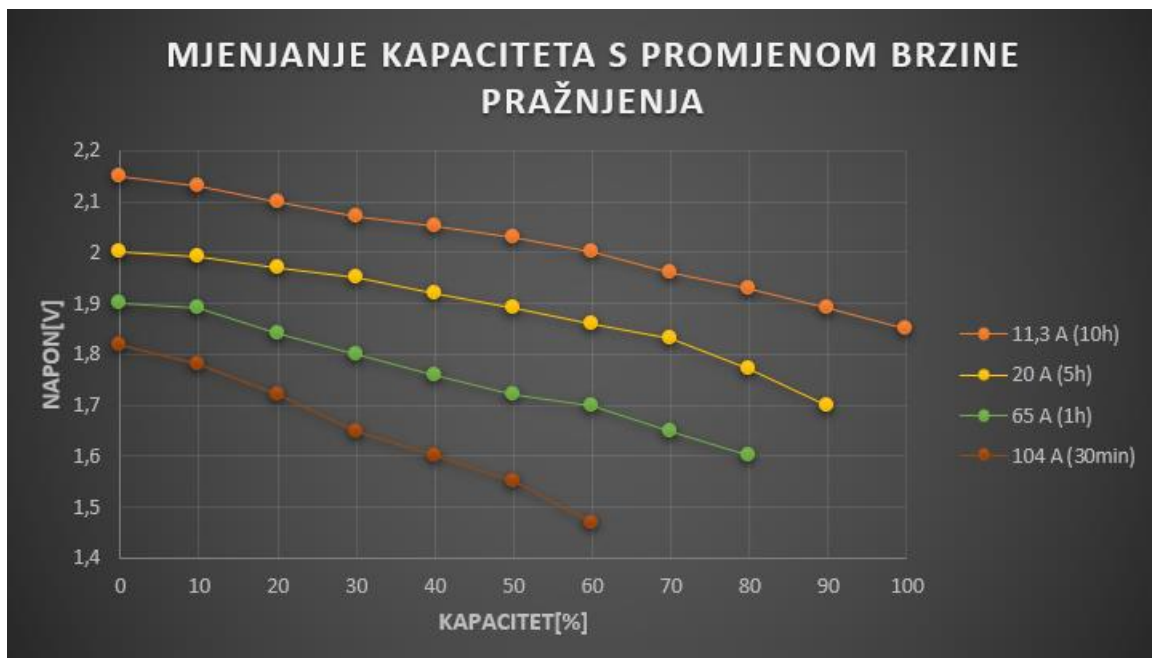
Tablica 3.1. Podaci s kojima najčešće opisujemo akumulatorske baterije

Nekakav teorijski zaključak je da bi kada pomnožimo vrijeme pražnjenja akumulatorske baterije sa s prosječnom jakošću struje pražnjenja trebali dobiti kapacitet, ali kao i obično u praksi to nije slučaj. U stvarnosti kapacitet uvelike ovisi o tome je li akumulator uredno i na pravilan način punjen i pražnjen. Svi podaci sa natpisne pločice su mjereni pri temperaturi okoline, te se i podrazumjeva da će akumulator biti korišten na temperaturi okoline gdje i daje najbolje rezultate. Unatoč relativno malenom specifičnom kapacitetu (akumulatorska baterija 10 do 30 Ah/kg, alkalni 15 do 25 Ah/kg) akumulatorske baterije se mnogo koriste zbog toga što su i dalje, nakon izuma velikog broja novih tipova baterija, jedina vrsta koja je dovoljno jeftina, a da je i vrlo jednostavna kao prenosivi spremnik električne energije. Neke od glavnih uloga su pokretanje motora sa unutarnjim izgaranjem (najčešće se za to koristi akumulatorska baterija koji ima u seriju spojeno 6 ćelija od po 2 V koji čine ukupnih 12 V) te napajanje električnih uređaja. U nekim slučajevima mogu poslužiti i kao rezerva u situacijama gdje

može doći do kratkotrajnog nestanka električne energije. Iako je sve više i više smanjena primjena zbog smanjenog kapaciteta i kratkog vijeka trajanja, akumulatorske baterije se također mogu koristiti i za napajanje manjih cestovnih i tračnih vozila. Kao i u svim područjima znanosti, tako i što se tiče akumulatorskih baterija, znanstvenici pomiču granice razvoja, te je glavni zadatak povećanje specifičnog kapaciteta, broja mogućih punjenja i prežnjena i povećanje najveće dopuštene struje kojim se akumulator prazni.

### 3.2. Učinkovitost baterije

Akumulatorske baterije obično imaju „kulonsku“ učinkovitost (Ah) od oko 85% i energetska (Wh) učinkovitost od oko 70% u većini područja SoC-a, što je određeno detaljima dizajna radnim ciklusom kojima su izložene. Što su manje stope punjenja i pražnjenja, to je veća učinkovitost. Međutim, za rad blizu vrha punjenja i učinkovitost može pasti i ispod 80%. Tipične krivulje pražnjenja akumulatorske baterije prikazane su na grafu ispod. Odmah je očito da je ostvarivi kapacitet uvelike ovisan o brzini pražnjenja, npr. kapacitet dobiven pražnjenjem vrlo velike brzine (30 min) samo je dio onoga od pražnjenja od 10 sati. Štoviše, napon ćelije je znatno smanjen i time rezultira još većim smanjenjem raspoložive energije (Wh). Dostupni kapacitet (a time i učinkovitost) pri bilo kojoj određenoj stopi smanjuje se smanjenjem temperature.



Slika 3.2. Pokazatelj koliko se kapacitet smanjuje kada se povećava struja pražnjenja, tj. kada se smanjuje ukupno vrijeme pražnjenja



### 3.3. Operacije na akumulatorskim baterijama

Akumulatorska baterija se sastoji od negativne elektrode izrađene od spužvastog ili poroznog olova. Olovo je porozno kako bi se olakšalo stvaranje i otapanje olova. Pozitivna elektroda sastoji se od olovnog oksida. Obje elektrode uronjene su u elektrolitsku otopinu sumporne kiseline i vode. U slučaju da elektrode dođu u kontakt jedna s drugom fizičkim pomicanjem baterije ili promjenom debljine elektroda, dvije elektrode razdvaja električno izolacijska, ali kemijski propusna membrana. Ova membrana također sprječava električni kratki spoj kroz elektrolit. Potpuno pražnjenje rezultiralo bi time da obje elektrode budu prekrivene olovnim sulfatom i vodom, a ne sumpornom kiselinom koja okružuje elektrode. Pri punom pražnjenju, dvije su elektrode istog materijala i između dvije elektrode nema kemijskog potencijala ili napona. Međutim, u praksi se pražnjenje zaustavlja na graničnom naponu, puno prije ove točke. Stoga se baterija ne smije isprazniti ispod ovog napona. Između potpuno ispražnjenog i napunjenog stanja, akumulatorska baterija će doživjeti postupno smanjenje napona. Razina napona obično se koristi za označavanje stanja napunjenosti baterije. Ako bateriju dulje vrijeme ostavljate u niskom stanju napunjenosti, mogu rasti veliki kristali olovnog sulfata, što trajno smanjuje kapacitet baterije. Reakcija punjenja pretvara olovni sulfat na negativnoj elektrodi u olovo. Na pozitivnom terminalu reakcija pretvara olovo u olovni oksid. Kao nusprodukt ove reakcije razvija se vodik. Tijekom prvog dijela ciklusa punjenja, pretvorba olovnog sulfata u olovo i olovni oksid je dominantna reakcija. Međutim, kako se punjenje nastavlja, a većina olovnog sulfata pretvara se u olovo ili olovni dioksid, struja punjenja elektrolizira vodu iz elektrolita, a razvijaju se i vodik i plin kisik, postupak poznat kao „stvaranje plina“ iz baterije. Ako se akumulator napaja strujom brže nego što se olovni sulfat može pretvoriti, tada stvaranje plina započinje prije nego što se sav olovni sulfat pretvori, odnosno prije nego što se baterija potpuno napuni. Plinjanje uvodi nekoliko problema u akumulatorsku bateriju. Plinjanje akumulatora ne uzrokuje samo sigurnosne probleme zbog eksplozivne prirode proizvedenog vodika, već i stvaranje plina smanjuje vodu u bateriji, koja se mora ručno zamijeniti, uvodeću komponentu za održavanje u sustav. Uz to, stvaranje plinova može prouzrokovati ispuštanje aktivnog materijala elektrolita, trajno smanjujući tako kapacitet baterije. Iz tih razloga baterija se ne smije redovito puniti iznad napona koji uzrokuje stvaranje plina. Napon plina mijenja se s brzinom punjenja.



Slika 3.3. Uz opremu sličnu ovoj mogu se izvoditi razne operacije nad akumulatorskim baterijama

### 3.4. Životni vijek akumulatorske baterije

Vremenom se kapacitet baterije smanjuje zbog sulfacije baterije i ispuštanja aktivnog materijala. Propadanje kapaciteta baterije naj snažnije ovisi o međusobnom odnosu sljedećih parametara:

- Režim punjenja i pražnjenja koji je baterija prošla
- DoD baterije tijekom svoga vijeka trajanja
- Njegova izloženost duljim razdobljima slabog pražnjenja
- Prosječna temperatura baterije tijekom njezinog vijeka trajanja

Uz DoD, režim punjenja također igra važnu ulogu u određivanju vijeka trajanja baterije. Prekomjerno punjenje ili nedovoljno punjenje baterije rezultira odbacivanjem aktivnog materijala ili sulfacijom baterije, što uvelike smanjuje njezino trajanje. Konačni utjecaj na punjenje baterije odnosi se na temperaturu baterije. Iako se kapacitet olovne kiseline smanjuje pri radu na niskim temperaturama, rad s visokom temperaturom povećava brzinu starenja baterije.

### 3.5. Zahtjevi za održavanje

Baterije su potencijalno opasne i korisnici bi trebali biti svjesni tri glavne opasnosti:

- Sumporna kiselina u elektrolitu je korozivna.
- Zaštitna odjeća uz zaštitu stopala i očiju neophodna je za rad s baterijama.
- Baterije imaju veliku sposobnost stvaranja struje.

Ako se metalni predmet slučajno stavi preko stezaljki baterije, kroz njega mogu proći jake struje. Prisutnost nepotrebnih metalnih predmeta treba smanjiti na najmanju moguću mjeru pri radu s baterijama, a alati trebaju imati izolirane ručke. Moguća je opasnost od eksplozije uslijed stvaranja vodika i kisika. Tijekom punjenja, posebno prekomjernog punjenja, neke baterije, uključujući većinu baterija koje se koriste u fotonaponskim sustavima, mogu razviti potencijalno eksplozivnu smjesu vodika i plina kisika. Kako bi se smanjio rizik od eksplozije, ventilacija se koristi kako bi se spriječilo nakupljanje tih plinova, a potencijalni izvori paljenja eliminiraju se iz kućišta baterije.

#### OPREZ I OPASNOSTI

Kao i u svim područjima znanosti, tako i vezano za ovu tematiku postoje nekakve glavne smjernice kojih se moramo pridržavati, a to su

- Akumulatorska baterija nikako ne smije biti ostavljena bez elektrolita
- Napon svake ćelije unutar akumulatorske baterije ni u kojem trenutku ne bi smio biti ispod 1,8 V ili dugo biti izvan upotrebe
- Akumulatorska baterija ne smije oprskbljivati trošilo velikim udarnim strujama kroz duži vremenski period
- Prevelika struja punjenja može smanjiti životni ciklus akumulatorske baterije, te bi bilo poželjno puniti sa što manjom strujom mogućom, jedini nedostatak punjenja malom strujom je duže vrijeme potrebno da se akumulator napuni, ali mu se na taj način produžuje životni vijek trajanja
- Na životni vijek akumulatorske baterije također utječu i niske temperature, to se posebice manifestira sa češćim problemima u zimskim mjesecima kada akumulator zakaže pri paljenju automobila
- Kratki spoj na priključnicama akumulatora može biti veoma opasan, kako za akumulatorsku bateriju tako i za osobu koja je prouzročila taj kratki spoj, mogu nastati teške opekline, može doći do požara i oštećenja vida kao i eksploziranja akumulatora

## SAVJETI KOD ODRŽAVANJA I PUNJENJA AKUMULATORA

Također imamo i nekakve savjete struke kako bi nam rukovanje i rad sa akumulatorskim baterijama bilo što lakše i jednostavnije

- Prilikom normalnog rada akumulatorske baterije ona s vremenom počinje gubiti vodu iz elektrolita, te zbog tog razloga bi trebali povremeno provjeravati nivo elektrolita, elektrolit bi trebao prekrivati ploče akumulatora za nekih 10 mm. U slučaju kada ponestane elektrolita trebamo nadosuti destiliranu vodu, a ne kiselinu, zbog toga što kiselina ima takvo svojstvo da ne može nestati hlapljenjem nego se ona koncentrira.
- Prilikom punjenja akumulatora struja punjenja ne bi trebala prelaziti 1/10 kapaciteta u Ah, jer u suprotnom nećemo biti u mogućnosti dobiti pun kapacitet akumulatora
- Režim punjenja bi trebao izgledati tako da tijekom cijelog ciklusa punjenja struja punjenja bude konstanta što zahtjeva reguliranje napona ispravljača tokom cijelog ciklusa punjenja
- Ako bi nastavili puniti akumulatorsku bateriju i nakon što je ona napunjena do nazivnih parametara to bi samo učinilo više štete tako što bi razložilo vodu na kisik i vodik te bi došlo do nepotrebnog grijanja akumulatora koje bi također smanjilo njegov životni vijek
- Dok se akumulatorska baterija puni, nastaje proces elektrolize koji opet prouzrokuje izlučivanje kisika na jednoj elektrodi, a na drugoj vodik, te ako se ta dva plina spoje u smjesu može doći do eksplozije.

#### 4. PARAMETRI AKUMULATORSKE BATERIJE

Akumulatorske baterije su najčešće korištena vrsta baterija u fotonaponskim sustavima, automobilske industriji, u rezervnim sustavima napajanja i mnogim drugim. Iako akumulatorske baterije imaju malu gustoću energije, samo umjerenu učinkovitost i visoke zahtjeve za održavanjem, one također imaju dug vijek trajanja i niske troškove u usporedbi sa drugim vrstama baterija. Jedna od posebnih prednosti akumulatorskih baterija je ta što su najčešće korišteni tip baterija za većinu situacija gdje se zahtjeva punjenje, te stoga imaju dobro uspostavljenu, zrelu tehnološku bazu.

U sljedećih par fotografija je navedena oprema koja nam je potrebna za izvođenje pokusa.



Slika 4.1. Multimetri



Slika 4.2. Istosmjerni izvor napajanja



Slika 4.3. Akumulatorska baterije



Slika 4.4. Kablovi za povezivanje

#### 4.1. Parametri punjenja i pražnjenja

Ključna funkcija baterije u sustavu je pružanje napajanja kada su drugi generirajući izvori nedostupni, pa će baterije u sustavima doživjeti kontinuirani ciklus punjenja i pražnjenja. Ciklus punjenja i pražnjenja baterije utječe na sve parametre baterije. Čelija s olovnom kiselinom u osnovi sadrži dvije ploče uronjene u elektrolit (razrijeđena sumporna kiselina, tj.  $H_2SO_4$  specifične težine oko 1,28). Pozitivna ploča (anoda) sastoji se od olovnog peroksida ( $PbO_2$ ), a negativna ploča (katoda) sastoji se od spužvastog olova ( $Pb$ ). Kada ćelija isporučuje električnu energiju vanjskom krugu (opterećenje), proces je poznat kao pražnjenje ćelije. Dok, kada uzima električnu energiju iz vanjskog istosmjernog izvora, proces je poznat kao punjenje ćelije.

Ako se na bateriju primijeni napon koji je veći od napona baterije, kroz bateriju će teći struja u obrnutom smjeru od trenutka kada opskrbljuje struju, a baterija će se puniti. Brzina punjenja ili struje koja će teći ovisit će o razlici napona baterije i napona koji se na nju primjenjuje. Iako je korisno za performanse i vijek trajanja baterije da se u potpunosti napuni u optimalnim situacijama, no međutim nakon što se baterija napuni do punog kapaciteta važno je ne nastaviti



puniti jer će to oštetiti bateriju. Kontroler punjenja potreban je kako bi se osiguralo da baterija nije previše napunjena.

Kako se struja iscrpljuje, a razina napunjenosti smanjuje, napon će isprva pasti vrlo brzo (opet bi bilo potrebno prestati crpiti struju na nekoliko sati kako bi se mogao izmjeriti pravi napon baterije). S daljnim izvlačenjem struje, brzina pada napona usporava se i dosegnut će optimalnu vrijednost za određenu akumulatorsku bateriju kada je na pola svoga kapaciteta. Kako se baterija približava potpuno ispražnjenom, napon ponovno počinje brže padati. Važno je da se baterija nikada ne isprazni u potpunosti, zbog toga je potrebno imati kontroler koji će kada baterija dosegne nizak napon zaustaviti daljnje pražnjenje akumulatorske baterije. Zanimljivo je napomenuti da kada pretvarač ili drugo opterećenje vuče struju iz baterije, napon će opadati. To može značiti da akumulatorska baterija mora biti napunjena iznad 50% kako bi se izbjeglo isključivanje pretvarača zbog niskog napona. Što je baterija veća, manji će biti pad napona, a veći postotak napunjenosti bit će upotrijebljen pri crpljenju velikih struja.



Slika 4.5. Punjenje akumulatorske baterije

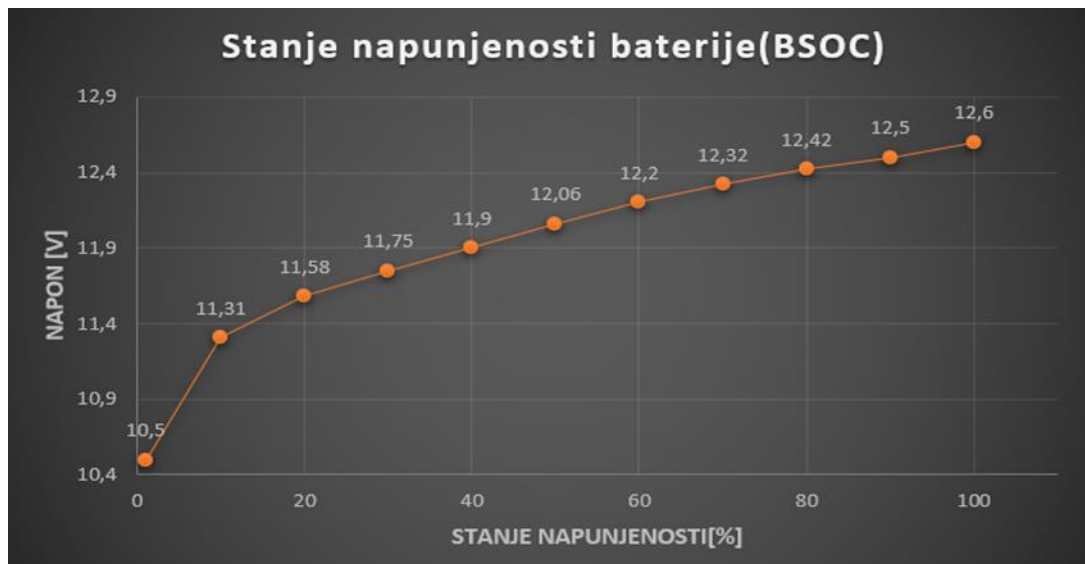
#### 4.1.1. Stanje napunjenosti baterije(BSOC)

Ključni parametar baterije koji se koristi u sustavu je stanje napunjenosti baterije (BSOC). BSOC se definira kao udio ukupne energije ili kapaciteta baterije koji se koristi u odnosu na ukupan odnos dostupan iz baterije. Stanje napunjenosti baterije(BSOC ili SOC) daje omjer količine energije pohranjene u bateriji i nazivnog kapaciteta. Na primjer, za bateriju s 80% SOC i kapacitetom od 500 Ah, energija pohranjena u bateriji iznosi 400 Ah. Uobičajen način mjerenja BSOC-a je mjerenje napona baterije i usporedba s naponom potpuno napunjene baterije. Međutim, kako napon baterije ovisi o temperaturi, kao i o stanju napunjenosti baterije, ovo mjerenje daje samo okvirnu ideju o stanju napunjenosti baterije.

Napon[V]	Stanje napunjenosti[%]
12,65	100 %
12,50	90 %
12,42	80 %
12,32	70 %
12,20	60 %
12,06	50 %
11,90	40 %
11,75	30 %
11,58	20 %
11,31	10 %
10,50	0 %

Tablica 4.1. Tablica koja prikazuje omjer napona i stanja napunjenosti akumulatorske baterije

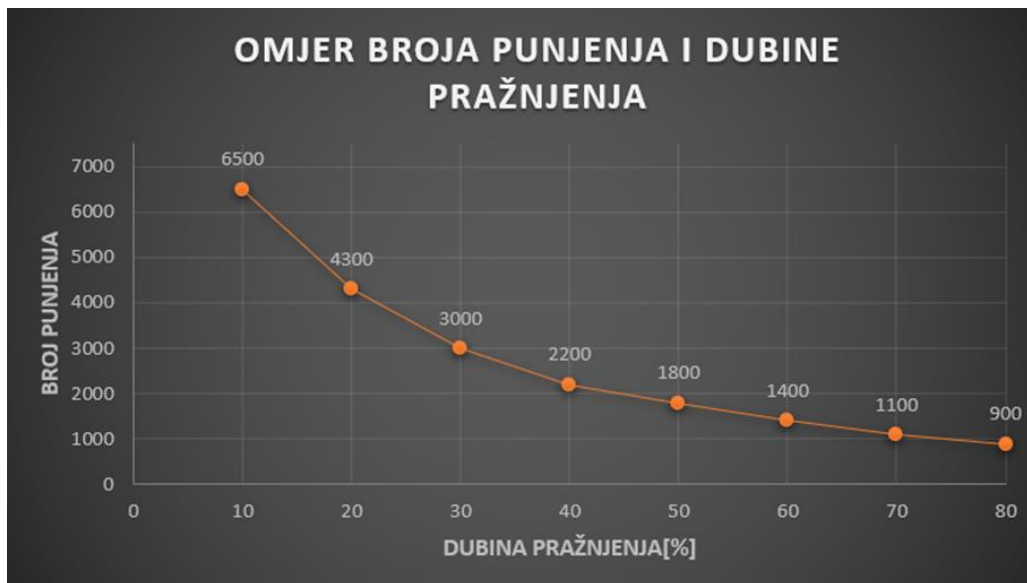




Slika 4.6. Stanje napunjenosti (BSOC) akumulatorske baterije

#### 4.1.2. Dubina pražnjenja (Depth of discharge)

Kod mnogih vrsta baterija ne može se povući puna energija pohranjena u bateriji (drugim riječima, baterija se ne može isprazniti) bez nanošenja ozbiljne, a često i nepopravljive štete na bateriji. Dubina pražnjenja (DoD) baterije određuje udio snage koji se može povući iz baterije. Na primjer, ako proizvođač DoD baterije daje 25%, tada opterećenje može iskoristiti samo 25% kapaciteta baterije. Gotovo sve baterije, posebno za primjenu obnovljivih izvora energije, ocjenjuju se prema svom kapacitetu. Međutim, stvarna energija koja se može izvući iz baterije često je (posebno za akumulatorske baterije) znatno manja od nazivnog kapaciteta. To se događa jer, posebno za akumulatorske baterije, izvlačenjem punog kapaciteta baterije iz baterije dramatično se smanjuje životni vijek baterije. Dubina pražnjenja (DoD) udio je kapaciteta baterije koji se može koristiti iz baterije, a proizvođač će ga odrediti. Na primjer baterija od 500 Ah s DoD od 20% može pružiti samo 500 Ah pomnoženo sa 0.2 i to je ukupno 100 Ah.



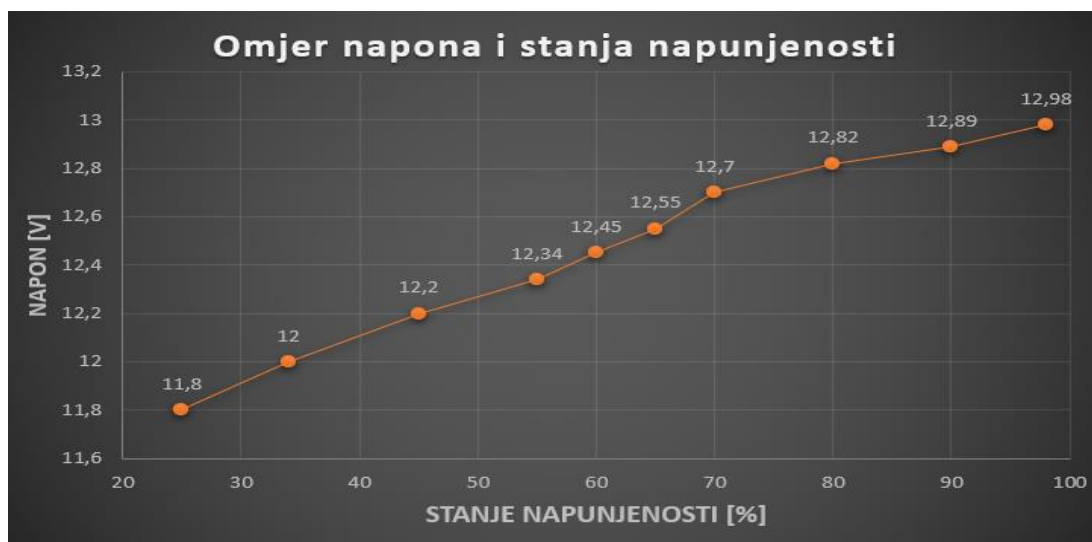
Slika 4.7. Pokazatelj kako se povećanjem broja punjenja smanjuje dubina do koje se baterija može isprazniti

### 4.1.3. Stope punjenja i pražnjenja

Uobičajen način određivanja kapaciteta baterije je pružanje kapaciteta baterije u ovisnosti o vremenu potrebnom za potpuno pražnjenje baterije (imajte na umu da se baterija u praksi često ne može potpuno isprazniti). Oznaka za određivanje kapaciteta baterije na ovaj način zapisana je kao  $C_x$ , gdje je  $x$  vrijeme u satima potrebno za pražnjenje baterije.  $C_{10} = Z$  (također zapisano kao  $C_{10} = xxx$ ) znači da je kapacitet baterije  $Z$  kada se baterija isprazni za 10 sati. Stopa punjenja u amperima daje se u količini napunjenosti dodane bateriji po jedinici vremena (tj. Coulombs/sec, što je jedinica ampera). Stopa punjenja i pražnjenja može se odrediti izravno davanjem struje, na primjer, baterija se može napuniti odnosno isprazniti na 10 A. Međutim, uobičajnije je odrediti brzinu punjenja i pražnjenja određivanjem vremena potrebnog za potpuno isprazniti bateriju. U ovom se slučaju brzina pražnjenja daje kapacitetom baterije (u Ah) podijeljenom s brojem sati potrebnih za punjenje i pražnjenje baterije. Na primjer, baterija kapaciteta 500 Ah koja se teoretski isprazni na svoj granični napon za 20 sati imat će brzinu pražnjenja  $500 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 25 \text{ A}$ . Nadalje, ako je baterija 12 V, tada je snaga koja se isporučuje na teret  $25 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 300 \text{ W}$ . Imajte na umu da se baterija samo „teoretski“ isprazni do maksimalne razine, jer se većina stvarnih baterija ne može potpuno isprazniti, a da pritom ne ošteti bateriju ili joj ne smanji životni vijek.

## 4.2. Napon baterije

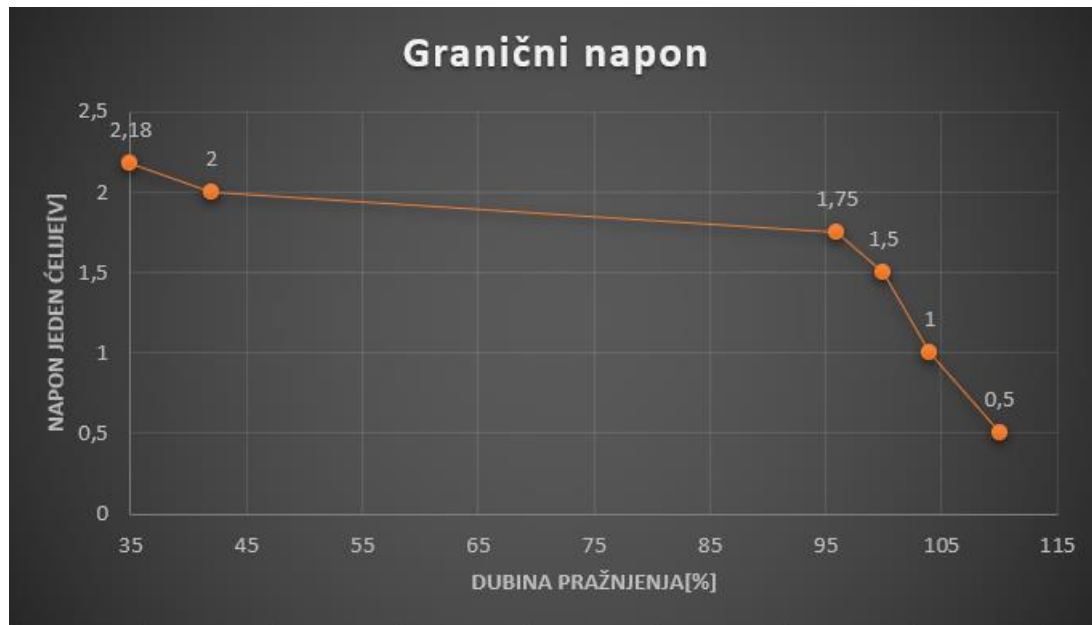
Napon baterije temeljna je karakteristika baterije koja se određuje kemijskim reakcijama u akumulatoru, koncentracijama dijelova baterije i polarizacijom baterije. Napon izračunat iz ravnotežnih uvjeta obično je poznat kao nazivni napon akumulatora. U praksi se nazivni napon akumulatora ne može lako izmjeriti, ali za praktične sustave baterija napon otvorenog kruga je dobra aproksimacija nazivnog napona akumulatora. Budući da je električni potencijal (napon) iz većine kemijskih reakcija reda veličine 2 V, dok je napon potreban opterećenjima obično veći, u većini baterija brojne su pojedinačne ćelije baterija povezane serijski. Na primjer, u akumulatorskim baterijama svaka ćelija ima napon oko 2 V. Šest ćelija je povezano kako bi stvorilo tipičnu 12 V akumulatorsku bateriju.



Slika 4.8. Krivulja koja predstavlja omjer napona[V] i stanja napunjenosti[%]

### 4.2.1. Granični napon

U mnogim vrstama baterija, uključujući olovne kiseline, baterija se ne može isprazniti ispod određene razine ili joj se mogu nanijeti trajna oštećenja. Taj se napon naziva „granični napon“ i ovisi o vrsti baterije, njenoj temperaturi i brzini pražnjenja baterije.



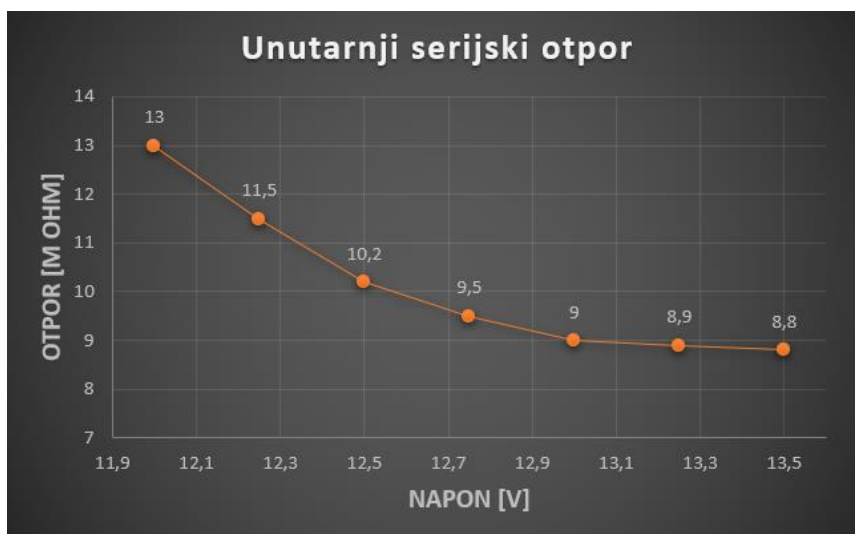
Slika 4.9. Granični napon, omjer dubine pražnjenja i napon jedne ćelije

### 4.3. Unutarnji serijski otpor

Unutarnji serijski otpor baterije određuje maksimalnu struju pražnjenja baterije. Slijedom toga, za situacije u kojima baterije trebaju pružiti visoku trenutnu snagu, unutarnji serijski otpor trebao bi biti nizak. Osim toga, serijski otpor će utjecati na učinkovitost baterije, ali se može mijenjati kako baterija stari.

Napo[V]	Otpor[m ohm]
12,00	13,00
12,25	11,50
12,50	10,20
12,75	9,50
13,00	9,00
13,25	8,90
13,50	8,80

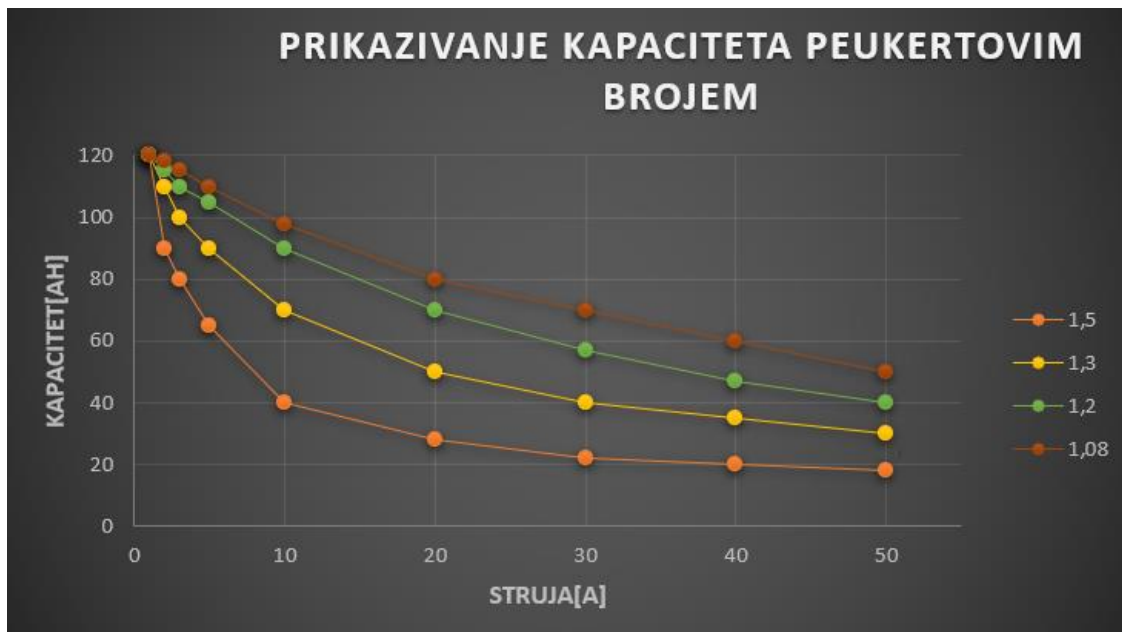
Tablica 4.2. Tablica koja predstavlja omjer napona i unutarnjeg otpora akumulatorske baterije



Slika 4.10. Krivulja koja predstavlja omjer unutarnjeg otpora akumulatorske baterije[ohm] i napona [V]

#### 4.4. Kapacitet baterije

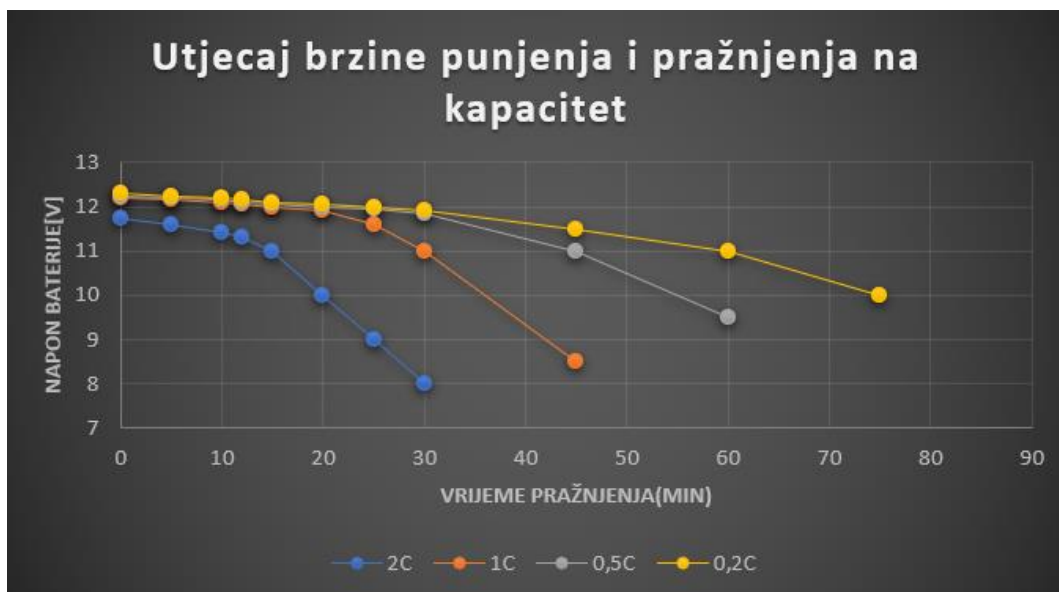
Kapacitet baterije je mjera (obično u Ah) napunjenosti koju pohranjuje baterija, a određuje se prema masi aktivnog materijala koji sadrži baterija. Kapacitet baterije predstavlja maksimalnu količinu energije koja se može izvući iz baterije pod određenim uvjetima. Međutim, stvarne mogućnosti baterije za pohranu energije mogu se značajno razlikovati od „nominalnog“ nazivnog kapaciteta, jer kapacitet baterije jako ovisi o starosti i prošlosti baterije, režimima punjenja ili pražnjenja i o temperaturi. Energija pohranjena u bateriji, koja se naziva kapacitet baterije, mjeri se u vatsatima [Wh], kilovatsatima [kWh] ili ampersatima [Ah]. Najčešća mjera kapaciteta baterije je Ah, definirana kao broj sati tijekom kojih baterija može pružiti struju jednaku brzini pražnjenja pri nazivnom naponu baterije. Jedinica Ah obično se koristi u radu s baterijskim sustavima jer će napon baterije varirati tokom cijelog ciklusa. Na primjer, 12-voltna baterija kapaciteta 500 Ah omogućuje pohranu energije od približno 100 Ah pomnoženu sa 12 V = 1200 Wh ili 1,2 kWh. Međutim, zbog velikog utjecaja brzine punjenja ili temperatura, proizvođači baterija pružaju dodatne informacije o promjeni kapaciteta baterije radi praktične ili točne analize.



Slika 4.11. Prikazivanje kapaciteta uz pomoć Peukertovog broja

#### 4.4.1. Utjecaj brzine punjenja i pražnjenja na kapacitet

Stope punjenja i pražnjenja utječu na nazivni kapacitet baterije. Ako se baterija prazni vrlo brzo (tj. struja pražnjenja je velika), tada se smanjuje količina energije koja se može izvući iz baterije, a kapacitet baterije je manji. Ako se baterija prazni vrlo sporo, slabom strujom, iz baterije se može izvući više energije i kapacitet baterije je veći. Stoga bi baterija kapaciteta trebala uključivati brzinu punjenja i pražnjenja. Uobičajeni način određivanja kapaciteta baterije je pružanje kapaciteta baterije u ovisnosti o vremenu potrebnom za potpuno pražnjenje baterije (imajte na umu da se baterija u praksi često ne može potpuno isprazniti)



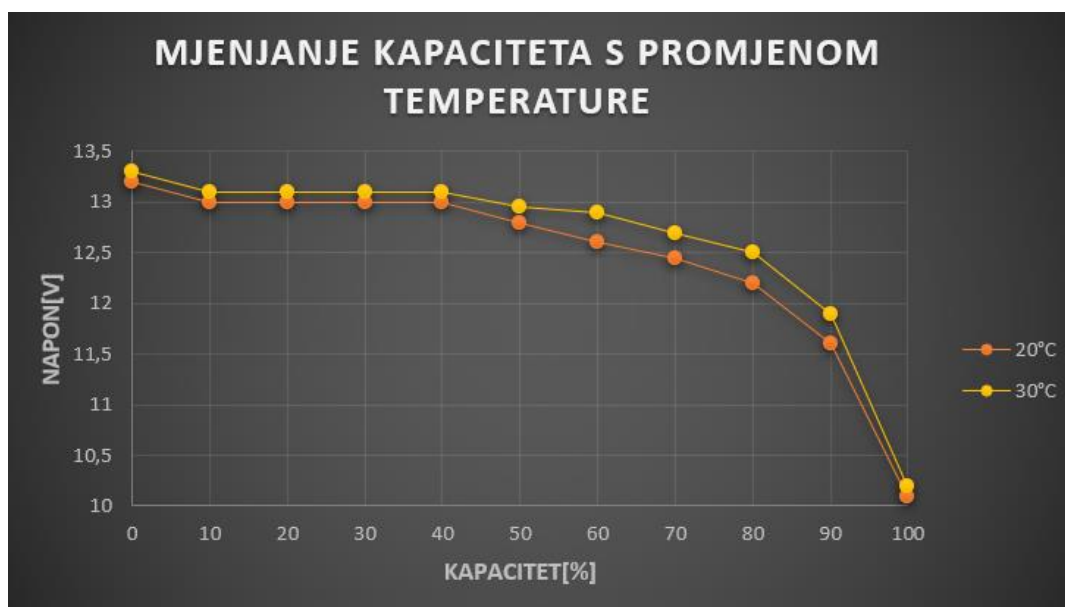
Slika 4.12. Utjecaj brzine punjenja i pražnjenja na kapacitet

#### 4.4.2. Temperatura

Temperatura baterije također će utjecati na energiju koja se iz nje može izvući. Pri višim temperaturama kapacitet baterije je obično veći nego pri nižim temperaturama. Međutim, namjerno povišenje temperature baterije nije učinkovita metoda za povećanje kapaciteta baterije jer to također smanjuje njezin životni vijek.

Kapacitet[%]	Napon na 20°C	Napon na 30°C
0 %	13,20	13,25
10 %	13,00	13,10
20 %	13,00	13,10
30 %	13,00	13,10
40 %	13,00	13,00
50 %	12,70	12,80
60 %	12,60	12,70
70 %	12,40	12,55
80 %	12,25	12,50
90 %	11,55	11,80
100 %	10,1	10,2

Tablica 4.3. Pokazatelj promjene vrijednosti napona za isti postotak kapaciteta, ali na različitim temperaturama



Slika 4.13. Utjecah temperature na kapacitet akumulatorske baterije

#### 4.5. Životni vijek akumulatorske baterije

Vremenom se kapacitet baterije smanjuje zbog sulfacije baterije i ispuštanja aktivnog materijala. Propadanje kapaciteta baterije najsnažnije ovisi o međusobnom odnosu sljedećih parametara:

- Režim punjenja i pražnjenja koji je baterija prošla
- DoD baterije tijekom svoga vijeka trajanja
- Njegova izloženost duljim razdobljima slabog pražnjenja
- Prosječna temperatura baterije tijekom njezinog vijeka trajanja

Uz DoD, režim punjenja također igra važnu ulogu u određivanju vijeka trajanja baterije. Prekomjerno punjenje ili nedovoljno punjenje baterije rezultira odbacivanjem aktivnog materijala ili sulfacijom baterije, što uvelike smanjuje njezino trajanje. Konačni utjecaj na punjenje baterije odnosi se na temperaturu baterije. Iako se kapacitet olovne kiseline smanjuje pri radu na niskim temperaturama, rad s visokom temperaturom povećava brzinu starenja baterije.



#### 4.6. Naponi za uobičajenu upotrebu

Nazivni napon olovne kiseline je 2 V za svaku ćeliju. Za jednu ćeliju napon može biti u rasponu od 1,8 V opterećenog pri punom pražnjenju do 2,1 V u otvorenom krugu pri punom punjenju. Napon koji se održava nakon što je baterija napunjena može varirati od tipa do tipa baterija i kreće se od 1,8 V do 2,27 V. Napon izjednačavanja i napon punjenja za sulfatne ćelije može se kretati od 2,67 V do gotovo 3 V. Specifične vrijednosti za određenu bateriju ovise o dizajnu i preporukama proizvođača, a obično se daju pri osnovnoj temperaturi od 20° C što onda zahtjeva podešavanje za uvjete okoline.

Stanje napunjenosti	6 V baterija [V]	12 V baterija [V]	24 V baterija [V]	48 V baterija [V]	Napon ćelije [V]
100%	6,37	12,73	25,46	50,92	1,277
90%	6,31	12,62	25,24	50,48	1,258
80%	6,25	12,50	25,00	50,00	1,238
70%	6,19	12,37	24,74	49,48	1,217
60%	6,12	12,24	24,48	48,96	1,195
50%	6,05	12,10	24,20	48,40	1,172
40%	5,98	11,96	23,92	47,84	1,148
30%	5,91	11,81	23,62	47,24	1,124
20%	5,83	11,66	23,32	46,64	1,098
10%	5,75	11,51	23,02	46,04	1,073

Tablica 4.4. Tablica koja prikazuje optimalne vrijednosti napona pri stanju napunjenosti u raznim izvedbama akumulatorskih baterija

## ZAKLJUČAK

Izumljene 1859. godine od strane francuskog fizičara Gastona Plantea, akumulatorske baterije su najstarija vrsta punjivih baterija. Približno 86% ukupne globalne potrošnje olova odnosi se na proizvodnju akumulatorskih baterija koje se uglavnom koriste u motornim vozilima, za skladištenje energije generirane fotonaponskim sustavima i vjetroturbinama i kao rezervno napajanje. Razlikuju se baterije s relativno visokim naponom od oko 2 V i sposobnošću isporuke struja u rasponu od desetaka do stotine ampera. Osim toga, olovo kao materijal obilno je dostupno kao resurs i stoga je jeftin, što dovodi do toga da akumulatorska baterija i dalje postoji kao najraširenija vrsta punjivih baterija. Baterija postaje neophodan izbor jer može osigurati trenutnu snagu kada je potrebno. Među „obitelji“ baterija, akumulatorska baterija je vrlo popularan izbor jer dolazi u različitim varijantama izlaznog napona te se može napuniti. Akumulatorske baterije su najšire i najčešće korištene punjive baterije u automobilskom i industrijskom sektoru. Vrlo su popularne jer su pouzdane i jeftine s obzirom na cijenu po watt-u. Postoji tek nekoliko drugih baterija koje isporučuju masovnu energiju jeftino kao i akumulatorska baterija što ju čini isplativom u automobilskoj industriji, električnim vozilima, viličarima, pomorskim i neprekinutim ili UPS napajanjima. Akumulatorske baterije imaju umjeren vijek trajanja i zadržavaju napunjenost najbolje među svim punjivim baterijama. Akumulatorska baterija dobro radi na hladnim temperaturama i superiornija je u odnosu na litij-ionsku bateriju pri radu ispod nule. Bez obzira na izazove za okoliš, akumulatorske baterije ostale su ispred svoje „konkurencije“ zbog jeftine cijene u usporedbi sa skupljim litij-ionskim i nikad-kadmijским baterijama.

Akumulatorske baterije su daleko napredovale. Imaju nevjerojatan broj radnih sati u istraživanju, znanosti i proizvodnoj tehnologiji. Visoki napon, robusnost, infrastruktura i niski troškovi pobrinut će se da ostanu još dugo na tržištu.

## LITERATURA

- [1] Shugang Jiang , “A Parameter Identification Method for a Battery Equivalent Circuit Model“, A&D Technology Inc., 2011
- [2] Shantu Ghose, Adel El-Shahat, “Modelling and Simulation of Grid Connected Lithium-ion Battery Using HOMER“, Department of Electrical Engineering Georgia Southern University Statesboro, Georgia 2017
- [3] S.M.Wijewardana, “ New Dynamic Battery Model for Hybrid Vehicles and Dynamic Model Analysis Using Simulink“, The Institution of Engineers, Sri Lanka, 2014.
- [4] James J.Liu, „Analysis of a Modified Equivalent Circuit Model for Lithium-Ion Battery Modules in CubeSats“, Air Force Institute of Technology, Kaduna , 2016
- [5] Lun-qiong Chen, Lu-lu Du, Bei L1, Study on Battery Fast Charge and Discharge Model and its Parameters, Changzhou Institute of Technology, Changzhou, 2014

## **SAŽETAK**

**Naslov:** Određivanje parametara akumulatorske baterije

Cilj ovoga rada bio je navesti sve parametre akumulatorske baterije te ih pokušati odrediti nizom eksperimentalnih pokusa. Na početku ovoga rada je napisan uvod te je u tom dijelu ukratko definirano koji je zadatak završnog rada. Predmet istraživanja ovog završnog rada je određivanje parametara akumulatorske baterije te spoznaja kako doći do što manjih gubitaka prilikom raznih radnji nad akumulatorskim baterijama, bilo to punjenje ili pražnjenje. Nakon uvodnog dijela prikazani su svi parametri akumulatorske baterije, te su pokrijepljeni grafovima koji su dobiveni iz niza praktičnih pokusa. Na kraju je napisan zaključak kako bi se ova tema objedinila u jednu cijelinu te naveli prednosti, a i nedostaci akumulatorske baterije.

**Ključne riječi:** akumulatorska baterija, punjenje, pražnjenje, parametri akumulatorske baterije

## **ABSTRACT**

**Title:** Determinating parameters of lead acid battery

The aim of this work was to list all the parameters of the battery and try to determine them through a series of experimental experiments. An introduction was written at the beginning of this paper, and in that part it is briefly defined what the task of the final paper is. The subject of research in this final paper is to determine the parameters of the battery and the knowledge of how to minimize losses during various operations on batteries, whether charging or discharging. After the introductory part, all the parameters of the battery are shown, and they are supported by graphs obtained from a series of practical experiments. In the end, a conclusion was written in order to unite this topic into one whole and list the advantages and disadvantages of the rechargeable battery.

**Keywords:** rechargeable battery, charging, discharging, rechargeable battery parameters

## **ŽIVOTOPIS**

Dominik Dorić je rođen 2. ožujka 1999. godine u Požegi. Živi u selu Svetinja nedaleko od Požege, te završava Osnovnu Školu Mladost Jakšić 2014. godine. Iste godine upisuje Tehničku Školu u Požegi smjer tehničar za računarstvo. Nakon završene srednje škole upisuje 2018. godine Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Paralelno s fakultetom pohađa tečaj za Java programera u Edunovi-ustanovi za obrazovanje odraslih. Trenutno radi kao Android developer u Zagrebu u firmi DECODE zadnja 2 mjeseca u trenutku ovog pisanja.

Potpis: