

# Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever

---

Kornet, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:672310>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

*Završni rad br. 410/EL/2017*

## **Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever**

**Dario Kornet, 0005/336**

Varaždin, listopad 2017. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku

Završni rad br. 410/EL/2017

## Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever

**Student**

Dario Kornet, 0005/336

**Mentor**

Dunja Srpak, predavač

Varaždin, listopad 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
PRISTUPNIK	Dario Kornet	MATIČNI BROJ	0005/336
DATUM	08.09.2017.	KOLEGIJ	Uređaji energetske elektronike
NASLOV RADA	Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Operation of Renewable Energy Source (RES) Laboratory at University North

MENTOR	Dunja Srpak	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Miroslav Horvatić, dipl.ing., predavač		
	2. Dunja Srpak, dipl.ing., predavač		
	3. mr.sc.Ivan Šumiga, viši predavač		
	4. Josip Srpak, dipl.ing., predavač - rezervni član		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ 410/EL/2017

### OPIS

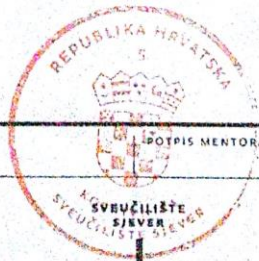
U završnom radu je potrebno opisati komponente hibridnog otočnog sustava ugrađene u objektu Z1 Sveučilišta Sjever. Izraditi i detaljne upute za korištenje invertera koji upravlja sustavom. Posebno obraditi napredne mogućnosti komunikacije i prijenosa podataka koje sustav nudi.

U radu je potrebno:

- objasniti princip rada fotonaponskog sustava na Sveučilištu Sjever,
- opisati i objasniti razliku između monokristalnih i polikristalnih fotonaponskih panela,
- navesti i detaljno opisati komponente sustava u laboratoriju OIE,
- istražiti i opisati naprednije mogućnosti opreme laboratorija,
- izvršiti testiranje rada sustava pri različitim vremenskim uvjetima,
- komentirati i analizirati dobivene rezultate.

ZADATAK URUČEN

21.09.2017.



POTPIS MENTORA

*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Zahvaljujem obitelji i curi zbog iznimne potpore i podrške te posebno roditeljima koji su mi omogućili školovanje.

Zahvaljujem se Sveučilištu Sjever, svim profesorima na suradnji i prilici za učenjem i stjecanjem novih znanja i vještina. Posebno se zahvaljujem mentorici, profesorici Dunji Srpak na strpljenju, pomoći i susretljivosti prilikom izrade završnog rada.

## Sažetak

U ovom radu detaljno je opisan hibridni otočni fotonaponski sustav koji se nalazi u objektu Z1 Sveučilišta Sjever. U uvodnom dijelu spomenut je projekt znanstveno istraživačke strategije Sveučilišta Sjever te uvod u problematiku otočnih fotonaponskih sustava. U drugom poglavlju opisane su dvije vrste fotonaponskih panela te je napravljena usporedba njihovih prednosti i mana. Nadalje su pojedinačno opisane komponente sustava: regulator punjenja, inverter/punjač, baterijski sustav. Uz osnovne komponente opisane su i komponente koje služe za upravljanje i nadzor te su istražene napredne mogućnosti koje one nude kao što je prikaz podataka u realnom vremenu preko bluetooth-a na mobilni telefon i provjera spajanja komponenata na Internet. Prikazan je način rada Victron Remote Menagment (VRM) portala.

**KLJUČNE RIJEČI:** hibridni otočni fotonaponski sustav, fotonaponski paneli, regulator punjenja, inverter / punjač, baterijski sustav, sustav nadzora, VRM.

## **Abstract**

In this paper, a solar hybrid power system is described in detail, which is stationed at the Z1 North University facility. In the introductory part, a project of the University North Research Strategy was mentioned and an introduction to the problem of solar hybrid power systems. In the second chapter, two types of photovoltaic panels have been described and a comparison of their advantages and disadvantages has been made. Further, there are individually described system components: charge controller, inverter/charger and battery system. Along with the basic components, the components that are used for management and control are also described. The advanced features they offer such as real-time data display over Bluetooth on a mobile phone are explored, and the connection of components to the Internet was checked. The Victron Remote Management (VRM) portal mode is also described and explored.

**KEY WORDS:** solar hybrid power system, photovoltaic panels, charge controller, inverter/charger, battery system, management and control components, VRM portal.



## Popis korištenih kratica

<b>AC</b>	Izmjenična struja
<b>AGM</b>	Absorbent Glass Mat
<b>BMV</b>	Battery Monitor
<b>CCGX</b>	Color Control GX
<b>DC</b>	Istosmjerna struja
<b>DIP</b>	Dual in-line package
<b>DMC</b>	Digital Multi Control
<b>FN</b>	Fotonaponski
<b>iOS</b>	iPhone Operating System
<b>MPPT</b>	Maximum Power Point Tracker Praćenje točke maksimalne snage
<b>SRP</b>	Standardni regulator punjanja
<b>UPS</b>	Uninterruptible Power Supply
<b>VRLA</b>	Valve Regulated Lead Acid
<b>VRM</b>	Victron Remote Menagment
<b>Z1</b>	Zgrada UNIN1 Varaždin

# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Fotonaponski generator.....	3
2.1.	Princip rada fotonaponskih panela .....	3
2.2.	Polikristalni fotonaponski paneli.....	5
2.3.	Monokristalni fotonaponski paneli.....	6
3.	Fotonaponski (solarni) regulator punjenja .....	8
3.1.	Glavne značajke regulatora punjenja Victron Energy BlueSolar 100/50.....	9
3.2.	Vrijeme apsorpcije .....	10
3.3.	MPPT Control uređaj .....	10
4.	Inverter / punjač .....	14
4.1.	Glavne značajke invertera / punjača Victron Energy MultiPlus 24/3000/70.....	14
4.2.	On/Off/Charger Only preklopka .....	15
4.3.	Upravljanje na daljinu .....	16
4.4.	LED indikacija .....	18
5.	Baterijski sustav .....	20
5.1.	Victron Energy AGM 12 VDC / 220Ah .....	20
5.2.	Victron Energy Battery Monitor BMV-700.....	22
6.	Vrste spajanja i opis kablova za povezivanje komponenti .....	25
7.	Sustav nadzora .....	27
7.1.	Povezivanje uređaja Color Control GX na Internet .....	28
7.2.	Victron Remote Menagment (VRM) portal .....	28
7.3.	VictronConnect.....	30
8.	Zaključak .....	35
9.	Literatura .....	36



# 1. Uvod

Fotonaponski sustav koji se nalazi u objektu Z1 Sveučilišta Sjever rezultat je znanstveno istraživačke strategije Sveučilišta Sjever [1], no taj projekt još nije u cijelosti gotov. Najme osim fotonaponskog sustava u planu je i dobivanje električne energije iz vjetroturbina male snage (do 1kW), no toga se ovaj rad neće doticati. Hibridni otočni fotonaponski sustav na Sveučilištu Sjever služi za znanstveno istraživački rad, edukaciju studenata, izradu završnih radova studenata te kao rezervni izvor za računalnu opremu i poslužitelje sveučilišta za vrijeme prekida opskrbe električnom energijom. Također važno je napomenuti da sustav nije u stalnom pogonu. Otočni sustavi su sustavi za proizvodnju električne energije koji nisu priključeni na elektroenergetsku mrežu. Za njih nisu potrebne posebne dozvole i dokumenti [2] te se proizvedena električna energija koristi isključivo za vlastite potrebe korisnika. U današnje vrijeme imaju vrlo široku općenitu primjenu:

- Izolirani ili nepristupačni objekti,
- Razne signalizacije, video nadzor i alarmni sustavi,
- Razni pokretni objekti,
- Telekomunikacijski sustavi.

Osnovni zahtjev za otočni sustav je mogućnost skladištenja energije jer ih karakterizira nestalnost proizvodnje električne energije, tj. proizvode električnu energiju samo pod zadovoljenim vremenskim uvjetima.

Otočne sustave može se podijeliti u 3 kategorije :

- Otočni sustav bez spremnika energije – Ima vrlo mali stupanj iskoristivosti i pouzdanosti.
- Otočni sustav sa spremnikom energije - Sustav sastavljen samo od fotonaponskih panela i spremnika energije.

- Hibridni otočni sustav sa spremnikom energije – Sustav koji osim fotonaponskih panela koristi i druge izvore električne energije kao što su vjetroturbina ili hidrogenerator. Međutim najčešće se koristi električni generator (benzinski ili dizelski). Takav sustav ujedno pruža veći stupanj sigurnosti i iskoristivosti.

Kao što je prikazano na jednopolnoj shemi koja se nalazi u prilogu Hibridni otočni fotonaponski sustav na Sveučilištu Sjever sastoji se od osam panela (četiri monokristalna i četiri polikristalna) koji su postavljeni na krovu zgrade i okrenuti prema jugu. Oni su spojeni preko dva regulatora punjenja na baterije i to na taj način da su zasebno spojeni monokristalni paneli te zasebno polikristalni paneli. Takav spoj omogućava praćenje razlike između navedene dvije vrste fotonaponskih panela. MultiPlus uređaj izveden je kao punjač i inverter u jednome kućištu.

Punjač služi za punjenje baterija preko agregata, dok inverter služi za DC/AC pretvorbu električne energije da bi se u konačnici napajala trošila. Uz sve to sustav je opremljen i elementima za nadzor i prikaz parametara, kao što su „Battery monitor“ koji daje sve parametre vezane uz punjenje baterije i njenog stanja, te uređaj „Color Control GX“ kojim je moguće upravljanje i vizualizacija svih komponenti koje su spojene na njega.

## 2. Fotonaponski generator

Fotonaponski generator sastavljen je od jednog ili više fotonaponskih panela koji svjetlosnu energiju sunčevog zračenja pomoću fotonaponskog efekta pretvaraju u istosmjernu električnu energiju. Fotonaponski efekt temelji se na razdvajanju parova elektron šupljina na PN-prijelazu pomoću fotona.

Prvo fotonaponsko polje FN generatora na Sveučilištu Sjever čine četiri FN modula polikristalne izvedbe, pojedinačne snage 190Wp, povezana u dvije paralelne grane pri čemu svaku granu čine dva serijski povezana FN modula. Dok drugo fotonaponsko polje čine četiri FN modula monokristalne izvedbe, pojedinačne snage 190 Wp, povezana u dvije paralelne grane pri čemu svaku granu čine dva serijski povezana FN modula. Svako fotonaponsko polje će preko vlastite sabirnice modula biti spojeno na zasebni solarni regulator. U konačnici instalirana snaga FN generatora iznosi 1520 Wp (1,52 kWp).

### 2.1.1. Princip rada fotonaponskih panela

Prema kvantnoj fizici svjetlost ima dvojni karakter, ona je i čestica i val. Čestice svjetlosti nazivaju se fotoni. Fotoni su čestice bez mase i gibaju se brzinom svjetlosti, a njihova energija ovisi o njihovoj valnoj dužini odnosno frekvenciji.

Postoje dvije vrste elektrona, valentni i slobodni elektroni. Valentni elektroni su vezani uz atom, dok se slobodni elektroni mogu kretati. Kada valentni elektron dobije energiju koja je veća od energije veze (energija kojom je elektron vezan uz atom), on postaje slobodni elektron. U slučaju fotonaponskog efekta elektron tu energiju dobiva od sudara s fotonom. Dio energije fotona troši se da bi se elektron oslobodio od utjecaja atoma za koji je vezan, dok se preostali dio energije (ako ga ima) pretvara u kinetičku energiju, sad već slobodnog elektrona [3].

Energija koja je potrebna valentnom elektronu da se oslobodi utjecaja atoma naziva se izlazni rad. On zavisi od vrste materijala u kojem se fotonaponski efekt dogodio. Ovaj proces opisuje sljedeća jednadžba:

$$hv = W_i + E_k \quad (1)$$

gdje je:

$hv$  – Energija fotona

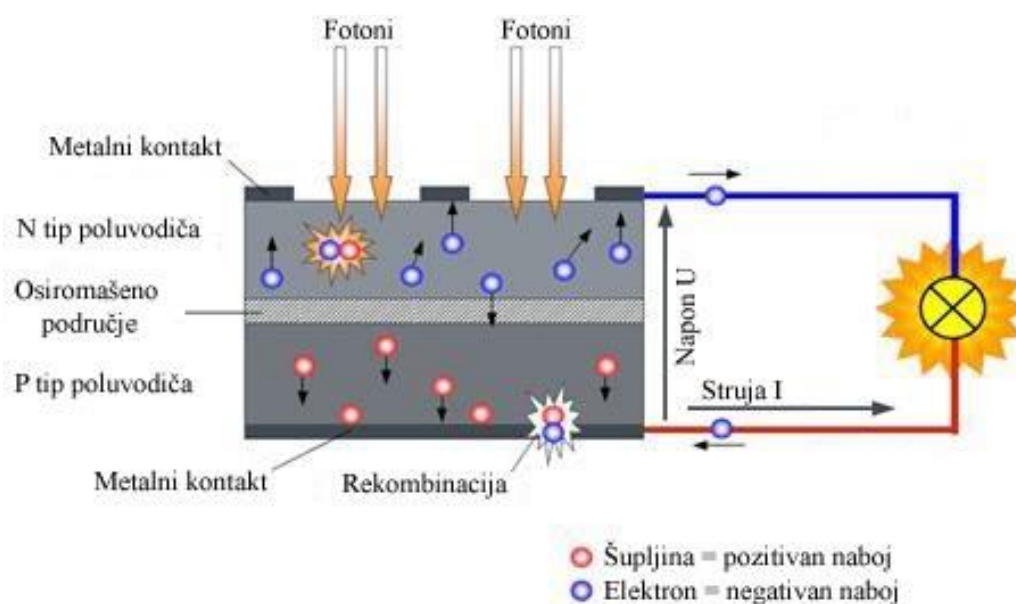
$W_i$  – Izlazni rad

$E_k$  – Kinetička energija elektrona

Iz jednadžbe (1) može se zaključiti da se elektron ne može osloboditi ako je energija koju dobije od fotona manja od izlaznog rada.

Sunčana ćelija je zapravo PN spoj (poluvodička dioda). PN spoj nastaje tako da se jedan sloj dopira trovalentnim (akceptorskim) primjesima, kao što je na primjer bor, tako da nastane P-tip poluvodiča. Drugi sloj dopira se s peterovalentnim (donorskim) primjesima, npr. fosfor te nastane N-tip poluvodiča.

U silicijevoj solarnoj ćeliji, prikazanoj na slici 2.1, na površini pločice P tipa silicija nalaze se donorske primjese. Na tom tankom površinskom sloju nastaje područje N- tipa poluvodiča. Na prednjoj površini ćelije nalaze se metalna rešetka koja u pravilu ne prekriva više od 5% površine da ne bi previše utjecala na apsorpciju sunčeva zračenja. Ona služi za sakupljanje naboja nastalih apsorpcijom fotona. Prednja površina uglavnom je i prekrivena anti-refleksnim slojem koji smanjuje optičke gubitke. Anti-refleksni sloj izrađuje se od silicijevog dioksida ( $SiO_2$ ) ili od silicijevog nitrida ( $Si_3N_4$ ). Debljina sloja je od 50 do 100 nanometara. Optički gubici bez anti-refleksnog sloja kreću se oko 33%, dok ih primjena anti-refleksnog sloja smanjuje na 10%. Stražnja strana ćelije je prekrivana metalnim kontaktom. Kada na solarnu ćeliju upada svjetlost, na njezinim se krajevima pojavljuje elektromotorna sila. Tako ćelija postaje poluvodička dioda i ponaša se kao upravljački uređaj koji propušta struju samo u jednom smjeru. Ako je na kontaktima ćelije spojeno neko vanjsko trošilo, tada će poteći električna struja, a solarna ćelija postaje izvor električne energije.



Slika 2.1 Princip rada solarne ćelije [3]

## 2.2. Polikristalni fotonaponski paneli

Polikristalni fotonaponski paneli su najpopularniji jer su često najjeftinija solucija. Oni su srednji izbor na tržištu, po efikasnosti, malo slabiji od monokristalnih no znatno bolji od tankoslojnih solarnih panela. Polikristalne ćelije mogu se prepoznati po svojoj plavkastoj boji te mozaičkoj i nejednolikoj površini. Razlog tome su različiti kristali od kojih je sama ćelija napravljena.

Razlog zbog čega su polikristalni solarni paneli jeftiniji od monokristalnih panela je u samoj izvedbi kojom je silicij napravljen. Princip je takav da se rastaljeni silicij ulijeva u kalupe umjesto da se razvlači u jedan kristal. U postupku lijevanja dijelovi silicija rastope se u keramičkom loncu, a zatim se formiraju u grafitnom kalupu kako bi se on oblikovao. Kako se rastopljeni silicij hladi dovodi se sjeme kristala željene kristalne strukture kako bi se olakšao sam postupak. No iako takvo oblikovanje i upotreba smanjuju troškove proizvodnje i zahtijevaju manje silicija, također smanjuju efikasnost solarnih panela. Njihova efikasnost kreće se od 14-16% [4].

Dobre karakteristike polikristalnih fotonaponskih panela [5]:

- Manja cijena čiji je razlog jednostavniji proces izrade i manje otpadnog silicija,
- Vijek trajanja i izdržljivost usporedive su s skupljim monokristalnim fotonaponskim panelima.

Loše karakteristike polikristalnih fotonaponskih panela:

- Efikasnost čiji je razlog manja čistoća silicija,
- Treba se pokriti veća površina da bi se dobila jednaka količina električne energije kao i kod monokristalnih fotonaponskih panela,
- Estetski izgled manje ugodan zbog neujednačenosti i nejednolikosti površine,
- Lomljivi.





*Slika 2.2 Polikristalni solarni panel [6]*

### **2.3. Monokristalni fotonaponski paneli**

Monokristalni fotonaponski paneli jedan su od najefikasnijih i najpouzdanijih načina dobivanja električne energije pomoću sunca. Mogu se prepoznati po boji koja je obično crna te po zaobljenom obliku ćelija. Kao što im sam naziv implicira ova vrsta fotonaponskog panela jedinstvena je po njihovoj uporabi jednog vrlo čistog kristala silicija. Kvarcni šljunak stavi se u električnu peć i rezultat zagrijavanja je ugljični dioksid i rastaljeni silicij. Ovim jednostavnim procesom proizvodi se silicij koji sadrži 1% nečistoća. Takav silicij je koristan u mnogim drugim industrijskim granama no ne i u industriji solarnih ćelija koja zahtijeva mnogo višu razinu čistoće. To se postiže puštanjem šipke nečistog silicija kroz zagrijanu zonu nekoliko puta. Ovaj postupak sa svakim prolaskom kroz zagrijanu zonu „vuče“ nečistoće prema jednom kraju. Nakon tog postupka silicij se smatra čistim, a nečisti kraj biva uklonjen. Zatim se kristal silicijskog sjemena stavlja u poseban aparat gdje se uranja u rastopljeni polikristalni silicij te mu se ujedno dodaje mala količina bora. Taj kristal silicijskog sjemena rotira i formira komad vrlo čistog silicija. Iz komada se izrežu tanke šnite i zapečate se leđa o leđa, te stavlja u peć kako bi se zagrijale do temperature malo ispod taljenja silicija (1410 °C) u prisustvu fosfornog plina. Atomi fosfora tada „zaranjaju“ u silicij koji je porozniji jer je blizu toga da postane tekućina. Efikasnost monokristalnih fotonaponskih panela je oko 20% [7].

Dobre karakteristike monokristalnih fotonaponskih panela:

- Veća efikasnost,
- Zahtijevaju manju površinu zbog svoje visoke učinkovitosti,

- Vrlo dugi vijek trajanja (najčešće garancija na 25 godina),
- Manja degradacija izlazne snage kod zagrijavanja nego kod polikristalnih fotonaponskih panela.

Loše karakteristike monokristalnih fotonaponskih panela:

- Relativno visoka cijena koja je razlog sve većoj popularnosti polikristalnih fotonaponskih panela,
- Lomljivi



*Slika 2.3 Monokristalni solarni panel [8]*

### 3. Fotonaponski (solarni) regulator punjenja

Fotonaponski (solarni) regulator punjenja je uređaj energetske elektronike koji regulira napon punjenja i pohranu električne energije iz fotonaponskog generatora u baterijski sustav. Pojednostavljeno, oni pretvaraju viši izlazni istosmjerni napon iz FN panela na niži napon koji je potreban za punjenje baterija.

Regulatore punjenja može se podijeliti na standardne regulatore punjenja (SRP) i MPPT (Maximum Power Point Tracker) regulatore punjenja. MPPT regulator punjenja ističe se po tome da on za razliku od SRP regulatora ne svodi izlazni napon fotonaponskog modula na napon baterije nego fotonaponski modul daje maksimalnu radnu snagu koju je moguće dati u danim vremenskim uvjetima. Upotrebom MPPT regulatora obično se može dobiti 20 do 45% više snage zimi i 10-15% više snage ljeti. Primjer važnosti upotrebe MPPT regulatora punjenja prikazan je i u literaturi [9].

U slučaju otočnog sustava na Sveučilištu Sjever ugrađena su dva MPPT solarna regulatora nazivnog napona 24 volta, tipa Victron Energy BlueSolar 100/50.



Slika 3.1 uređaj Victron Energy BlueSolar 100/50

### 3.1. Glavne značajke regulatora punjenja Victron Energy BlueSolar 100/50

Regulator punjenja BlueSolar 100/50 u stanju je puniti bateriju manjeg nazivnog napona iz fotonaponskog generatora većeg nazivnog napona. Nazivni napon se automatski prepoznaje i postavlja na 12V odnosno 24V. Koristi ultra brzi MPPT koji je pogotovo važan za vrijeme oblačnog neba kada se intenzitet svjetlosti konstantno mijenja.

U slučaju djelomičnog zasjenjenja čiji je utjecaj na proizvodnju detaljno prikazan u članku [10], na PV (Power Voltage) karakteristici mogu se javiti dvije ili više točki maksimalne snage. Tradicionalni MPPT-i imaju tendenciju da se zaključavaju na lokalni MPP (Maximum power point) koji možda i nije optimalan. Inovativni algoritmi tvrtke BlueSolar omogućavaju najbolji učinak u prikupljanju energije zaključavanjem na optimalni MPP. BlueSolar 100/50 ima 8 predprogramiranih algoritama koji se mogu odabrati rotirajućom sklopkom. Moguće ih je pregledati na web stranici ili u pisani uputama (Manual) [11].

Regulator punjenja karakterizira velika efikasnost pretvorbe. Nema ventilator za hlađenje. Maksimalna efikasnost mu prelazi 98% te ima punu izlaznu struju do temperature od 40°C. Od dodatne elektroničke zaštite sadrži: Zaštitu od zamjene polariteta baterija i zamjene polariteta FN generatora, zaštitu od kratkog spoja na izlazu regulatora te zaštitu od pregrijavanja.

BlueSolar regulator punjenja konfiguriran je za proces punjenja u tri faze:

- Bulk stage (glavna faza) - Tijekom ove faze regulator punjenja dovodi što je moguće više struje s ciljem brzog punjenja baterija.
- Absorption stage (faza apsorpcije) - Kada napon baterija dosegne postavljeni limit za fazu apsorpcije, regulator punjenja počinje davati konstantan napon. Kod pojave manjeg pražnjenja baterija, vrijeme apsorpcije je kratko da bi se spriječilo prepunjavanje baterija. Poslije dubokog pražnjenja vrijeme apsorpcije je automatski produženo kako bi se baterija u potpunosti napunila.
- Float stage (faza plutanja) - tokom ove faze, smanjeni konstantni napon dan je bateriji da bi ona uvijek bila u potpuno napunjenom stanju.

Regulator punjenja nudi prikaz podataka u stvarnom vremenu na Android i Apple uređajima preko bluetootha. Moguća je i promjena većeg dijela postavki.

### 3.2. Vrijeme apsorpcije

Svakog jutra, kad sunce počinje sjati, regulator punjenja započinje novi ciklus punjenja. Maksimalno trajanje perioda apsorpcije, određeno je prema naponu baterija koji je izmjeren netom prije početka ciklusa.

Napon baterije $U_b$	Maksimalno vrijeme apsorpcije
$U_b < 23,8V$	6h
$23,8V < U_b < 24,4V$	4h
$24,4V < U_b < 25,2V$	2h
$U_b > 25,2V$	1h

Tablica 3.1 Maksimalno trajanje apsorpcije

Ako je period apsorpcije prekinut zbog oblaka ili pojavom velikog trošila, on će biti nastavljen kad se kasnije tokom dana dostigne napon apsorpcije, sve do kad se interval apsorpcije ne dovrši.




Isto tako period apsorpcije prestaje kada izlazna struja regulatora punjenja padne ispod 2A, ne zbog male proizvodnje panela, nego zbog toga jer je baterija potpuno napunjena. Ovakav algoritam sprječava mogućnost prepunjenja baterije tokom dnevnog perioda apsorpcije, kada na sustav nije spojen nikakvo trošilo, odnosno kada se radi o jako malom trošilu.

### 3.3. MPPT Control uređaj

Uređaj MPPT Control FN sustava na Sveučilištu Sjever spojen je preko VE.Direct kabla s BlueSolar MPPT regulatorom punjenja. On služi za praćenje vrijednosti određenih veličina, ali i za promjenu bitnih parametara MPPT regulatora [12].



Slika 3.2 MPPT Control uređaj










SETUP	otkaži / nazad	
SELECT	izaberi / potvrdi	
 	promjena stavke ili parametra	
	uključeno	postoji veza s regulatorom punjenja
	treptanje	veza s regulatorom punjenja je postojala, no izgubila se (prikazuju se zadnji poznati parametri)
	isključeno	nema veze s regulatorom punjenja

Tablica 3.2 Funkcije tipki uređaja MPPT Control

Navigacija kroz izbornike uređaja MPPT Control:

**-Status (stanje):**

Kad se uređaj MPPT Control uključi, prvo što je vidljivo je status izbornik, koji pokazuje trenutno stanje MPPT regulatora punjenja. Pritiskom na tipku „gore“ ili na tipku „dolje“ moguća je promjena prikaza između vrijednosti prikazanih u tablici 3.3.

 00000 W	Snaga panela	
 0000.0 V	Napon panela	
 00000 kWh	Današnji prinos	
 00000 !	Greška regulatora	Vidljivo samo u slučaju kad greška zaista postoji
 00000	Stanje regulatora	Moguće vrijednosti: OFF, FAULT, BULK, ABSORPTION, FLOAT
 0000.0 A	Struja baterije	
 0000.0 V	Napon baterije	
 00000	Stanje izlaza opterećenja	Moguće vrijednosti: ON, OFF
 0000.0 A	Struja tereta	Vidljivo samo u slučaju kad postoji opterećenje na izlazu

Tablica 3.3 Vrijednosti koje prikazuje MPPT Control











### -History (povijest):

Pritiskom na tipku „SELECT“ u status izborniku, ulazi se u izbornik history, gdje se može pregledavati povijest koja je pohranjena u MPPT regulatoru punjenja. Taj izbornik osim što sadržava globalnu povijest (sveukupno gledano), nudi mogućnost pregledavanja i dnevne povijesti za bilo koji dan, no ta mogućnost limitirana je na zadnjih 30 dana. Kod pregleda vrijednosti pritiskom na tipke „gore“ ili „dolje“ odabire se prikaz vrijednosti za drugi dan.

Izlazak i povratak u status meni moguć je pritiskom na tipku „SETUP“.

Globalne stavke		
	Ukupan prinos	Ukupan prinos od posljednjeg reseta povijesti
	Maksimalan napon panela	Maksimalan napon panela od posljednjeg reseta povijesti
	Maksimalan napon baterije	Maksimalan napon baterija od posljednjeg reseta povijesti
	Minimalan napon baterije	Minimalan napon baterija od posljednjeg reseta povijesti
	Posljednje greške	Pokazuju se posljednje 4 greške od posljednjeg reseta povijesti (broj kocki u donjem desnom ekranu ukazuje na broj greške koja je trenutno prikazana)

Tablica 3.4 Globalne stavke vidljive u izborniku povijest

Dnevne stavke		
	Prinos	Dnevni prinos
	Maksimalna snaga	Dnevna maksimalna snaga za pojedini dan
	Maksimalan napon panela	Dnevni maksimalan napon panela za pojedini dan
	Maksimalna struja baterije	Dnevna maksimalna struja baterije za pojedini dan
	Maksimalan napon baterije	Dnevni maksimalan napon panela za pojedini dan
	Minimalan napon baterije	Dnevni minimalan napon panela za pojedini dan
	BULK	Dnevno vrijeme provedeno u periodu intenzivnog punjenja baterija za pojedini dan
	ABSORPTION	Dnevno vrijeme provedeno u periodu apsorpcije za pojedini dan
	FLOAT	Dnevno vrijeme provedeno u periodu minimalnog punjenja (kad su baterije pune, a potrošnja je zanemariva)
	Posljednja greška	Prikazuju se posljednje 4 greške po danu (broj kocki u donjem desnom ekranu ukazuje na broj greške koja je trenutno prikazana)

Tablica 3.5 Dnevne stavke vidljive u izborniku povijest

### **-Settings (postavke):**

Pritiskom na tipku „SETUP“ u trajanju od 2 sekunde moguć je ulazak u izbornik settings, gdje se mogu pregledavati i mijenjati postavke MPPT regulatora punjenja te MPPT Controlera. Najprije je prikazana pojedina postavka, a pritiskom na tipku „SELECT“ pojavi se odgovarajuća vrijednost koja je vezana uz tu postavku. Kada je stavka „SELECT TO EDIT“ isključena trenutna vrijednost je najprije prikazana pa se tek uz ponovni pritisak tipke „SELECT“ može mijenjati, no kad je stavka „SELECT TO EDIT“ uključena, trenutna vrijednost je prikazana ali se odmah može odabrati i nova vrijednost. Bitno je napomenuti i da se uključivanjem stavke „LOCK SETUP“ ne dopušta nikakva promjena vrijednosti, sve do kad se ta stavka ne isključi. Kod uređivanja vrijednosti, promjena je moguća pritiskom na tipke „gore“ i „dolje“. Kod uređivanja numeričke vrijednosti, pritiskom na tipku „SELECT“ prelazi se na sljedeću znamenku, sve do zadnje, tada pritisak na tipku „SELECT“ sprema zadanu vrijednost. Kod uređivanja ne-numeričkih vrijednosti, spremanje se također vrši pritiskom na tipku „SELECT“. Izlazak iz izbornika postavki i vraćanje u statusni meni, postiže se pritiskom na tipku „SETUP“.

Postavka	Opis postavke
01 Lock Setup	Kada je uključeno, druge postavke se ne mogu mijenjati. Prilikom pokušaja promjene postavke (osim LOCK SETUP), MPPT Control će pokazati "LOCK" i pokazati vrijednost te postavke.
02 Napon baterije	Napon akumulatora s kojim MPPT radi. Kada je postavka na AUTO, tada će biti vidljiv znak A ispred napona.
03 Tip baterije	Vrsta baterije s kojom radi MPPT. Postavka se može postaviti na FIXED ili USER. Kada je postavljeno na FIXED, okretna sklopka na MPPT-u određuje vrstu stvarne baterije. Kada je postavljeno na USER, svi se drugi uređaji povezani s punjenjem mogu uređivati.
04 Maksimalna struja	Maksimalna struja punjenja
05 Vremenski limit BULK faze	Maksimalno vrijeme provedeno kontinuirano u BULK fazi
06 Vremenski limit ABSORPTION faze	Maksimalno vrijeme provedeno kontinuirano u ABSORPTION fazi
07 ABSORPTION napon	Napon baterije kod kojeg se MPPT prebacuje u ABSORPTION fazu rada
08 FLOAT napon	Napon baterije kod kojeg se MPPT prebacuje u FLOAT fazu rada
13 Izbrisi povijest	Brisanje povijest MMPT-a
14 Tvorničke postavke	Resetiranje MPPT na tvorničke postavke

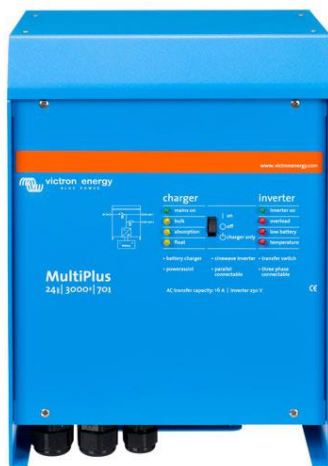
*Tablica 3.6 Najvažnije postavke uređaja MPPT Control*



## 4. Inverter / punjač

Inverter / punjač je uređaj energetske elektronike koji ima dvojnu ulogu. Istosmjernu energiju iz baterijskog sustava pretvara u izmjeničnu energiju kojom se napajaju trošila u objektu. Istovremeno, integrirani punjač pretvara izmjeničnu električnu energiju, a ima ulogu punjenja baterija iz smjera agregata, odnosno mreže u hibridnom sustavu i kontrolu punjenja.

U predmetnom fotonaponskom sustavu odabran je inverter / punjač tipa Victron Energy MultiPlus 24/3000/70, nazivne snage 3000 kVA , nazivnog napona 24 VDC. Temelj MultiPlus uređaja je izuzetno snažan sinusni pretvarač, punjač baterija te automatska sklopka u kompaktnom kućištu.



Slika 4.1 Inverter / punjač MultiPlus 24/3000/70 [13]

### 4.1. Glavne značajke invertera / punjača Victron Energy MultiPlus 24/3000/70

U slučaju kvara napajanja ili kada je generatorski sklop isključen, MultiPlus će se prebaciti u stanje invertera i preuzeti na sebe zadaću opskrbe povezanih uređaja. To je učinjeno tako brzo da rad računala ili drugih elektroničkih uređaja nije poremećen (Uninterruptible Power Supply (UPS)). To svojstvo čini MultiPlus vrlo pogodnim kao sustav napajanja kod iznenadnog prestanka opskrbe električnom energijom u granama industrije i telekomunikacije. Maksimalna izmjenična struja koja se može prenijeti iznosi 16A ili 50A, ovisno o modelu.

Osim uobičajenog neprekinutog izlaza, dostupan je pomoćni izlaz koji isključuje svoje opterećenje u slučaju baterijskog rada. Primjer: električni kotao kojemu je dopušten rad samo ako je agregat pokrenut ili je sustav priključen na mrežu.

Do 6 MultiPlus uređaja može raditi paralelno. Šest jedinica, na primjer, 24/3000/70, osigurat će izlaznu snagu od 15kW / 18kVA i kapacitet punjenja od 420 A.

MultiPlus nudi sposobnosti trofaznog rada. Tri jedinice mogu se konfigurirati za trofazni izlaz. Tu opet postoji mogućnost paralelnog rada pa tako do 6 kompleta od tri jedinice može biti paralelno povezano da bi pružile 45kW / 54kVA snage i kapacitet punjenja veći od 1000A.

Victron Energy MultiPlus 24/3000/70 ima dvije vrlo korisne specifične funkcije. Prva od njih je PowerControl koja ograničuje upotrebu struje iz mreže. Naime MultiPlus uređaj može pružiti ogromnu struju punjenja. To podrazumijeva teško opterećenje na mreži ili agregatu. Stoga postoji opcija za postavljanje maksimalne struje. MultiPlus zatim uzima u obzir druge korisnike energije i koristi samo "višak" struje u svrhu punjenja. Druga funkcija je PowerAssist koja omogućuje proširenu upotrebu generatora i struje iz mreže. Ova značajka preuzima princip PowerControl-a na daljnju dimenziju koja MultiPlus uređaju omogućava da dopunjuje kapacitet sustava alternativnog izvora. U slučajevima kada je vršna snaga često potrebna samo u ograničenom vremenskom razdoblju, MultiPlus uređaj će se pobrinuti da se nedovoljna snaga iz mreže ili snaga generatora odmah kompenziraju snagom baterije. Kada se opterećenje smanjuje, rezervna snaga koristi se kako bi se napunile baterije [14].

MultiPlus je opremljen programabilnim relejem koji je po tvorničkim postavkama postavljen kao alarmni relej. Relej se može programirati za sve vrste drugih primjena, na primjer kao relej za start generatora ili pak za alarme.

Invetrer / punjač MultiPlus se isporučuje spreman za uporabu. No nakon toga postoje tri mogućnosti za promjenu određenih postavki:

- Najvažnije postavke (uključujući paralelno funkcioniranje do tri uređaja i trofazni rad) mogu se mijenjati na vrlo jednostavan način, pomoću DIP sklopke.
- Sve postavke, osim višenamjenskog releja, mogu se mijenjati VE.Net panelom.
- Sve se postavke mogu mijenjati s računalom i besplatnim softverom koji se može preuzeti s web stranice [15].

## **4.2. On/Off/Charger Only preklopka**

Na kućištu MultiPlus uređaja nalazi se preklopka sa tri moguća stanja. Ta stanja određuju na koji će način raditi sam uređaj. Kad se preklopka prebaci na "on (uključeno)", proizvod je

potpuno funkcionalan. Inverter će raditi i lampica "inverter on" će zasvijetliti. Izmjenični napon koji je priključen na priključak "AC in" biti će prebačen na "AC out" terminal, ako je on unutar specifikacija. Inverter će se isključiti, a lampica "mains on" će zasvijetliti i punjač počinje puniti. Svijetliti će jedna od lampica "bulk", "absorption" ili "float", ovisno o modu u kojem punjač radi. Ako se napon na terminalu "AC-in" odbije, to jest ako on ne odgovara, inverter će se uključiti.

Kada se inverter prebaci na "Charge Only (samo punjač)", raditi će samo punjač akumulatora (ako je mrežni napon prisutan). U ovom načinu rada ulazni napon se također prebacuje na "AC out" terminal.

Kada je potrebna samo funkcija punjača, važno je provjeriti je li preklopka prebačena na "Charge Only (samo punjač)". Time se sprečava uključivanje invertera ako je mrežni napon izgubljen, što štiti baterije od prevelikog pražnjenja.

### **4.3. Upravljanje na daljinu**

MultiPlus uređaj nudi dva načina upravljanja na daljinu. Prvi način je upravljanje pomoću tro-položajnog prekidača. Drugi način je pomoću Digital Multi Control (DMC) ploče koji će biti pobliže opisan u nastavku.

Povezivanje DMC-a sa sustavom jednostavan je postupak. U većini slučajeva samo povezivanje DMC-a i MultiPlus uređaja sa običnim mrežnim kabelom je dovoljno i ne zahtijeva nikakvo dodatno podešavanje parametara uređaja. Multi Control ploča ima jednostavnu zakretnu tipku s kojom se može namjestiti maksimalna struja izmjeničnog ulaza. Također nudi mogućnost namještanja maksimalnih struja za više (najviše četiri) ulaza ako su oni spojeni. Kod spajanja maksimalne vrijednosti se prepoznaju i automatski postavljaju. Na primjer spajanje DMC-a na jedan MultiPlus uređaj s kapacitetom 16A, ograničiti će maksimalnu struju mreže na 16A. Isto tako spajanje DMC-a na pet MultiPlus uređaja povezanih paralelno rezultirat će sa 80A kao maksimalnim limitom struje mreže. Važno je napomenuti da se kod sistema s više od jednim ulazom, u postavkama uređaja MultiPlus može zabraniti promjena maksimalne struje sa DMC-om.

DMC ne dozvoljava postavljanje limita maksimalne struje koji je manji od minimalnog limita struje mreže. No da bi ipak ta navedena značajka mogla biti korištena DMC omogućuje korisniku postavljanje maksimalnog limita struje mreže na 0A, što je zapravo ispod minimalnog limita struje mreže. Da bi se to postiglo, operater mora okrenuti zakretnu tipku 'dolje' s većom

brzinom. Vrijednost na zaslonu će tada 'skočiti' na 0,0 i povezani uređaji započeti će s invertiranjem. Kad je zakretna tipka ponovno okrenuta prema gore, vrijednost na zaslonu će 'skočiti' na minimalnu granicu struje mreže [16].

Konfiguracija DMC panela prikazana je u tablici 4.1 a prikazane lampice odnose se na tri žute lampice na DMC panelu (bulk, absorption i float lampice).

LED indikacija	Odabrani parametar
○ ○ ☀	<b>Faktor skaliranja.</b> zadana vrijednost: 0, raspon: 0-9 (ovaj parametar se zanemaruje prilikom korištenja VE.Bus uređaja)
○ ○ ☀	<b>Ograničenje struje generatora</b> u amperima. zadana vrijednost: 16, raspon: 0..198
○ ☀ ☀	<b>Gornja granica za AC ulaz 1</b> u amperima. zadana vrijednost: 254, raspon: 0..254
○ ☀ ☀ ☀	<b>Gornja granica za AC ulaz 2</b> u amperima. zadana vrijednost: 254, raspon: 0..254
☀ ☀ ☀ ☀	<b>Gornja granica za AC ulaz 3</b> u amperima. zadana vrijednost: 254, raspon: 0..254
☀ ☀ ☀	<b>Gornja granica za AC ulaz 4</b> u amperima. zadana vrijednost: 254, raspon: 0..254

○ Lampica ugašena    ☀ Lampica trepti    ☀ Lampica svijetli

*Tablica 4.1 Konfiguracija parametra DMC ploče*

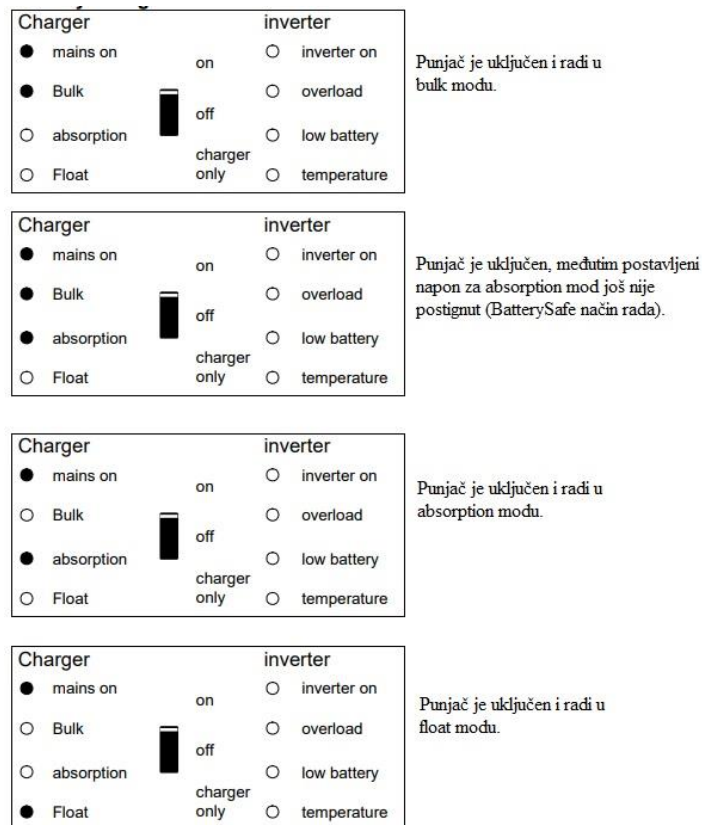
Tijekom konfiguracije može se postaviti šest parametara. U oblik konfiguracije ulazi se pritiskom na tipku na stražnjoj strani DMC ploče do trenutka kada najdonja lampica u lijevom stupcu počinje treptati, što znači da se prvi parametar može promijeniti. Da bi se promijenila vrijednost parametra, zakretna tipka se okrene te se na zaslonu namjesti odgovarajuća vrijednost. Zatim se ponovno pritišče tipka na stražnjoj strani te se time prebacuje na drugi parametar. Pritiskom na tipku nakon zadavanja vrijednosti zadnjeg parametra, izlazi se iz moda konfiguracije i vrijednosti se spremaju. U slučaju kada je potrebno promijeniti samo jedan parametar, svi parametri se moraju preći da bi se vrijednost spremila i da bi izlazak iz konfiguracijskog moda bio moguć.



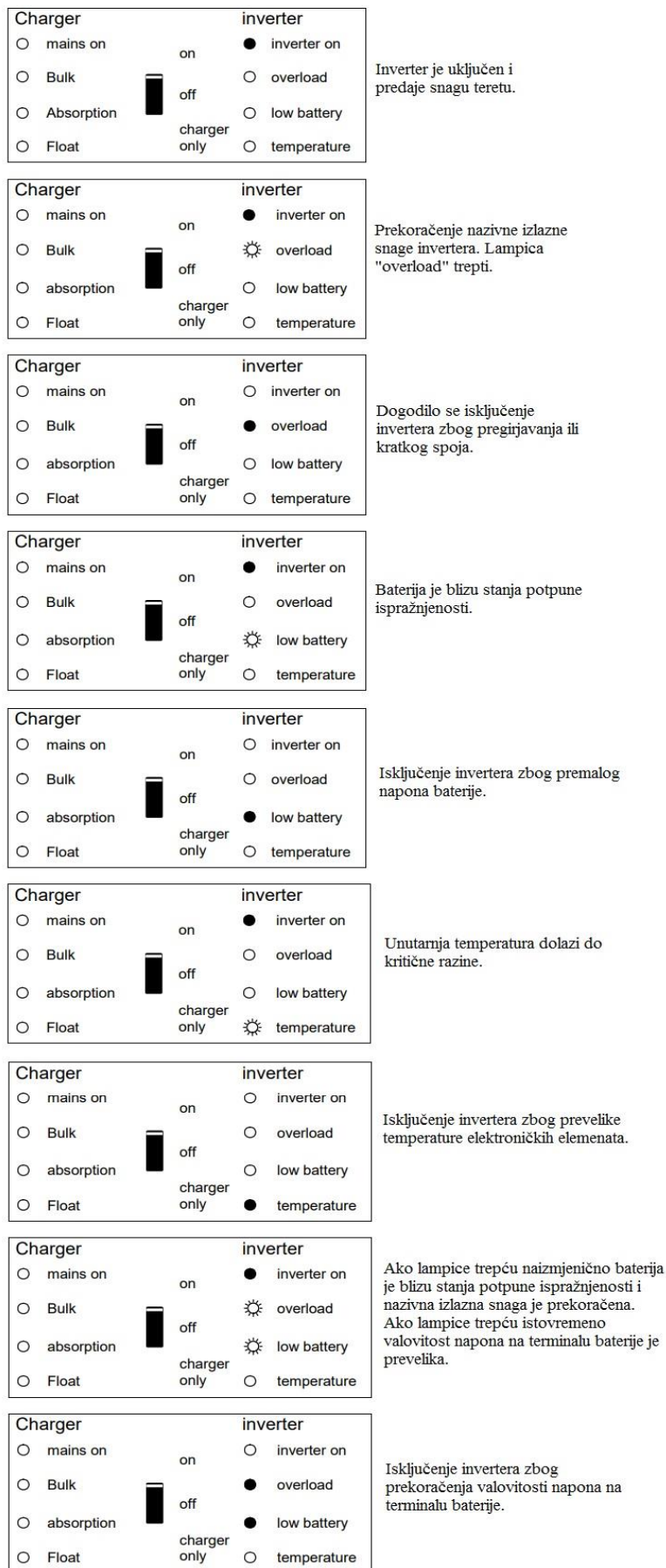
Slika 4.2 Digital Multi Control ploča

#### 4.4. LED indikacija

Uređaj Victron Energy MultiPlus 24/3000/70 na svojoj prednjoj strani ima LED indikaciju stanja te upozorenja na situacije zbog kojih će se inverter / punjač morati isključiti. Kako bi se to spriječilo, važno je biti dobro upoznat sa značenjima LED indikacije koji su opisani u nastavku na slici 4.3 i slici 4.4.



Slika 4.3 Led indikacija MultiPlus punjača



Slika 4.4 Led indikacija MultiPlus invertera

## 5. Baterijski sustav

Baterijski sustav predstavlja spremnik energije. Energija koju proizvede fotonaponski generator se preko fotonaponskog regulatora punjenja pohranjuje u baterijama. Ovako pohranjena energija se preko invertera pretvara u izmjeničnu koja se koristi za napajanje trošila u objektu.

Projektirani baterijski sustav hibridnog otočnog fotonaponskog sustava na Sveučilištu Sjever ima kapacitet 440 Ah i naponski nivo 24V, a čine ga četiri baterije Victron Energy AGM 12 VDC / 220Ah, koje su razdijeljene u dvije paralelne grane, od kojih svaku granu čine dvije serijski spojene baterije tako da svaka grana ima kapacitet 220Ah pri 24 V. Ukupni kapacitet baterija iznosi 10.560 Wh.

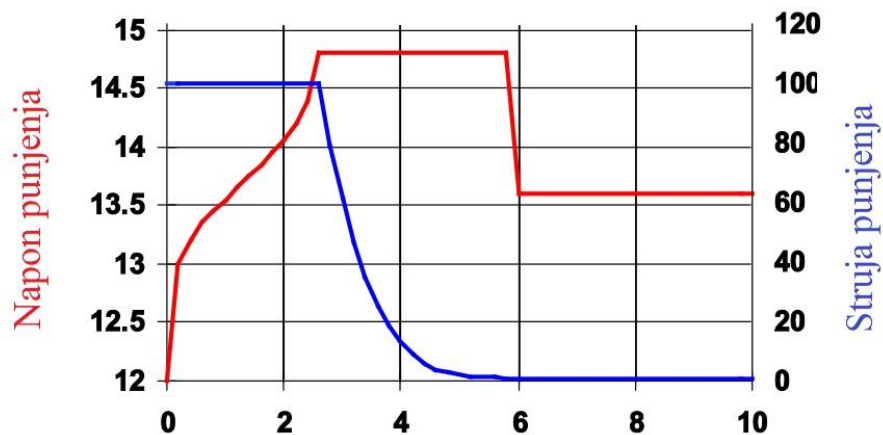
### 5.1. Victron Energy AGM 12 VDC / 220Ah

Kod AGM baterija elektrolit je sadržan unutar staklenih vlakana te ih nije potrebno održavati, niti ispuštaju plinove u normalnom korištenju. Spomenute baterije također koriste i VRLA tehnologiju. VRLA (Valve Regulated Lead Acid) znači da su baterije zapečaćene, te će plin izaći kroz sigurnosne ventile samo u slučaju prepunjenja ili kvara ćelija. Zbog korištenja olovno kalcijevih mreža i materijala visoke čistoće, Victron VRLA baterije mogu biti skladištene kroz duge vremenske periode bez potrebe za ponovnim punjenjem. Stopa samo-pražnjenja iznosi manje od 2% po mjesecu kod temperature od 20°C. Samo-pražnjenje udvostručuje se za svako povećanje temperature za 10°C. Iz tog razloga baterije je moguće skladištiti gotovo jednu godinu bez potrebe za ponovnim punjenjem, ako su držane u hladnim uvjetima. Posebnu prednost imaju u primjeni kod velikih struja, kao na primjer kod pokretanja motora. Victron VRLA baterije imaju izvanredan oporavak od pražnjenja, čak i nakon dubokog ili produženog pražnjenja. Ipak, opetovano duboko i produljeno pražnjenje ima vrlo negativan učinak na životni vijek svih baterija olovnih kiselina, a baterije Victron nisu iznimka [17].



Slika 5.1 Baterija Victron Energy AGM 12 VDC / 220Ah [18]

Najčešće korištena krivulja punjenja za punjenje VRLA baterija u slučaju cikličke uporabe je krivulja punjenja u tri koraka u kojoj fazu konstantne struje (bulk faza) slijede dvije faze konstantnog napona (absorption i float). Tijekom absorption faze napon napajanja se održava na relativno visokoj razini kako bi se baterije potpuno napunile u nekom razumnom vremenu. Treća i posljednja faza je faza float: napon je spušten na razinu pripravnosti, dostatno za kompenzaciju samo-pražnjenja.



Slika 5.2 Prikaz krivulje punjenja u tri koraka [19]



## 5.2. Victron Energy Battery Monitor BMV-702

U svrhu praćenja parametara baterijskog sustava ugrađen je sustav nadzora stanja baterija Victron Energy Battery Monitor BMV-702 sa pripadajućim shuntom i priborom. Glavna funkcija takvog praćenja je sprečavanje neočekivanog pražnjenja baterija. BMV konstantno mjeri protok struje u baterije i protok struje iz baterija. Integracijom navedene struje po vremenu dobiva se ukupni neto iznos dodanih ili oduzetih amper-sati iz baterije.

U normalnom načinu rada BMV prikazuje pregled važnih parametara. Tipke za odabir + i - omogućavaju odabir željenog parametra.

### Napon baterije

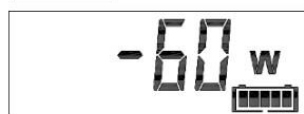


### Struja



Stvarna struja koja izlazi iz baterije (negativni predznak) ili u bateriju (pozitivni predznak).

### Snaga



Snaga izvučena iz baterije (negativni predznak) ili koja teče u bateriju (pozitivni predznak).

### Potrošeni Ah



Količina amper-sati potrošenih iz baterije.

### Stanje napunjenosti



Potpuno puna baterija biti će prikazana s vrijednošću 100%, dok će potpuno prazna biti prikazana s 0%.

### Preostalo vrijeme rada



Procjena koliko dugo baterija može podupirati sadašnje opterećenje sve do kad ne zahtijeva punjenje.

Slika 5.3 Prikaz svih parametara mjerenih od strane BMV-a

## -Način postavljanja (setup)

Tipka	Funkcija tipke	
	u normalnom modu	u modu postavljanja
SETUP	Pritisnite i držite dvije sekunde za prebacivanje na način postavljanja. Na zaslonu će se pomicati broj i opis odabranog parametra.	Pritisnite SETUP u bilo kojem trenutku za povratak na pomični tekst i ponovno pritisnite za povratak u normalni mod.
SELECT	Pritisnite da biste se prebacili na izbornik povijesti. Pritisnite za zaustavljanje pomicanja i prikazivanja vrijednost. Pritisnite ponovno za prebacivanje natrag u normalni način rada.	Pritisnite za zaustavljanje pomicanja nakon ulaska u mod postavljanja s tipkom SETUP. Nakon uređivanja posljednje znamenke, pritisnite da biste završili uređivanje. Vrijednost se pohranjuje automatski.
SETUP / SELECT	Istodobno pritisnite i držite tipke SETUP i SELECT na tri sekunde za vraćanje tvorničkih postavki.	
+	Pomak prema gore	Kada ne uređujete, pritisnite da biste se pomaknuli gore do prethodnog parametra.
		Prilikom uređivanja ovaj gumb će povećavati vrijednost odabrane znamenke.
-	Pomak prema dolje	Kada ne uređujete, pritisnite da biste se pomaknuli dolje do sljedećeg parametra.
		Prilikom uređivanja ovaj gumb će smanjiti vrijednost odabrane znamenke.
+/-	Pritisnite i držite obje tipke istovremeno tri sekunde za ručno sinkroniziranje BMV-a	

*Tablica 5.1 Funkcije tipki sustava nadzora baterija BMV-702*

U načinu postavljanja (setup) moguća je promjena puno parametara (točnije njih 46) koji se tiču kapaciteta baterije, napona baterije, parametri releja, alarmi itd...U ovom radu neće biti detaljnije opisani, no pun popis parametara nalazi se u uputama [20].

### -Povijest (history)

Victron Energy BMV pohranjuje događaje koji se kasnije mogu koristiti za procjenu obrazaca korištenja i zdravlja baterije. Podaci povijesti pohranjeni su u neizbrisivoj memoriji i neće se izgubiti u slučaju prekida napajanja BMV-a.

Parametar	Opis
A DEEPEST d ISCHARGE	Najdublje pražnjenje u Ah
B LAST d ISCHARGE	Najveća zabilježena vrijednost potrošnje u Ah od posljednje sinkronizacije
C AVERAGE d ISCHARGE	Prosječna dubina pražnjenja
D CYCLES	Broj ciklusa punjenja. Ciklus punjenja se broji svaki put kada stanje baterije padne ispod 65%, a zatim se diže iznad 90%
E d ISCHARGES	Broj potpunih pražnjenja. Potpuno pražnjenje se broji kada stanje baterije padne na 0%
F CUMULATED IUE AH	Cjeloukupan broj Ah izvučenih iz baterije
G LOWEST VOLTAGE	Najmanji napon baterije
H HIGHEST VOLTAGE	Najveći napon baterije
I DAYS SINCE LAST CHARGE	Broj dana od posljednjeg potpunog punjenja baterije
J SYNCHRONISATION	Broj automatskih sinkronizacija
L LOW VOLTAGE ALARMS	Broj alarmi niskog napona
N HIGH VOLTAGE ALARMS	Broj alarmi visokog napona
R d ISCHARGED ENERGY	Ukupna količina energije izvučena iz baterije u (k)Wh
S CHARGED ENERGY	Ukupna količina energije apsorbirane od strane baterije u (k)Wh

Tablica 5.2 Prikaz parametara BMV-a vezanih uz povijest

## 6. Vrste spajanja i opis kablova za povezivanje komponenti

Sve Victron Energy komponente za spajanje koriste različite kablove koji su veoma specifični. U nastavku su nabrojani i opisani najvažniji kabli kako bi se što bolje objasnio princip povezivanja komponenti.

- *VE.Bus* – Spajanje se vrši pomoću običnog mrežnog kabla (RJ45 UTP). U predmetnom otočnom sustavom služi za spajanje MultiPlus invertera /punjača te Digital Multi Control panela na Victron Energy Color Control GX (CCGX) panel.
- *VE.Direct* – Spajanje se vrši pomoću posebne vrste kabla prikazanog na slici 6.1. U predmetnom otočnom sustavu služi za spajanje BlueSolar regulatora punjenja sa MPPT Control uređajima ili CCGX panelom. Zatim služi za spajanje nadzornika baterijskog sustava BMV-702 sa CCGX panelom.



Slika 6.1 *VE.Direct* kabel [21]

- *VE.Direct to USB sučelje* - povezuje komponente s *VE.Direct* vezom na uređaje s USB priključkom (na primjer računalom). Uz ovaj kabel također je moguće spojiti više od dvije *VE.Direct* komponente na jedan CCGX.
- *VE.Direct Bluetooth Smart adapter* – Pomoću njega mogu se prikazati podaci o BMV ili MPPT-u na iOS i Android uređajima pomoću aplikacije VictronConnect. Više o toj mogućnosti biti će objašnjeno kasnije u ovom radu.



*Slika 6.2 VE.Direct Bluetooth Smart adapter [22]*

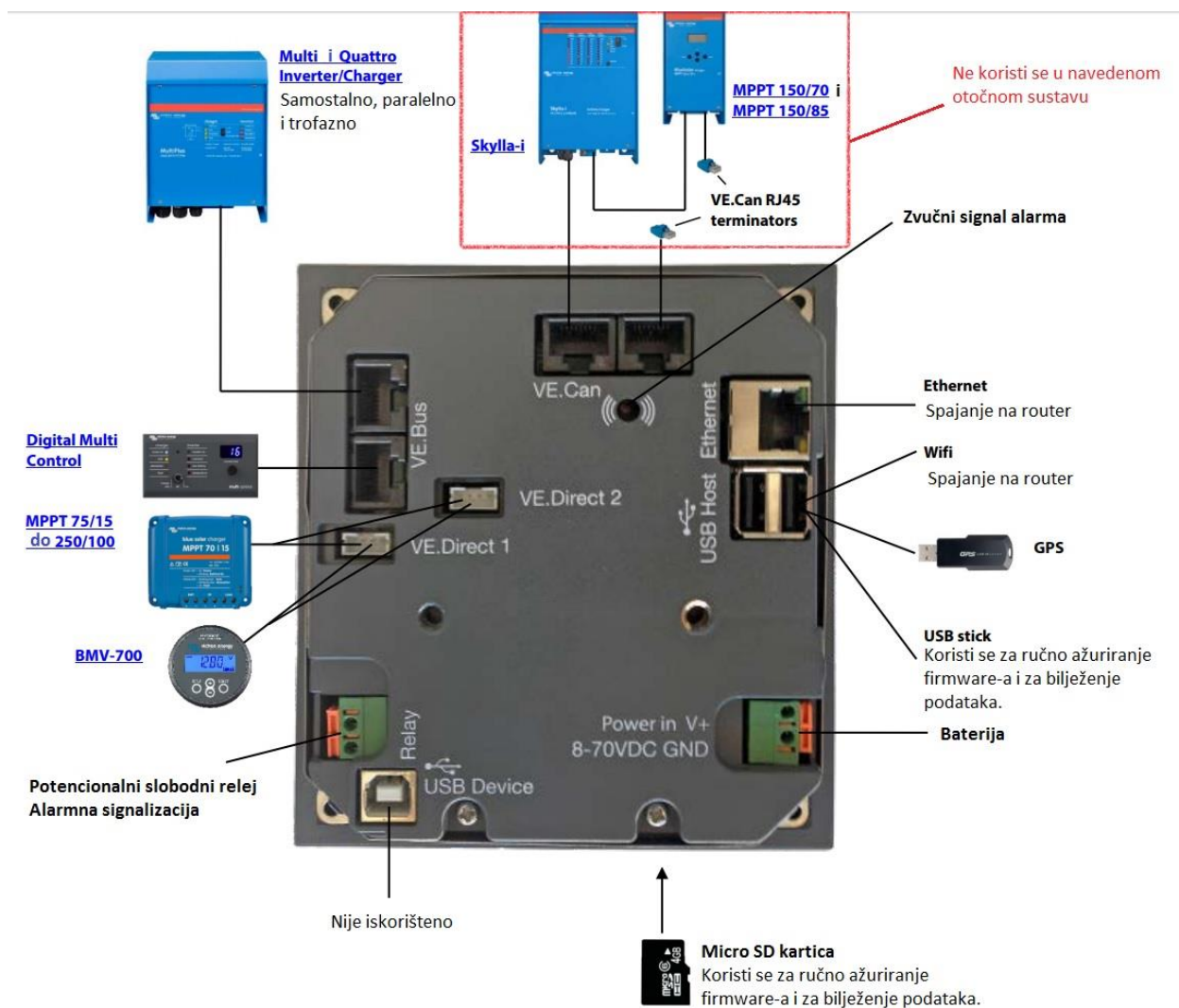
- *Sučelje MK3-USB* – Služi za spajanje MultiPlus uređaja, ali i ostalih uređaja takvog tipa (MultiGrid, Quattro, ECOMulti itd) na računalo za mogućnost izvršenja konfiguracije.



*Slika 6.3 Izgled MK3-USB sučelja [23]*

## 7. Sustav nadzora

U svrhu nadzora rada sustava obavljena je instalacija Victron Energy Color Control GX nadzornog panela koji omogućava intuitivno upravljanje i nadzor svih uređaja spojenih na njega, uključujući MultiPlus inverter/punjač, MPPT regulator punjenja, nadzornik baterijskog sustava BVM-702 itd. Na slici 7.1 vidljivi su utori i uređaji koji se na njih mogu spojiti na CCGX panelu.



Slika 7.1 Prikaz stražnje strane CCGX panela

Kada se pojedini uređaj odgovarajućim kablom poveže na Color Control GX u izborniku se pojavi njegov naziv. Pritiskom srednje tipke odabire se taj proizvod te se potom mogu mijenjati sve njegove postavke, koje su prethodno opisane u ovom radu.

## 7.1. Povezivanje uređaja Color Control GX na Internet

Važno je uspostaviti internet konekciju kako bi mogle biti iskorištene sve mogućnosti i prednosti koje Victron Remote Management (VRM) portal nudi. Osim slanja podataka za daljinsko praćenje, aktivna internetska veza također će omogućiti CCGX-u da redovito provjerava novu verziju firmware-a koja će se (automatski) preuzeti i instalirati. Nije potrebno to učiniti ručno pomoću microSD kartice ili USB flash pogona.

Internet konekcija može se uspostaviti na četiri načina:

### 1. *Ethernet LAN priključak*

Povezivanje na Internet direktno preko mrežnog kabela. Moguće je provjeriti status veze te konfigurirati IP adresu. Na otočnom sustavu Sveučilišta Sjever spajanje na takav način nije moguće jer to mreža Sveučilišta Sjever ne dopušta.

### 2. *Wi-Fi USB adapter*

Pomoću Wi-Fi adaptera moguće je povezivanje na WEP, WPA i WPA2 mreže. Wi-Fi izbornik prikazuje dostupne mreže. Kada je mreža odabrana, moguće je upisati lozinku (ako lozinka nije poznata) za povezivanje s mrežom.

Kada CCGX pronađe više Wi-Fi mreža od kojih je poznata lozinka, automatski se odabire najjača mreža. Kad signal povezane mreže postane premalen, automatski će se prebaciti na jaču mrežu ako zna lozinku te mreže.

### 3. *Mobilna mreža koja koristi 3G ili 4G usmjerivač*

Za spajanje CCGX-a na mobilnu mrežu, kao što je 3G ili 4G mreža, koristi se mobilni usmjerivač. Potrebno je povezati CCGX s tim usmjerivačem pomoću LAN kabela ili Wi-Fi mreže usmjerivača. Preporuča se korištenje profesionalnih usmjerivača.

Važno je napomenuti da CCGX ne podržava 3G/4G USB adaptere.

### 4. *Dijeljenje veze mobilnim telefonom preko USB-a*

Važno je uključiti prijenos USB veze na telefonu (vidljivo na Google-u kako to učiniti za određeni proizvod, model i operativni sustav). Također važno je napomenuti da ovaj način nije podržan kod svih mobilnih uređaja te nije preporučen.

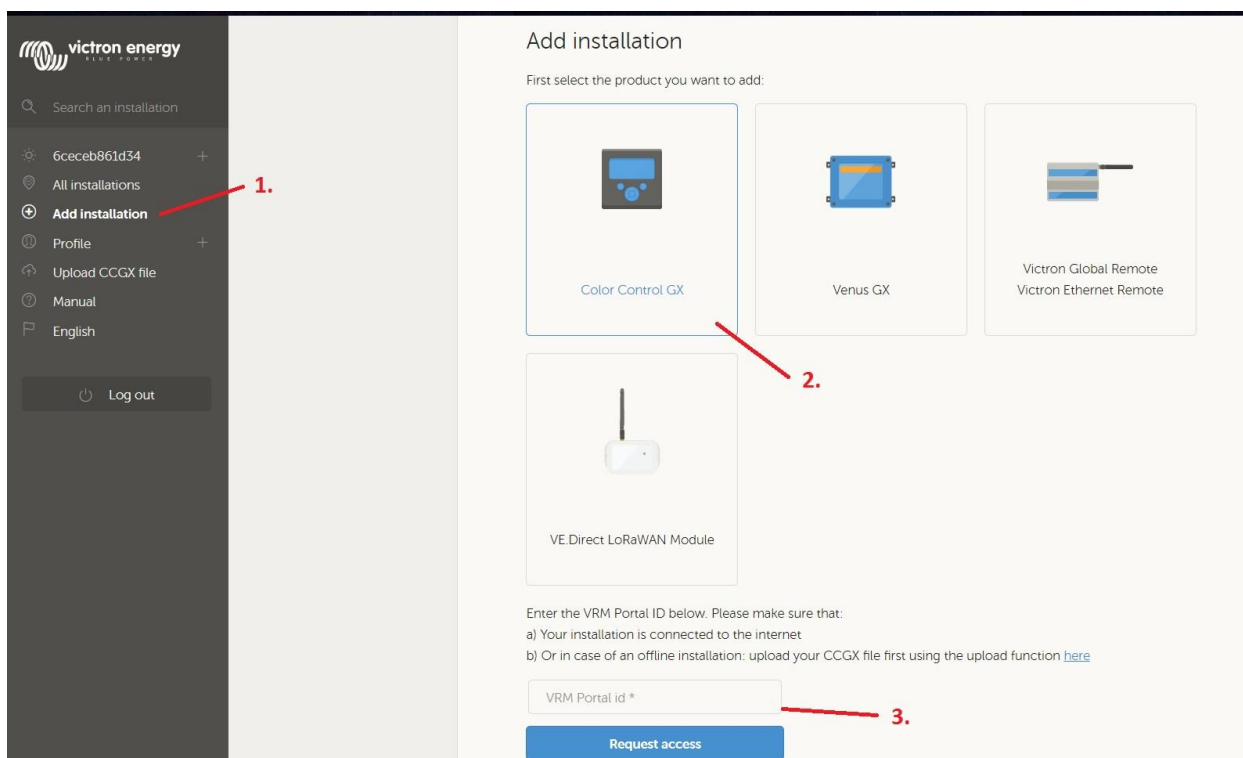
## 7.2. Victron Remote Management (VRM) portal

VRM portal je web-stranica koja služi za pohranu podataka preko određenog uređaja (u slučaju otočnog sustava na Sveučilištu Sjever to je Color Control GX) kao što su stanje baterije,

potrošnja AC snage, snaga proizvedena u panelima itd. Ovdje se može nadzirati potrošnja energije, pregledavati trenutni status povezanih proizvoda, konfigurirati e-mail alarme, upravljati sustavom na daljinu i preuzeti podatke u formatima CSV i Excel za daljnju obradu.

Prije početka potrebno je obaviti registraciju na stranici. Prilikom registracije, popunjavaju se opći podaci, dodaje se e-mail te se postavlja lozinka. Nakon toga moguća je prijava na stranicu. Najprije je potrebno dodati instalirani predmet kao što je prikazano na slici 7.2:

1. Klik na „Add installation“
2. Odabir uređaja Color Control GX
3. Unos VRM Portal ID-a. ID se može pogledati u postavkama uređaja (VRM online portal). Važno je provjeriti da je opcija „Logging enabled“ uključena.

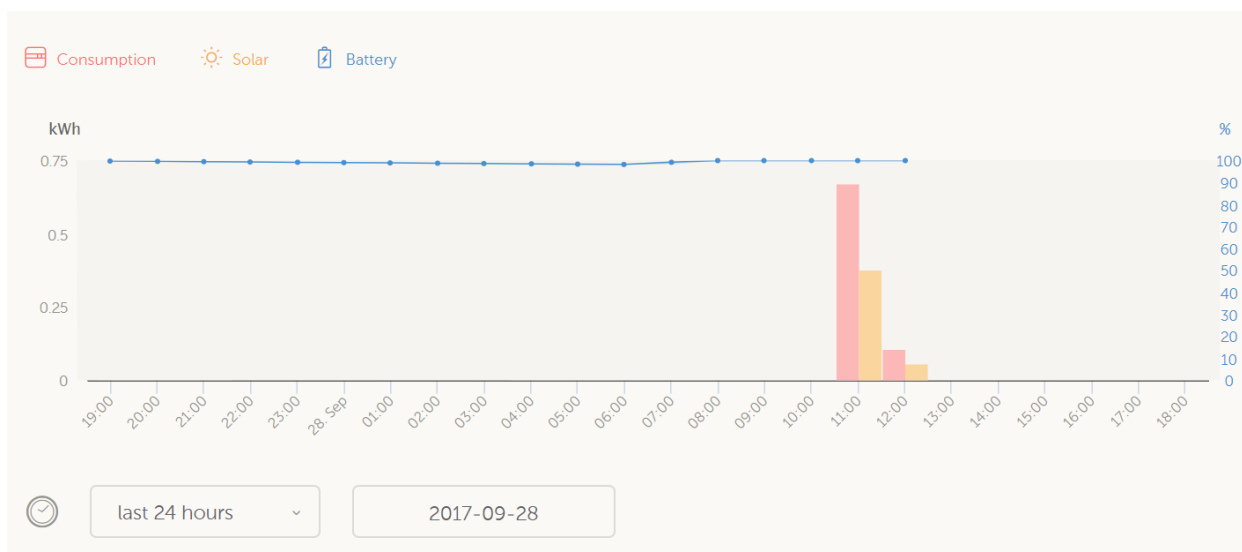


Slika 7.2 Postupak dodavanja uređaja CCGX na VRM portal

Kada je uređaj dodan klikom na njegov ID u izborniku otvori se daljnji izbornik s opcijama koje su moguće te grafički prikaz u kojem je moguće odabrati željene vrijednosti za prikaz. Jedan takav prikaz prikazan je na slici 7.3 na kojemu je prikazano stanje napunjenosti baterije, potrošnja AC snage te količina snage dobivene iz panela kroz 24 sata. Postoji mnogo drugih parametara čiji je grafički prikaz moguć, kao što su napon panela, napon baterije, struja panela, stanje pojedinog uređaja itd. Grafički prikaz moguć je u obliku dnevnog, tjednog, mjesečnog i godišnjeg prikaza.



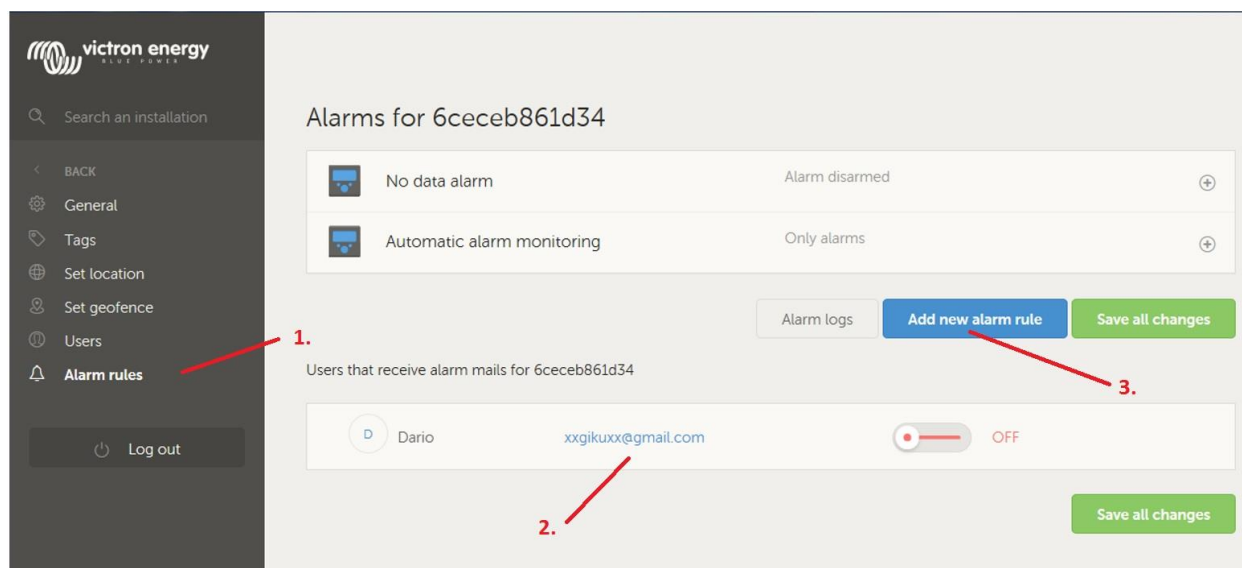
Mjereni podaci mogu se također pohraniti i na USB ili pak na microSD memorijsku karticu, te naknadno učitati na stranicu, za obradu i crtanje grafova.



Slika 7.3 Grafički prikaz stanja sustava na VRM portalu

Jedna od naprednih mogućnosti VRM portala je dodavanje i konfiguracija e-mail alarma. Način dodavanje novog alarma prikazan je na slici 7.4:

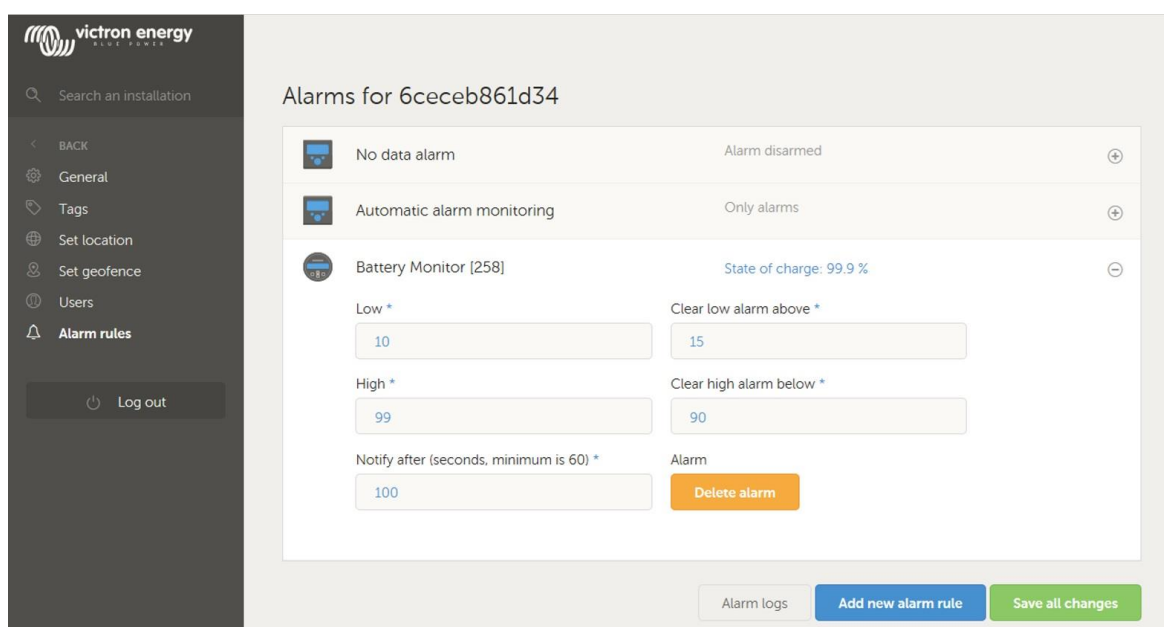
1. Klik na „Alarm rules“
2. Upisati ili odabrati željenu e-mail adresu za primanje obavijesti o alarmima
3. Dodati novi alarm pritiskom na „Add new alarm rule“



Slika 7.4 Postupak dodavanja novog alarma na VRM portalu

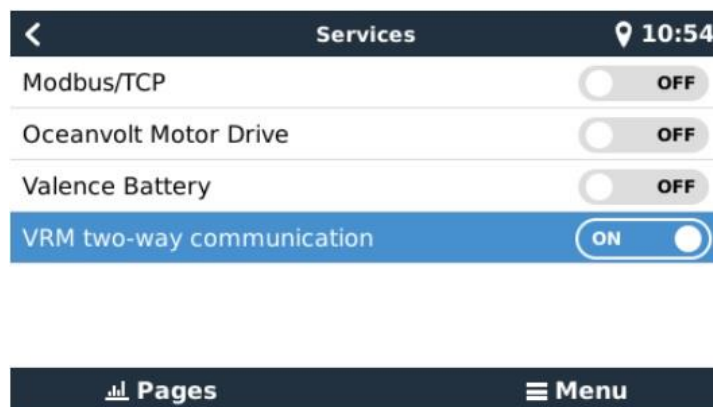
Nakon dodavanja novog alarma slijedi njegova konfiguracija. Najprije se vrši odabir uređaja uz koji je sam alarm vezan. U predmetnom otočnom sustavu Sveučilišta Sjever moguće je odabir četiri uređaja (MultiPlus, CCGX, BMV-702 i BlueSolar MPPT regulator punjenja). Nakon odabira uređaja slijedi odabir željnog parametra vezanog uz odabrani uređaj. Tada se dolazi do faze u kojoj se odabiru granične vrijednosti kod kojih će doći do alarma. Na posljepku se vrši upis željenog vremena trajanja alarma nakon kojeg se šalje e-mail na dodanu adresu.

Na slici 7.5 prikazan je primjer alarma na uređaju BVM-702. Kao parametar odabrana je razina napunjenosti baterije (State of charge). Postavljena je maksimalna i minimalna vrijednost stanja baterije kod kojih se uključi određeni alarm te vrijednosti kod kojih se taj isti alarm isključi. Zadnja vrijednost, koja se odnosi na dojavu alarma nakon određenog vremenskog intervala postavljena je na 100 sekundi (najmanje moguće vrijeme je 60 sekundi).



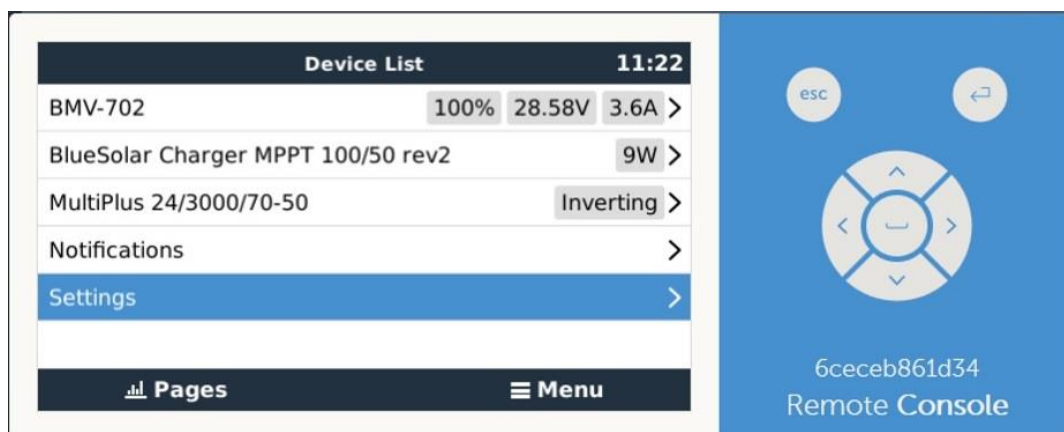
Slika 7.5 Postupak konfiguracije alarma na VRM portalu

Sljedeća napredna mogućnost koju VRM portal nudi je „Remote console“ koja omogućuje upravljanje otočnim sustavom na daljinu. Prije samog postupka upravljanja na daljinu potrebno je osigurati valjanu Internet vezu CCGX uređaja i provjeriti verziju firmware-a te ga ažurirati na najnoviju dostupnu verziju, ako ona postoji. Nakon toga potrebno je omogućiti opciju „Two way communication“ (dvosmjerna komunikacija) u izborniku „Services“, kao što je prikazano na slici 7.6.



Slika 7.6 Uključivanje opcije „Two way communication“

Nakon uspješnog provođenja prijašnjih koraka moguće je korištenje upravljanja na daljinu. Na VRM portalu potrebno je odabrati uređaj i u izborniku kliknuti na „Remote console“. Tada se otvara konzola s prikazom ekrana CCGX-a kao što je prikazano na slici 7.7 te je na taj način moguće u realnom vremenu upravljati, pregledavati i mijenjati parametre bilo koje komponente u sustavu, a da je ona spojena sa CCGX uređajem.



Slika 7.7 Izgled konzole s prikazom ekrana uređaja CCGX

### 7.3. VictronConnect

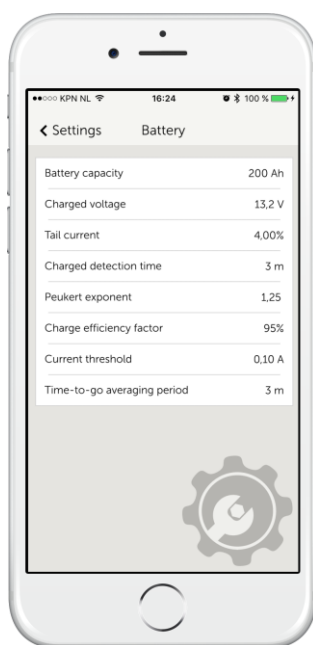
VictronConnect služi za konfiguriranje, praćenje i dijagnosticiranje svih proizvoda koji imaju ugrađeni „Bluetooth Smart“ ili su opremljeni VE.Direct portom (U predmetnom otočnom sustavu Sveučilišta Sjever to su uređaju BMV-702 i BlueSolar MPPT 100/50). VictronConnect dostupan je za Android, iOS, Windows i Mac OS X, a moguće je preuzimanje na sljedećoj stranici u literaturi [24].

Spajanje pomoću bluetooth-a moguće je uz pomoć ranije opisanog VE.Direct Bluetooth Smart adaptera. Trenutno se na otočnom sustavu Sveučilišta Sjever VictronConnect ne može koristiti zbog nedostatka predmetnog adaptera i VE.Direct to USB sučelja.

Spajanje se vrši na sljedeći način:

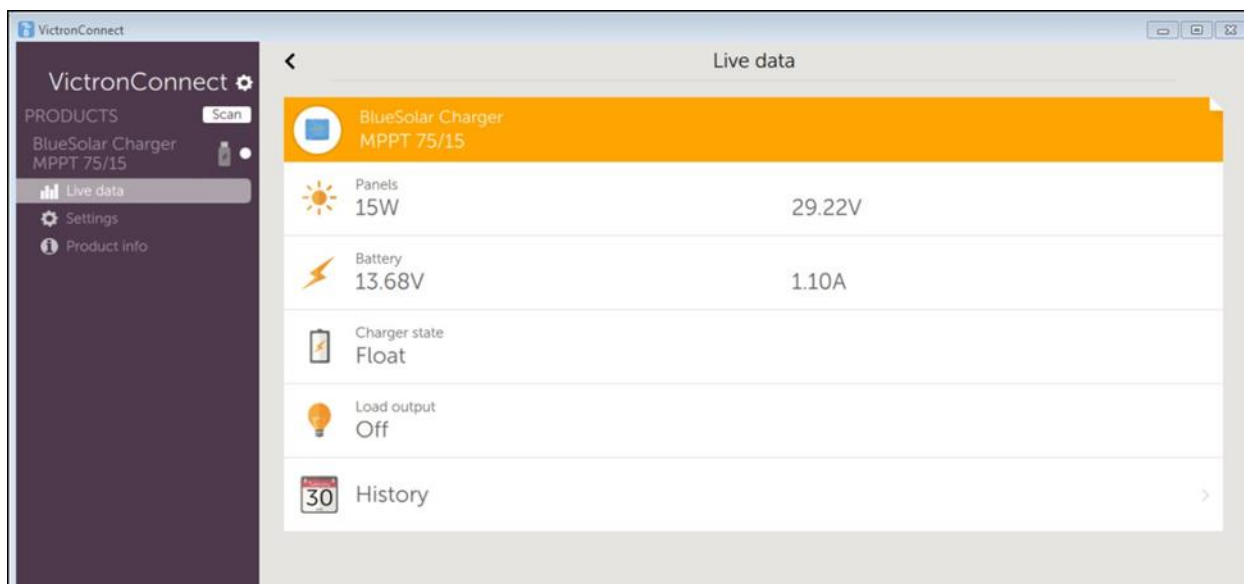
1. Otvaranje VictronConnect aplikacije
2. Mobiteli i tableti: potrebno je povući zaslon za pokretanje skeniranja
3. Računala i laptopi: klik na tipku skeniraj na lijevoj strani ekrana
4. Prilikom prvog spajanja: Mobilni će zatražiti uparivanje s uređajem te je potrebno unijeti pin kod. Zadani pin kod je 000000, no nakon povezivanja on može biti promijenjen u bilo kojem trenutku.

Važno je napomenuti da se povezivanje uvijek mora vršiti unutar VictronConnect aplikacije. Povezivanje se ne smije vršiti iz izbornika uređaja, jer tada VictronConnect neće pronaći Victron proizvod.



*Slika 7.8 VictronConnect aplikacija na mobilnom uređaju [25]*

Na Windows uređajima spajanje pomoću bluetooth-a nije podržano te je jedini način spajanja na njih pomoću VE.Direct to USB sučelja.

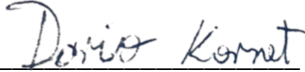


Slika 7.9 VictronConnect aplikacija na Windows uređaju [25]

## 8. Zaključak

U današnje vrijeme kada je uloga obnovljivih izvora na smanjenje zagađenja okoliša sve više istaknuta, vrlo su važna sva istraživanja koja se provode da bi ih kontinuirano unaprjeđivali. Ovaj rad napravljen je s ciljem da se svim korisnicima koji će biti zainteresirani za provođenje znanstvenih istraživanja ili pak završnih i diplomskih radova na otočnom sustavu Sveučilišta Sjever, približe neke od vrlo naprednih mogućnosti koje spomenuti sustav nudi. U radu svaka komponenta fotonaponskog otočnog sustava je zasebno i detaljno opisana kao i sve njene mogućnosti u vezi promjena postavki u sustavu.

U sklopu rada provedeno je ažuriranje Firmware-a svih komponenti na kojima je postojala ta mogućnost, da se poboljša funkcija nadzora sustava te omogući spajanje na internet. Ujedno Sveučilištu Sjever preporučam nabavku VE.Direct Bluetooth Smart adaptera kako bi se omogućilo praćenje parametara sustava u realnom vremenu na mobilnim uređajima preko bluetooth-a, te nabavku VE.Direct to USB kabla kako bi se pomoću njega spojila komponenta BMV-702 na CCGX za maksimalno iskorištenje mogućnosti sustava nadzora.

  
*(vlastoručni potpis)*

U Varaždinu, 25.10.2017. godine

## 9. Literatura

- [1] Znanstveno–istraživačka strategija Sveučilišta Sjever za razdoblje 2014. –2019.
- [2] Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima, Narodne novine, br. 153/2013,
- [3] <http://grejanje.com/strana.php?pID=172>, dostupno 20.9.2017.
- [4] <http://www.solar-facts-and-advice.com/polycrystalline.html>, dostupno 20.9.2017.
- [5] <http://www.solarreviews.com/solar-energy/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>, dostupno 20.9.2017.
- [6] [http://www.amp-solar.com/mono\\_ili\\_poli](http://www.amp-solar.com/mono_ili_poli), dostupno 20.9.2017.
- [7] <http://www.solar-facts-and-advice.com/monocrystalline.html>, dostupno 27.9.2017.
- [8] <http://svijet-akumulatora.hr/katalog/proizvod/SPM010801200/solarni-paneli-80w-12v-monokristalni>, dostupno 27.9.2017.
- [9] <https://www.solar-electric.com/learning-center/batteries-and-charging/mppt-solar-charge-controllers.html>, dostupno 8.9.2017.
- [10] Dunja SRPAK, Dražen PAJAN: „The impact of module shading and azimuth on solar power plant production“, 25. MEĐUNARODNO POSAVETOVANJE „KOMUNALNA ENERGETIKA 2016.“, Maribor 2016.
- [11] Victron Energy BlueSolar charge controller MPPT 100/50 manual
- [12] <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-MPPT-Control-A4-EN.pdf>, dostupno 27.9.2017.
- [13] <https://www.victronenergy.com/inverters-chargers/multiplus-12v-24v-48v-800va-3kva>, dostupno 27.9.2017.
- [14] [https://www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-MultiPlus-3k-230V-16A--50A-\(firmware-xxxxlxx\)a-EN-NL-FR-DE-ES-SE.pdf](https://www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-MultiPlus-3k-230V-16A--50A-(firmware-xxxxlxx)a-EN-NL-FR-DE-ES-SE.pdf), dostupno 28.9.2017.
- [15] <https://www.victronenergy.com/support-and-downloads/software>, dostupno 21.9.2017.
- [16] <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-Digital-Multi-Control-Panel-EN-NL-FR-DE-ES.pdf>, dostupno 27.9.2017.
- [17] <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-GEL-and-AGM-Batteries-EN.pdf>, dostupno 27.9.2017.
- [18] <https://www.victronenergy.com/batteries/gel-and-agm-batteries>, dostupno 27.9.2017.
- [19] <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-GEL-and-AGM-Batteries-EN.pdf>, dostupno 27.9.2017.
- [20] <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Manual-BMV-700-700H-702-712-EN-NL-FR-DE-ES-SE-PT-IT.pdf>, dostupno 29.9.2017.
- [21] <https://www.victronenergy.com/cables/ve.direct.cable>, dostupno 27.9.2017.

[22]<https://www.victronenergy.com/accessories/ve-direct-bluetooth-smart-dongle>, dostupno 27.9.2017.

[23]<https://www.victronenergy.com/accessories/interface-mk3-usb>, dostupno 27.9.2017.

[24]<https://www.victronenergy.com/support-and-downloads/software#victronconnect-app>, dostupno 28.9.2017.

[25][https://www.victronenergy.com/live/victronconnect:start?s\[\]=bluetooth](https://www.victronenergy.com/live/victronconnect:start?s[]=bluetooth), dostupno 28.9.2017.



## Popis slika

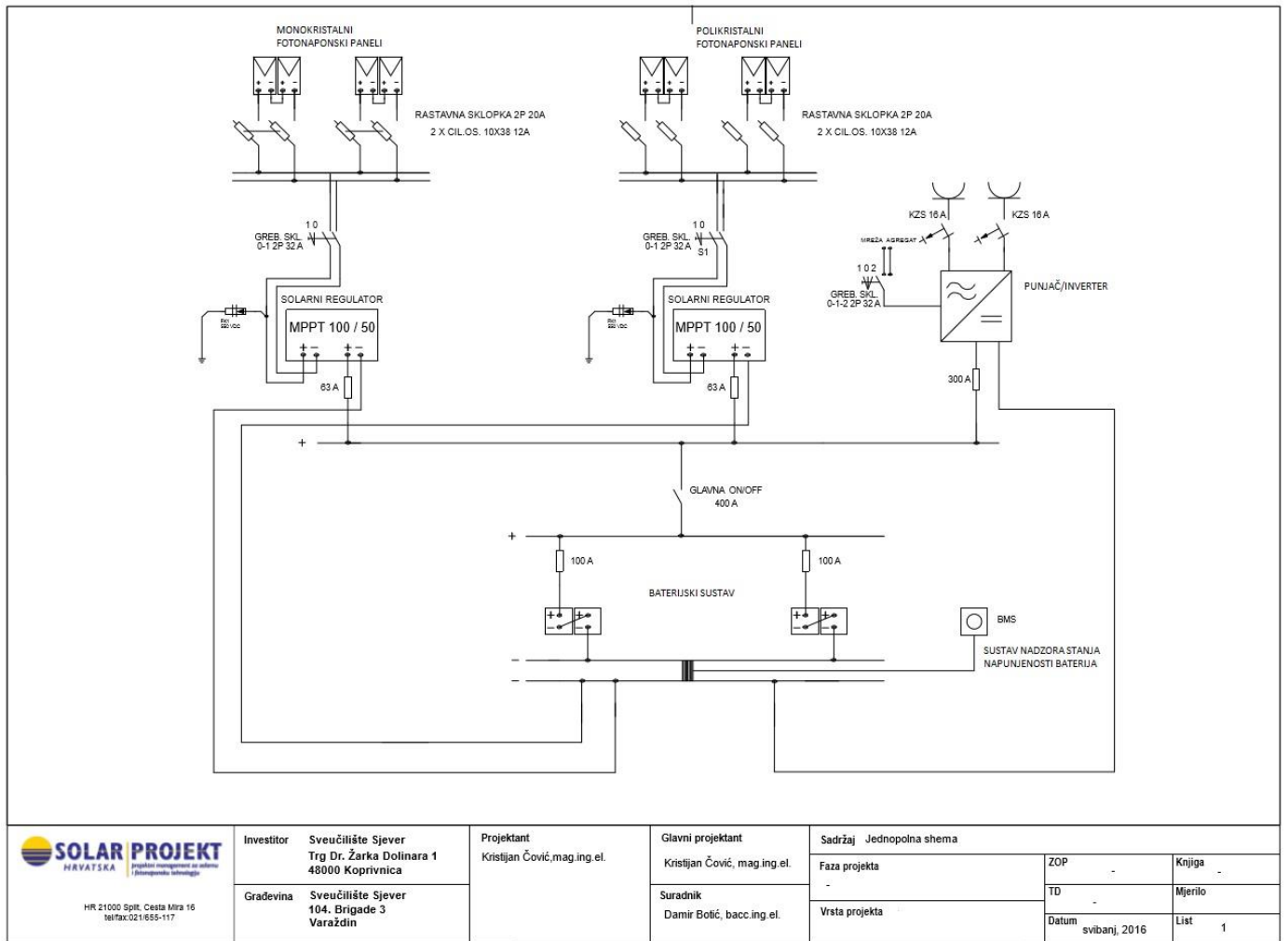
Slika 2.1 Princip rada solarne ćelije.....	4
Slika 2.2 Polikristalni solarni panel.....	6
Slika 2.3 Monokristalni solarni panel.....	7
Slika 3.1 uređaj Victron Energy BlueSolar 100/50.....	8
Slika 3.2 MPPT Control uređaj.....	10
Slika 4.1 Inverter / punjač MultiPlus 24/3000/70.....	14
Slika 4.2 Digital Multi Control ploča.....	18
Slika 4.3 Led indikacija MultiPlus punjača.....	18
Slika 4.4 Led indikacija MultiPlus invertera.....	19
Slika 5.1 Baterija Victron Energy AGM 12 VDC / 220Ah.....	21
Slika 5.2 Prikaz krivulje punjenja u tri koraka.....	21
Slika 5.3 Prikaz svih parametara mjerenih od strane BMV-a.....	22
Slika 6.1 VE.Direct kabel.....	25
Slika 6.2 VE.Direct Bluetooth Smart adapter.....	26
Slika 6.3 Izgled MK3-USB sučelja.....	26
Slika 7.1 Prikaz stražnje strane CCGX panela.....	27
Slika 7.2 Postupak dodavanja uređaja CCGX na VRM portal.....	29
Slika 7.3 Grafički prikaz stanja sustava na VRM portalu.....	30
Slika 7.4 Postupak dodavanja novog alarma na VRM portalu.....	30
Slika 7.5 Postupak konfiguracije alarma na VRM portalu.....	31
Slika 7.6 Uključivanje opcije „Two way communication“.....	32
Slika 7.7 Izgled konzole s prikazom ekrana uređaja CCGX.....	32
Slika 7.8 VictronConnect aplikacija na mobilnom uređaju.....	33
Slika 7.9 VictronConnect aplikacija na Windows uređaju.....	34

## Popis tablica

Tablica 3.1 Maksimalno trajanje apsorpcije.....	10
Tablica 3.2 Funkcije tipki uređaja MPPT Control.....	11
Tablica 3.3 Vrijednosti koje prikazuje MPPT Control.....	11
Tablica 3.4 Globalne stavke vidljive u izborniku povijest.....	12
Tablica 3.5 Dnevne stavke vidljive u izborniku povijest.....	12
Tablica 3.6 Najvažnije postavke uređaja MPPT Control.....	13
Tablica 4.1 Konfiguracija parametra DMC ploče.....	17
Tablica 5.1 Funkcije tipki sustava nadzora baterija BMV-700.....	23
Tablica 5.2 Prikaz parametara BMV-a vezanih uz povijest.....	24

# Prilozi

Jednopolna shema hibridnog otočnog sustava na Sveučilištu Sjever.



**Sveučilište  
Sjever**SVEUČILIŠTE  
SJEVER**IZJAVA O AUTORSTVU****I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

**Ja, Dario Kornet pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.**

**Student:  
Dario Kornet**

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

**Ja, Dario Kornet neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom Opis rada laboratorija za obnovljive izvore energije (OIE) na Sveučilištu Sjever čiji sam autor/ica.**

**Student:  
Dario Kornet**