

**»Mladi za napredek Maribora 2021«
38. srečanje**

**VZORČNA IN TESTNA PLOŠČA Z VICTRON
KOMPONENTAMI**

Raziskovalno področje: Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Avtor: ALEKS ŽVIKART
Mentor: ROLANDO RAJŠP
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR
Število točk: 160 / 170

Maribor, 2021

**»Mladi za napredek Maribora 2021«
38. srečanje**

**VZORČNA IN TESTNA PLOŠČA Z VICTRON
KOMPONENTAMI**

Raziskovalno področje: Elektrotehnika

Raziskovalna naloga

Maribor, 2021

1. VSEBINA

1.	VSEBINA.....	3
2.	KAZALO SLIK	5
3.	KAZALO TABEL IN GRAFOV	7
4.	UVOD.....	8
5.	POVZETEK	8
6.	CILJI	8
7.	ZAHVALA	8
8.	TEORETIČNI DEL.....	9
8.1	Moč v AC in DC tokokrogih	9
8.2	Upornost in padci napetosti na vodnikih	10
8.3	Valovanje napetosti	12
8.4	Baterijska banka	13
8.5	Ožičenje (DC)	14
8.6	Varovalke in odklopniki	15
8.7	AC ožičenje in električna varnost.....	17
9	VSEBINSKI DEL	17
9.1	Venus GX	17
9.2	Regulator polnjenja (MPPT 75/10)	18
9.3	Baterija	20
9.5	Predupor (shunt).....	23
9.6	Relejska kartica	24
10	SESTAVA IN ANALIZA MERITEV	27
10.1	Sestava	27
10.2	Analiza meritev.....	29
11.	ZAKLJUČEK.....	36

12. DRUŽBENA ODGOVORNOST	36
13. VIRI.....	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Tok skozi tokokrog (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	9
Slika 2: AC in DC tokokrog z enakim bremenom (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	9
Slika 3: Upornost vodnika (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	10
Slika 4: Padci napetosti (vir: Wiring Unlimited – Rev 06).....	11
Slika 5 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	12
Slika 6 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	12
Slika 7 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	12
Slika 8 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	13
Slika 9: Baterijske banke (vir: Wiring Unlimited – Rev 06).....	14
Slika 10: Primer preseka kablov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	14
Slika 11: Primer zaščite DC tokokrogov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	16
Slika 12: Primer zaščite v AC tokokrogih (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	16
Slika 13: Primer električne okvare (vir: Wiring Unlimited – Rev 06).....	17
Slika 14: Naprave, ki si priključene na Venus GX (vir: Venus GX manual in lasten vir)	18
Slika 15: AGM baterija 12V/7Ah (vir: Schrack Technik).....	20
Slika 16: Razpoložljiva energija pri VRLA in LiFePO ₄ baterijah (vir: victron energy)	20
Slika 17: Primerjava baterij po energiji praznjenja (vir: victron energy)	21
Slika 18: LiFePO ₄ baterija (vir: victron energy)	21
Slika 19: Blok shema razsmernika (vir: the engineering mindset)	21
Slika 21: Tok in padec napetosti na preduporu (vir: Wiring Unlimited – Rev 06).....	23
Slika 22: Blok shema vezave predupora (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	23
Slika 23: Pull-up upor 3V3 (vir: Digilent)	24
Slika 24: RJ12 konektor (vir: Venus GX manual)	24

Slika 25: Vezalna shema relejske kartice (vir: lasten vir).....	25
Slika 26: PCB relejske kartice (vir: lasten vir)	25
Slika 27: Izdelana relejska kartica (vir: lasten vir).....	26
Slika 28: Spremljanje digitalnih vhodov (vir: lasten vir).....	26
Slika 29: Blok shema testne plošče (vir: lasten vir)	27
Slika 30: Sestavljena testna plošča (vir: lasten vir).....	28
Slika 31: PV panel - 40W (vir: lasten vir)	28
Slika 32: Upravljalna konzola (vir: lasten vir)	30
Slika 33: Upravljalna konzola – device list (vir: lasten vir)	30
Slika 34: Plošča povezav (vir: lasten vir)	31

2. KAZALO TABEL IN GRAFOV

Tabela 1: Dovoljeni padci napetosti (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	11
Graf 1: Normalna DC napetost in napetost valovanja (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	13
Tabela 2: Priporočeni preseki kablov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)	15
Graf 2: U/I karakteristika PV panela (vir: victron energy)	18
Graf 3: Vhodna in izhodna moč regulatorja MPPT (vir: victron energy)	19
Graf 4: Trije koraki polnjenja baterije (vir: victron energy)	19
Tabela 3: Napetostno stanje baterije v praznem teku (vir: Schrack Technik)	20
Graf 5: Pulzni signal (vir: Schrack Technik)	22
Graf 6: Sinusna PWM (vir: Schrack Technik)	22
Tabela 4: Prikaz stanja sistema, dne 28.2.2021 (vir: lasten vir)	29
Graf 7: Časovni diagram proizvedene el. energije v kWh (vir: lasten vir)	31
Graf 8: Tok in napetost PV panela (vir: lasten vir)	32
Graf 9: Moč PV panela (vir: lasten vir)	32
Graf 10: Napetost in tok baterije (vir: lasten vir)	33
Graf 11: Moč baterije (vir: lasten vir)	33
Graf 12: Napetost in tok iz razsmernika (vir: lasten vir)	34
Graf 13: Moč ene faze (vir: lasten vir)	34
Graf 14: Stanje polnjenja baterije (vir: lasten vir)	35

3. UVOD

Med poletnimi počitnicami sem bil na praksi pri podjetju Elektro Štumpfl. Tam sem se srečal z izdelki Victron energy, ki se uporabljajo v navtiki in otočnih (off-grid) sistemih. Komponente lahko uporabimo, ko potrebujemo električno energijo za vikend, avtodom, plovilo ali napajanje naprave, ki nima dostopa do javnega električnega omrežja. To področje elektrotehnike se vedno bolj razvija in izboljšuje, me je še posebej pritegnilo.

4. POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem izdelal testno in predstavitevno ploščo z Victron Energy komponentami. Victron Energy je podjetje, ki ponuja izdelke za off-grid električne sisteme. Moja plošča tako vsebuje nadzorni sistem Venus GX, razsmernik, regulator polnjenja, baterije, predupor (smartshunt) in PV panel. Te komponente bom podrobneje opisal v nalogi. Nadzorni sistem Venus GX s portalom VRM omogoča, da lahko kjerkoli nadzorujem in upravljam sistem. Omogoča tudi, da lahko na portalu VRM opazujem stanja posameznih komponent in jih lahko po potrebi vklopim oz. izklopim.

5. CILJI

Moj cilj je bil, da se seznanim z Victron Energy komponentami in otočnimi sistemi. S pomočjo pridobljenega znanja bom lahko pravilno dimenzioniral in sestavil druge sisteme, kjer je potrebno zagotoviti zanesljiv vir električne energije. Zato sem izdelal ploščo, ki jo podjetje oz. sam lahko predstavim drugim in jih seznanim z osnovnim delovanjem takšnega sistema.

6. ZAHVALA

Zahvaljujem se šoli, ki je omogočila raziskovalno dejavnost in mentorju za vso pomoč. Zahvalil se bi tudi staršem za vso podporo.

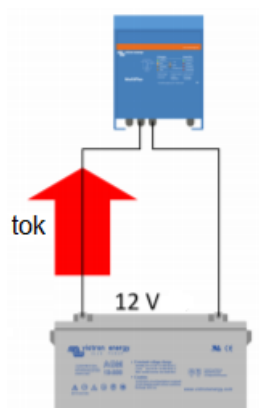
7. TEORETIČNI DEL

8.1 Moč v AC in DC tokokrogih

Velika prednost uporabe moči pri izračunih in meritvah je ta, da je moč neodvisna od napetosti. Moč ostaja enaka pri različnih napetostih.

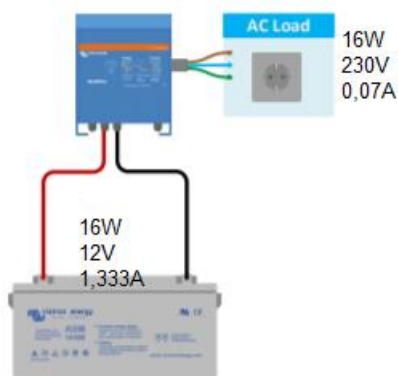
Na primer: Če vzamemo 12V baterijo, ki je priključena na porabnik (LED svetilka) 16W. Izračunajmo tok, ki teče skozi kabel.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{16W}{12V} = 1,333A$$



Slika 1: Tok skozi tokokrog (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

Če ta isti DC tokokrog povežemo na razsmernik (DC/AC) dobimo AC napetost 230V. Ta tokokrog obremenimo z istim porabnikom (LED svetilka) 16W.



Slika 2: AC in DC tokokrog z enakim bremenom (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

8.2 Upornost in padci napetosti na vodnikih

Pomembno je poznati upornost kablov. Ko skozi vodnik steče tok, se na njem pojavi:

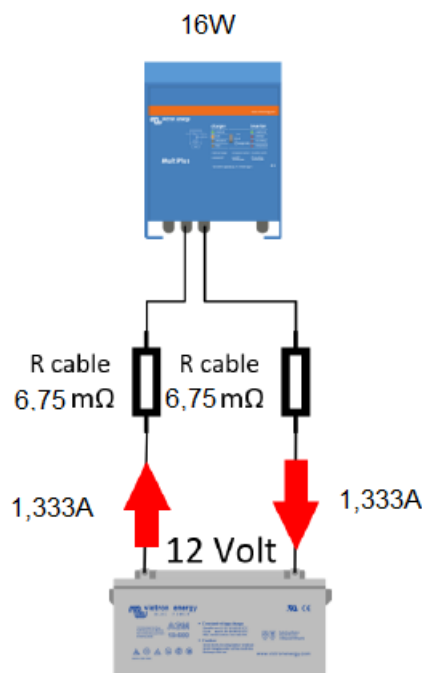
- Padec napetosti (izgube).
- Kabel se začne segrevati.

Če se tok poveča, bodo ti učinki slabši. Povečan tok bo povzročil večji padec napetosti in kabel se bo bolj segrel.

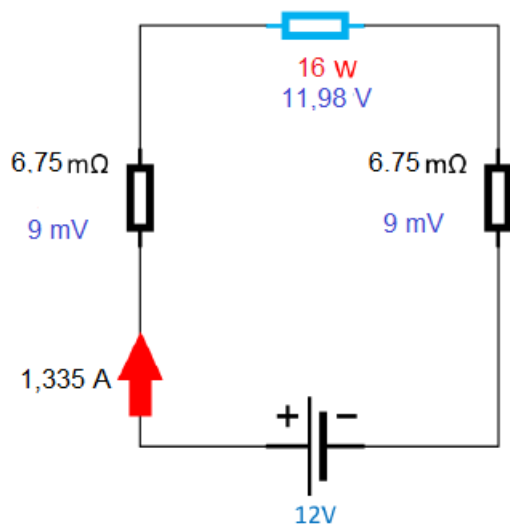
Vzemimo na primer 1,5m dolg kabel, s presekom 4mm². Izračunajmo upornost kabla.

$$R = \frac{\rho \text{ bakra} \times l}{A} = \frac{0,018 \times 10^{-6} \Omega \text{m} \times 1,5\text{m}}{4\text{mm}^2 \times 10^{-6}} = 6,75\text{m}\Omega$$

Zdaj pa uporabimo resnični primer porabnika 16W, ki je priključen na napetost 12V. Kot smo že izračunali je upornost vodnika 6,75mΩ. Ker to vemo lahko izračunamo padce napetosti.



Slika 3: Upornost vodnika (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)



Slika 4: Padci napetosti (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

V tem primeru smo izgubili 0,1% energije. Ta izgubljena energija se spremeni v toploto.

Tabela 1: Dovoljeni padci napetosti (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

Napetost baterije	Procenti	Padec napetosti
12V	2,5%	0,3V
24V	2,5%	0,6V
48V	2,5%	1,2V

Kako preprečimo padce napetosti:

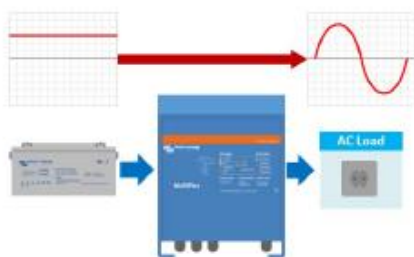
- Kabli naj bodo čim krajši.
- Uporabljajte kable z zadostnim presekom.
- Tesno priključite (upoštevajte priporočila glede navora).
- Preverite, ali so vsi kontakti čisti in ne korodirani.
- Uporabite kakovostne kabelske ušesce in jih stisnite z ustreznim orodjem.
- Uporabite kakovostna ločilna stikala za baterije.
- Uporabite enosmerni razdelilni razvod.
- Upoštevajte predpise o ožičenju.

8.3 Valovanje napetosti

Eden od negativnih učinkov visokega padca napetosti v sistemu je valovanje (ripple). Valovanje se pojavi v sistemu, če je vir energije baterija (DC) in porabnik (AC).

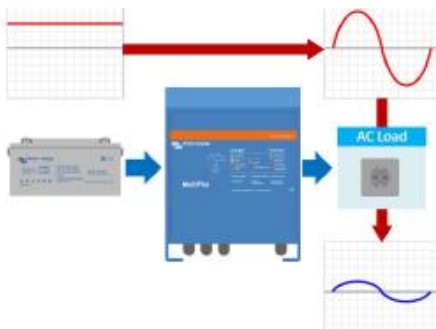
Kako nastane valovanje?

1. Razsmernik pretvori enosmerno napetost v izmenično.



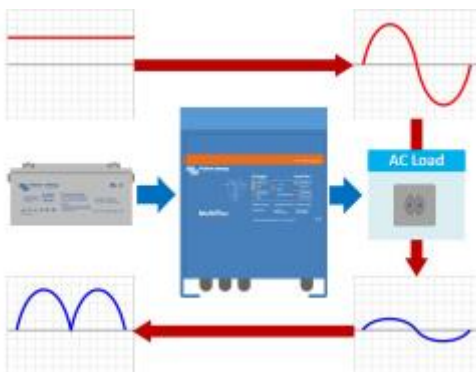
Slika 5 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

2. Na razsmernik priključimo breme, ki požene izmenični tok.



Slika 6 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

3. Izmenični tok povzroča nihajoči enosmerni tok na bateriji.

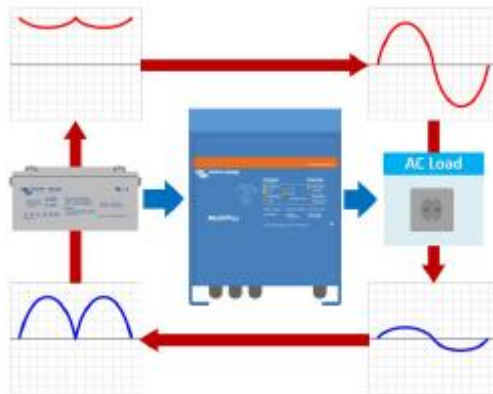


Slika 7 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

4. Rezultat nihanja toka je:

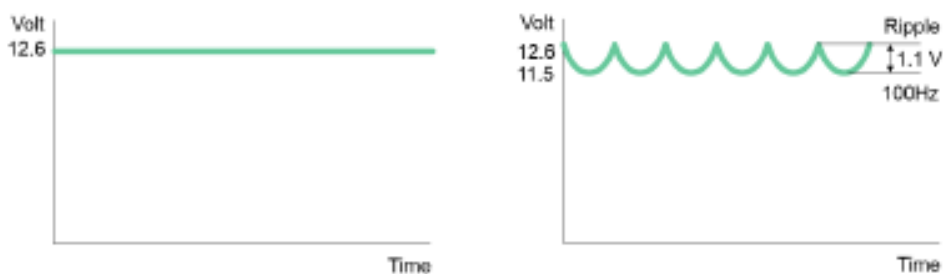
- Ko enosmerni tok doseže vrh, napetost baterije pade.
- Ko enosmerni tok pade, se napetost baterije znova povrne.

Enosmerna napetost ni več konstantna, ampak niha (100Hz)



Slika 8 (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

Graf 1: Normalna DC napetost in napetost valovanja (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)



8.4 Baterijska banka

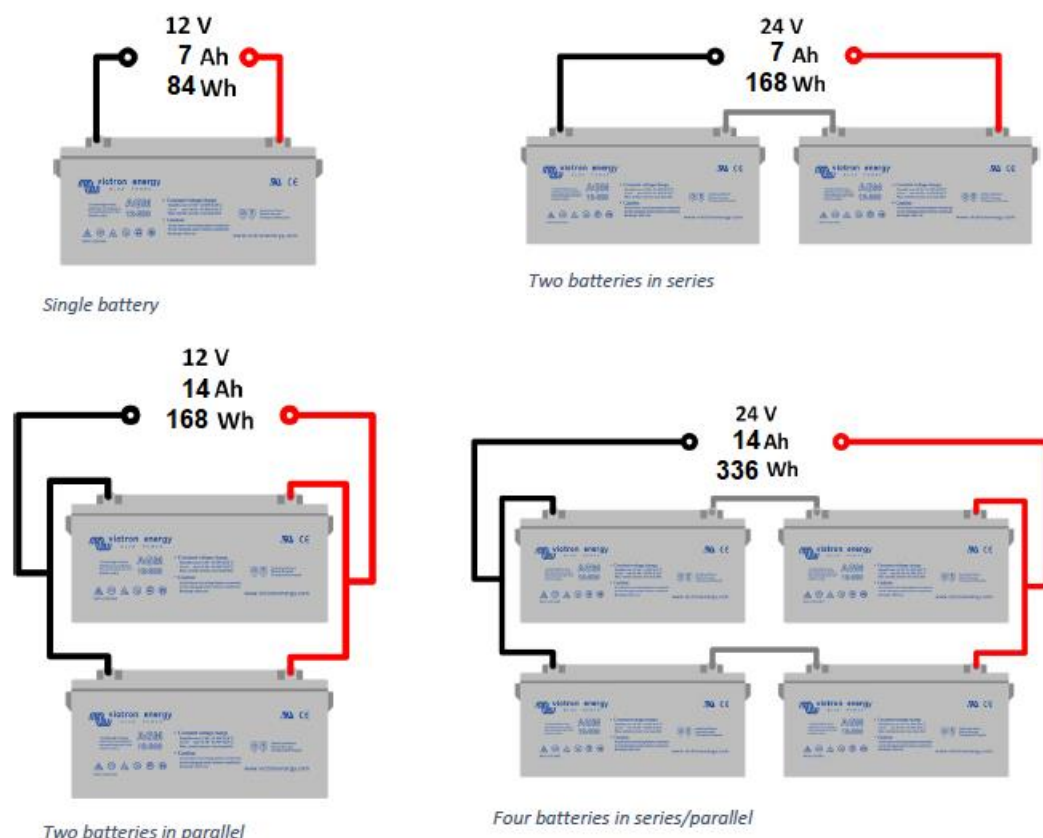
Baterije so med seboj povezane tako, da povečajo napetost ali kapaciteto baterije.

Več med seboj povezanih baterij imenujemo baterijska banka.

Za baterijske banke velja naslednje:

- Ko sta dve bateriji priključeni zaporedno, se poveča napetost.
- Ko sta dve bateriji priključeni vzporedno, se poveča kapaciteta.
- Ko so baterije povezane vzporedno in zaporedno, se povečata napetost in kapaciteta.

PRIMER:

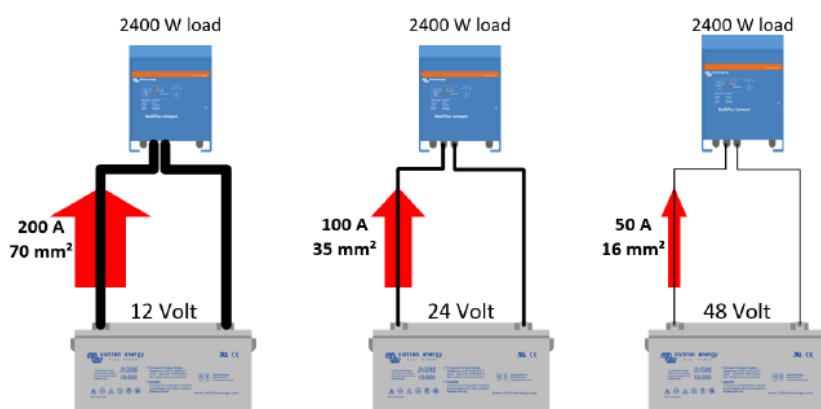


Slika 9: Baterijske banke (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

8.5 Ožičenje (DC)

Pomembno je, da v sistemu uporabimo pravi presek kabla. Pravi presek lahko določimo takrat, ko poznamo tokove v sistemu.

To je primer, preseka kabla glede na tokove. Če je razdalja kabla manjša od pet metrov.



Slika 10: Primer preseka kablov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

Da bi se izognili prevelikim presekom, moramo najprej povečati napetost sistema. Sistem z velikim razsmernikom, bo povzročil velike enosmerne tokove. Zaželeno zgornje meje moči razsmernika na napetost sistema so:

- 12V: do 3000VA
- 24V: do 5000VA
- 48V: 5000VA in več

Za hiter in splošen izračun preseka kablov, lahko uporabimo enačbo (do 5m) :

$$\frac{\text{Tok}}{3} = \text{presek kabla v mm}^2$$

Tabela 2: Priporočeni preseki kablov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

cable	cable	L(+) + L(-)	L(+) + L(-)	L(+) + L(-)	L(+) + L(-)
diam	section	tot 5 meters	tot 10 meters	tot 15 meters	tot 20 meters
mm	mm ²	I max A	I max A	I max A	I max A
0.98	0.75	2.3	1.1	0.8	0.6
1.38	1.5	4.5	2.3	1.5	1.1
1.78	2.5	7.5	3.8	2.5	1.9
2.26	4	12	6	4	3
2.76	6	18	9	6	5
3.57	10	30	15	10	8
4.51	16	48	24	16	12
5.64	25	75	38	25	19
6.68	35	105	53	35	26
7.98	50	150	75	50	38
9.44	70	210	105	70	53
11.00	95	285	143	95	71
12.36	120	360	180	120	90

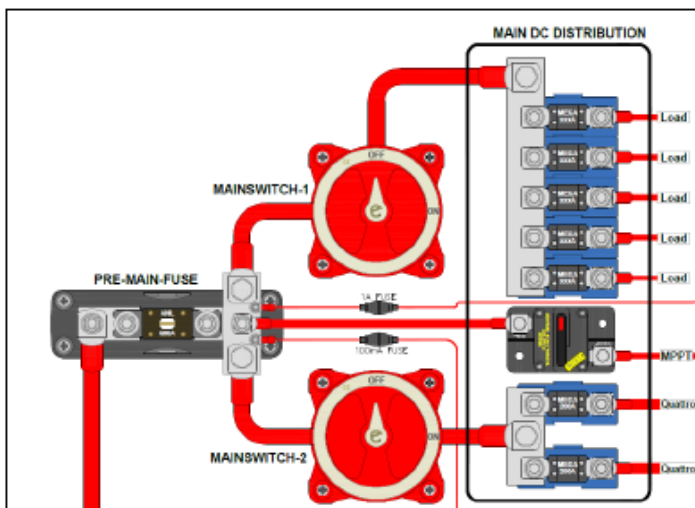
8.6 Varovalke in odklopniki

Varovalka ščiti pred:

- Preobremenitvijo
- Kratkim stikom

VAROVALKE V ENOSMERNEM TOKOKROGU

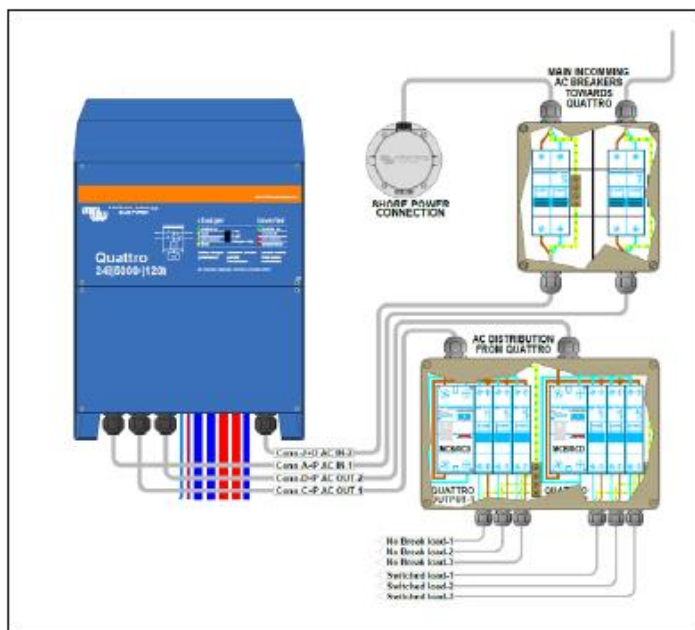
Vsak porabnik priključen na baterijo, moramo varovati. Iz baterije lahko tečejo visoki tokovi, ki lahko povzročijo požar. Varovalke namestimo na pozitiven pol, tako zaščitimo porabnike.



Slika 11: Primer zaščite DC tokokrogov (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

VAROVALKE V IZMENIČNEM TOKOKROGU

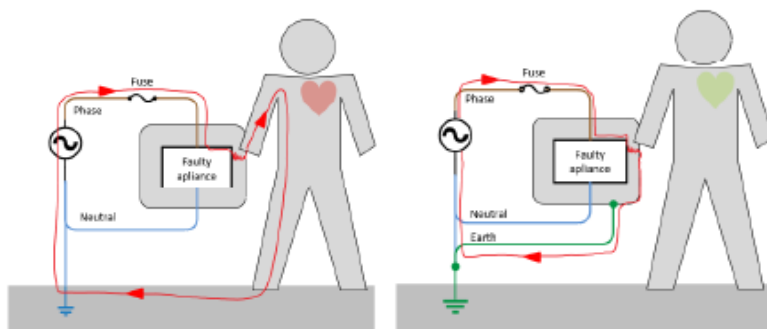
V izmeničnih tokokrogih uporabljamo MCB odklopnike. Poznamo tip B, C in D karakteristike.



Slika 12: Primer zaščite v AC tokokrogih (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

8.7 AC ožičenje in električna varnost

Z uporabo razsmernika, prehajamo v AC napetosti, ki so za človeka nevarne. Tok od 10-20mA je lahko že nevaren. Vsi AC tokokrogi morajo imeti zaščitni vodnik povezan na ozemljilo. V tem primeru bo električni tok, pri okvari izbral pot najmanjšega upora. Skozi človeško telo bo ob dotiku stekel manjši tok. Kot dodatni zaščitni ukrep se uporablja še RCD stikalo.



Slika 13: Primer električne okvare (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

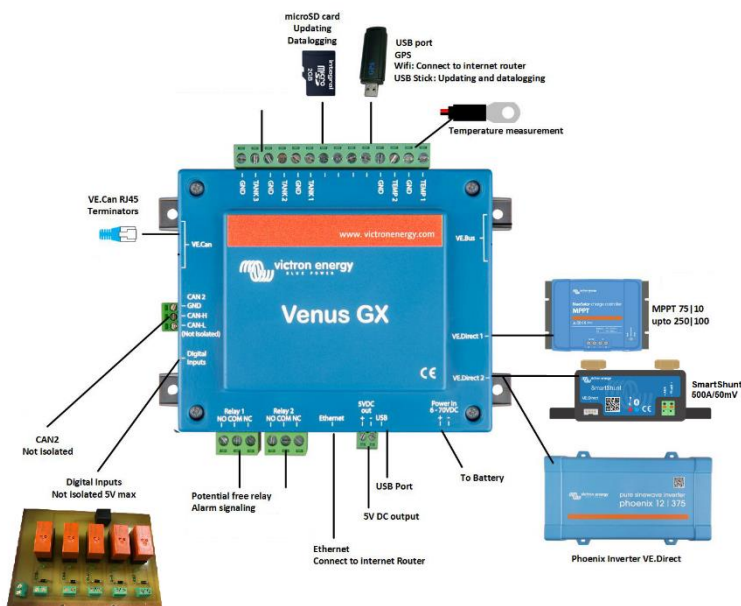
9 VSEBINSKI DEL

9.1 Venus GX

Venus GX je središče testne plošče, saj so vse druge komponente kot so: razsmernik, PV panel, regulator polnjenja in baterija priključene nanj. Nadzor testne plošče lahko izvajamo kjer koli, z uporabo interneta in VRM portala. Portal lahko spremljamo preko VictronConnect App, ki ga lahko namestimo na računalnik in pametni telefon. Ko je GX povezan z internetom, se lahko uporablja v kombinaciji z VRM (Victron remote management), kar omogoča:

- Oddaljen dostop, do stanja v sistemu in beleženje vseh statistik (proizvedena energija, stanje baterije itd.) .
- Daljinsko krmiljenje naprav in spremljanje stanja digitalnih vhodov.

Napravo napajamo z enosmerno napetostjo 8 do 70V. Torej omogoča uporabo 12V, 24V ali 48V baterijske banke. Z drugimi komponentami je Venus GX povezan z VE. Direct vmesnikom. Nanj so priključeni: MPPT regulator, predupor (shunt) in razsmernik. Vsebuje tudi dva relejska izhoda, ki sta potencialno prosta. Omogočata vklop/izklop neke druge naprave.

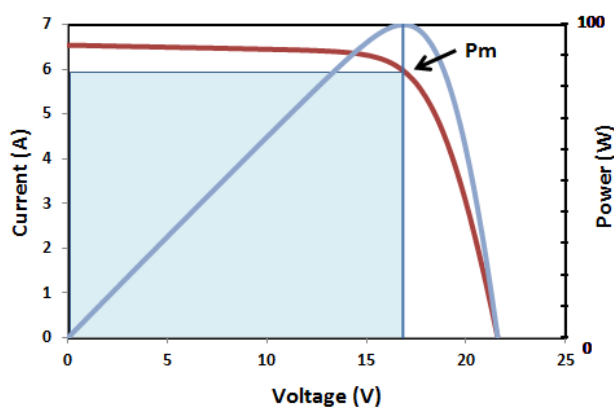


Slika 14: Naprave, ki si priključene na Venus GX (vir: Venus GX manual in lasten vir)

9.2 Regulator polnjenja (MPPT 75/10)

Regulator polnjenja je naprava, ki zbira energijo iz PV panelov in jo shrani v baterijo. S stalnim spremljanjem napetosti in izhodnega toka PV panelov, MPPT zagotavlja, da se vsa razpoložljive energije zbere in shrani. Prednost tega je najbolj vidna, ko je nebo delno oblačno, pri čemer se intenzivnost svetlobe nenehno spreminja. Varuje baterijo pred prevelikim praznjenjem, tako da izklopi napajanje porabnika (load). Regulator svojo vhodno napetost prilagodi tako, da dobimo iz PV panela največjo moč.

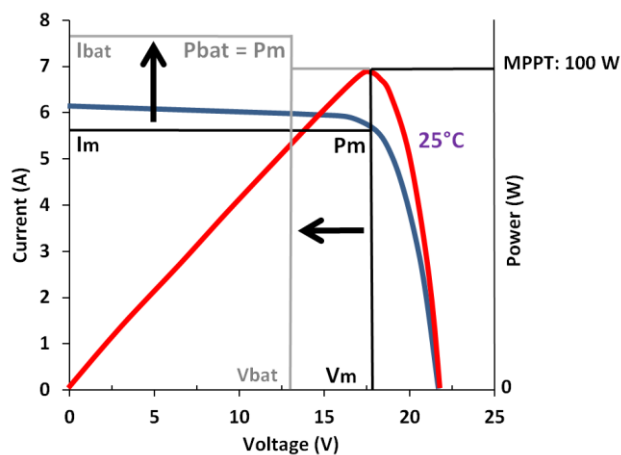
Graf 2: U/I karakteristika PV panela (vir: victron energy)



Graf prikazuje maksimalno moč 100W PV panela pri STC pogojih (standard test conditions). Pri maksimalni moči je napetost $V_m = 18V$ in tok $I_m = 5,56A$.

Regulator polnjenja je tudi pretvornik DC/DC saj pretvori višjo napetost na nižjo izhodno napetost in obratno. Vsebuje mikroprocesor, ki sledi maksimalni moči.

Graf 3: Vhodna in izhodna moč regulatorja MPPT (vir: victron energy)



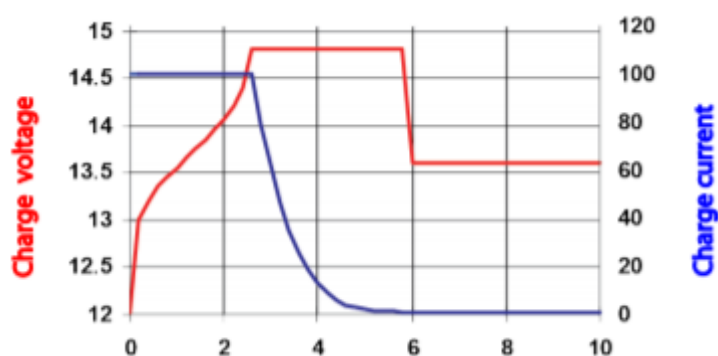
MPPT regulator ima tri led diode, ki prikazujejo stanje polnjenja baterije. Poznamo tri stanja to so Bulk, Absorption in Float.

Bulk: polnjenje z največjim tokom, kjer napetost raste.

Absorption: polnjenje z največjo napetostjo, kjer tok pada.

Float: ohranjanje nazivne napetosti baterije.

Graf 4: Trije koraki polnjenja baterije (vir: victron energy)



9.3 Baterija

Danes najpogosteje uporabljamo dve vrsti baterij. **VRLA** (Valve Regulated Lead Acid) svinčene baterije, ki so hermetično zaprte. Plin uhaja iz baterije samo v primeru prekomernega polnjenja ali okvare skozi varnostni ventil. Te baterije delimo na AGM in GEL baterije. Razlikujejo se v tem, da je pri AGM baterijah elektrolit v masi iz steklenih vlaken. Pri GEL baterijah pa v gelu.

Prednost dajemo GEL baterijam, saj imajo daljšo življenjsko dobo in višje število ciklov polnjenja in praznjenja.

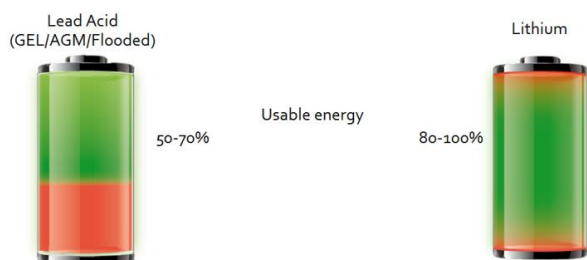


Slika 15: AGM baterija 12V/7Ah (vir: Schrack Technik)

Tabela 3: Napetostno stanje baterije v praznem teku (vir: Schrack Technik)

Nazivna napetost baterije	12V
100% napolnjena	12,8-13
50% napolnjena	12,3
Izpraznjena	11,7
Napetost polnjenja	14,2-14,4

Druga vrsta baterij so **litij-ionske** baterije (LiFePO_4). Litij-ionske baterije lahko izpraznimo od 80%-100%, kar je velika prednost proti VRLA baterijam.



Slika 16: Razpoložljiva energija pri VRLA in LiFePO_4 baterijah (vir: victron energy)

Na sliki 17 je prikazana primerjava baterij po energiji praznjenja. Bateriji praznimo 10 ur z porabnikom 2kW (energija 20kWh). Pri 48V bateriji je pri VRLA potrebna kapaciteta 800Ah, pri LiFePO₄ pa 400Ah ($48V \times 400Ah = 20kWh$).



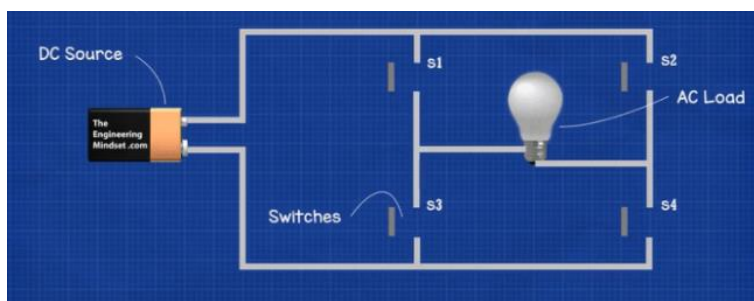
Slika 17: Primerjava baterij po energiji praznjenja (vir: victron energy)



Slika 18: LiFePO₄ baterija (vir: victron energy)

9.4 Razsmernik

Razsmernik je naprava močnostne elektronike, ki pretvori enosmerno napetost v izmenično. Uporabljamo ga skupaj s trajnim virom energije, torej v tem primeru z baterijo.

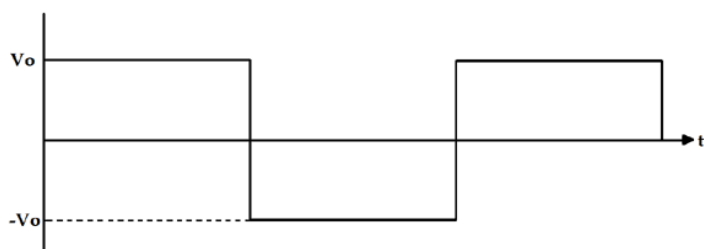


Slika 19: Blok shema razsmernika (vir: the engineering mindset)

Osnovni princip delovanja razsmernika temelji na izmeničnem preklapljanju polprevodniških MOSFET tranzistorjev. S1 in S3 na shemi predstavljata eno vejo

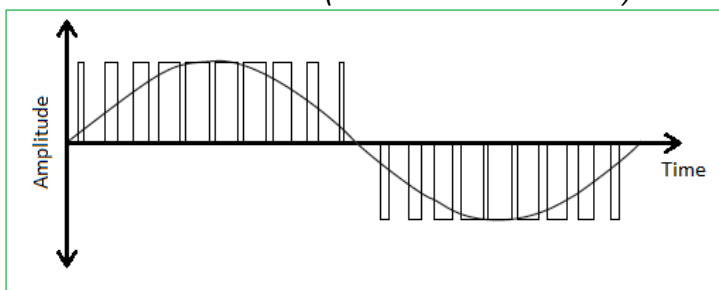
razsmernika, S2 in S4 pa drugo vejo. Med tema vejama je porabnik. Jasno je da, ne smeta biti istočasno vklopljeni S1 in S3 oziroma S2 in S4, saj bi to pomenilo kratek stik baterije. Pravilna sekvenca je potem vklop S1 in S4, v naslednji pol periodi pa S2 in S3. Tako dobimo pulzni signal.

Graf 5: Pulzni signal (vir: Schrack Technik)



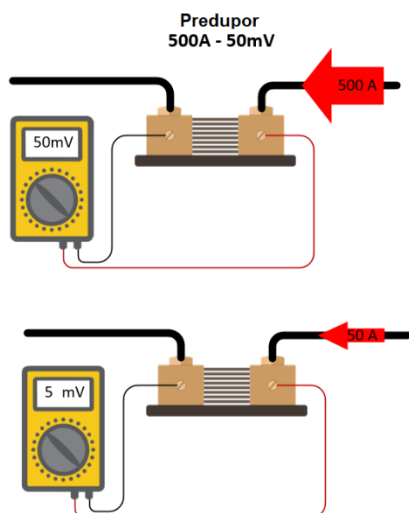
Da pa bi dobili sinusno napetost pa imajo rezsmerniki vgrajeno pulzno širinsko modulacijo (sinusna PWM). Tu se neprenehoma spreminja razmerje med časom vklopa in časom izklopa signala (slika 21). Večja kot je frekvenca pulzno širinske modulacije, manjša je valovitost izhodne napetosti. Dodatno glajenje dosežemo z dušilkami na izhodu.

Graf 6: Sinusna PWM (vir: Schrack Technik)



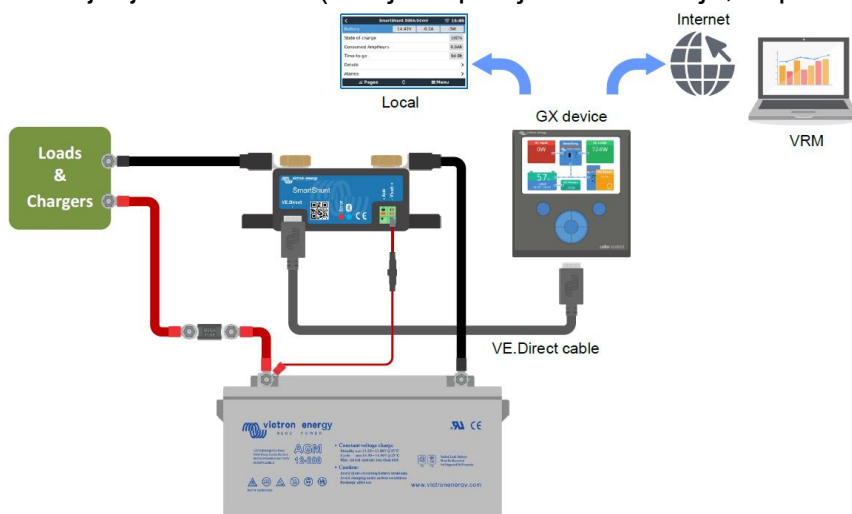
9.5 Predupor (shunt)

Predupor (shunt) je uporovni element, ki se uporablja za merjenje toka. Če je tok majhen je padec napetosti manjši, če pa je tok velik je padec napetosti večji. Predupor ima nazivno vrednost toka in napetosti, v mojem primeru 500A/50mV. To pomeni, da če teče skozi tok 500A, bo padec napetosti 50mV. Nazivna vrednost predupora mora biti dimenzionirana glede na maksimalni enosmerni tok porabnika.



Slika 20: Tok in padec napetosti na preduporu (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

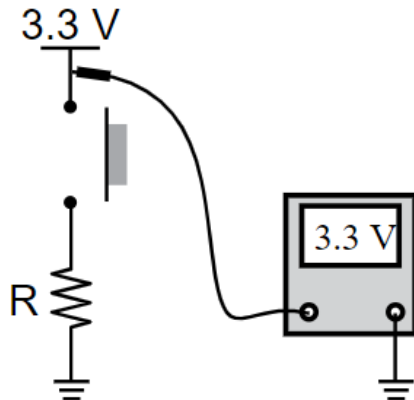
Običajno je predupor priključen na negativni pol kabla, saj je taka priključitev varnejša. Predupor (SmartShunt) se lahko preko bluetooth-a poveže z VictronConnect aplikacijo. Ta omogoča spremljanje vseh parametrov baterije in spreminjanje nastavitev (stanje napolnjenosti baterije, napetost, tok in moč baterije).



Slika 21: Blok shema vezave predupora (vir: Wiring Unlimited – Rev 06)

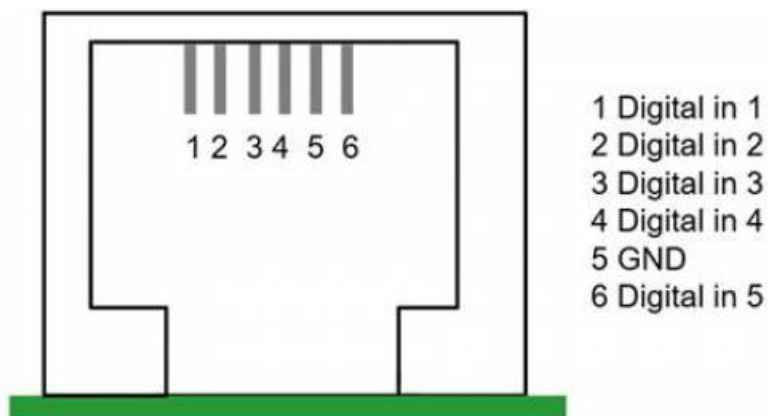
9.6 Relejska kartica

Če sem želel uporabiti digitalne vhode na Venus GX enoti, sem moral izdelati relejsko kartico. Saj digitalni vhodi delujejo na napetosti 3,3V (pull-up 3V3).



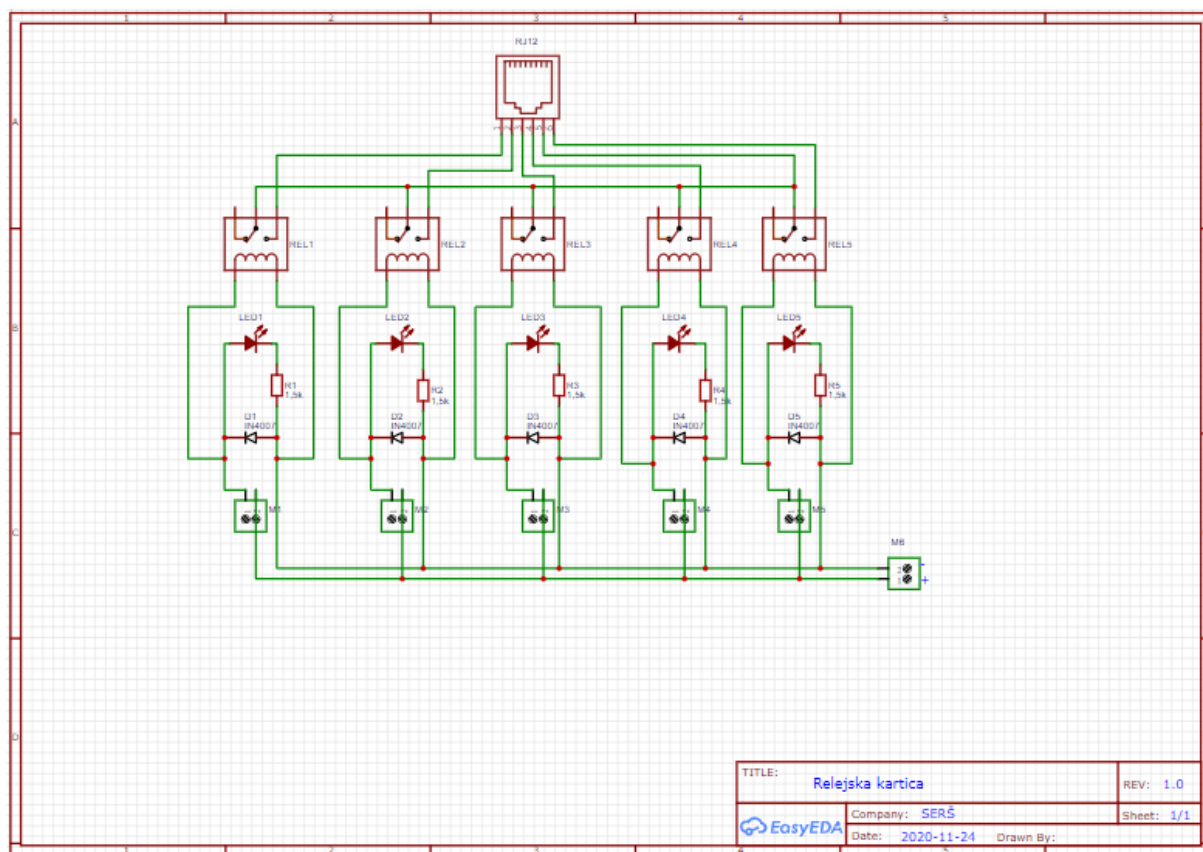
Slika 22: Pull-up upor 3V3 (vir: Digilent)

Na Venus GX enoti imamo RJ12 konektor za pet digitalnih vhodov. Relejska kartica je tako sestavljena iz petih relejev, led diod za indikacijo in zapornih diod. Ker gre za pull-up vhode to pomeni, da imajo vhodi stalno napetost 3,3V. Če sem želel vklopiti katerikoli digitalni vhod, sem moral preko potencialno prostega kontakta releja (RT314012) povezati digitalni vhod s kontaktom 5 - RJ12 konektorja.

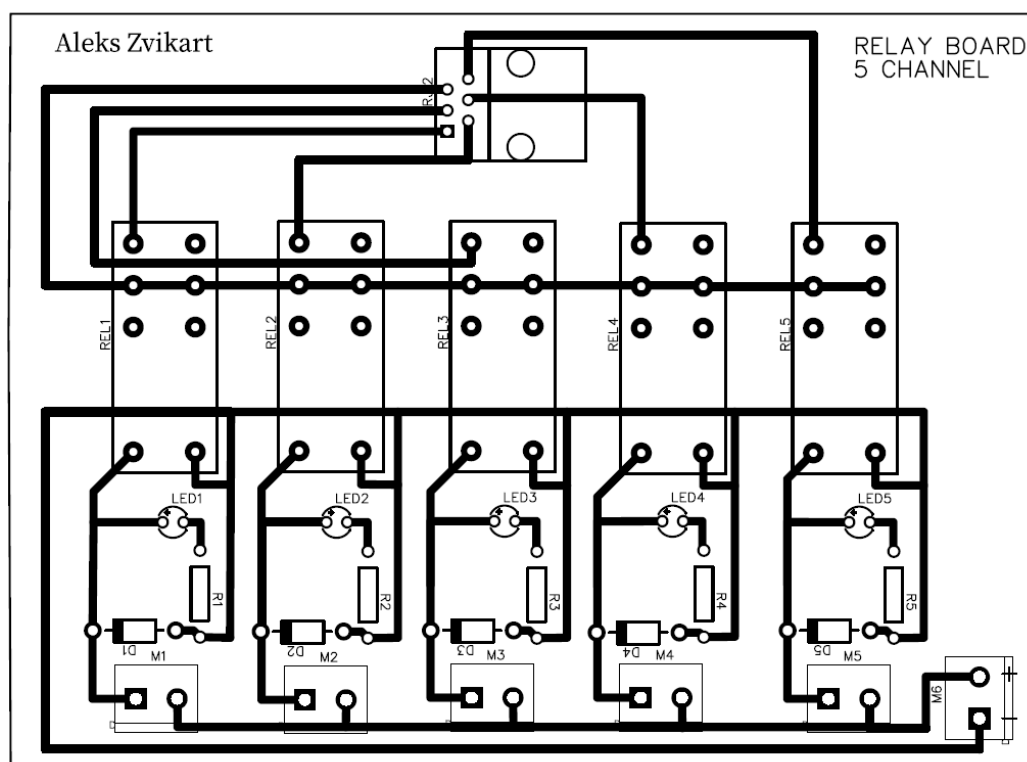


Slika 23: RJ12 konektor (vir: Venus GX manual)

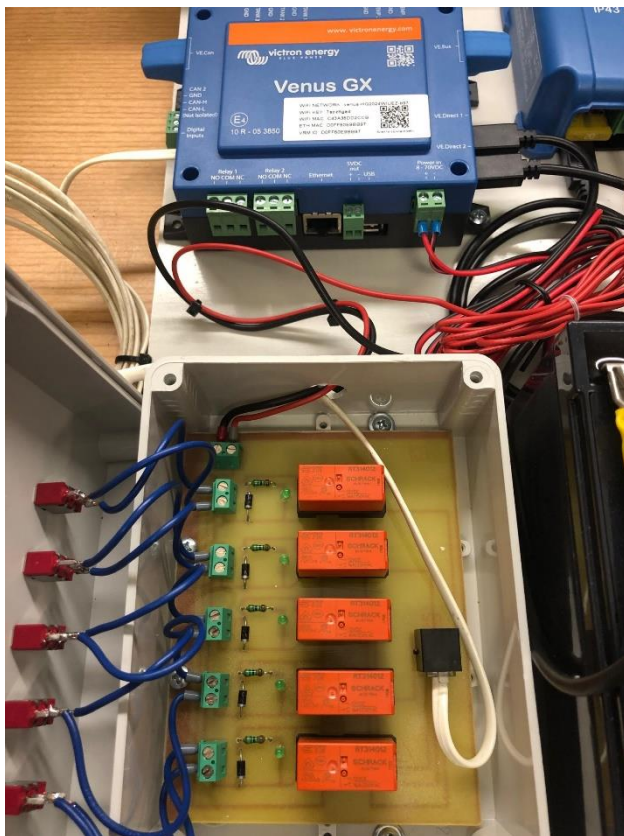
Vsakega od digitalnih vhodov, je mogoče konfigurirati kot enega od naprej določenih senzorjev, ki jih je mogoče nastaviti tudi kot alarme.



Slika 24: Vezalna shema relejske kartice (vir: lasten vir)

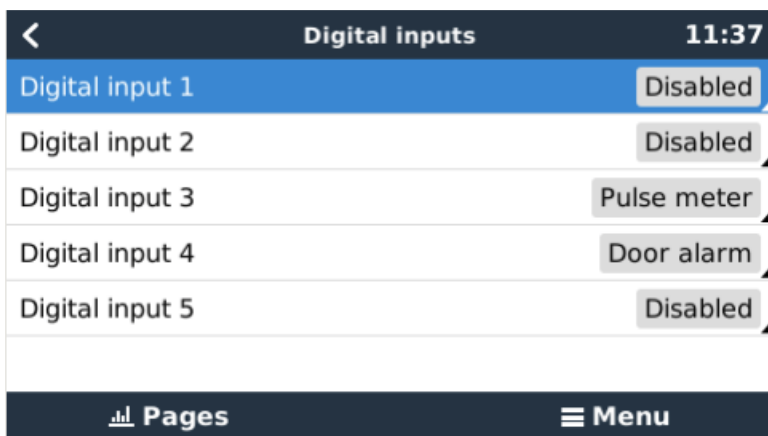


Slika 25: PCB relejske kartice (vir: lasten vir)



Slika 26: Izdelana relejska kartica (vir: lasten vir)

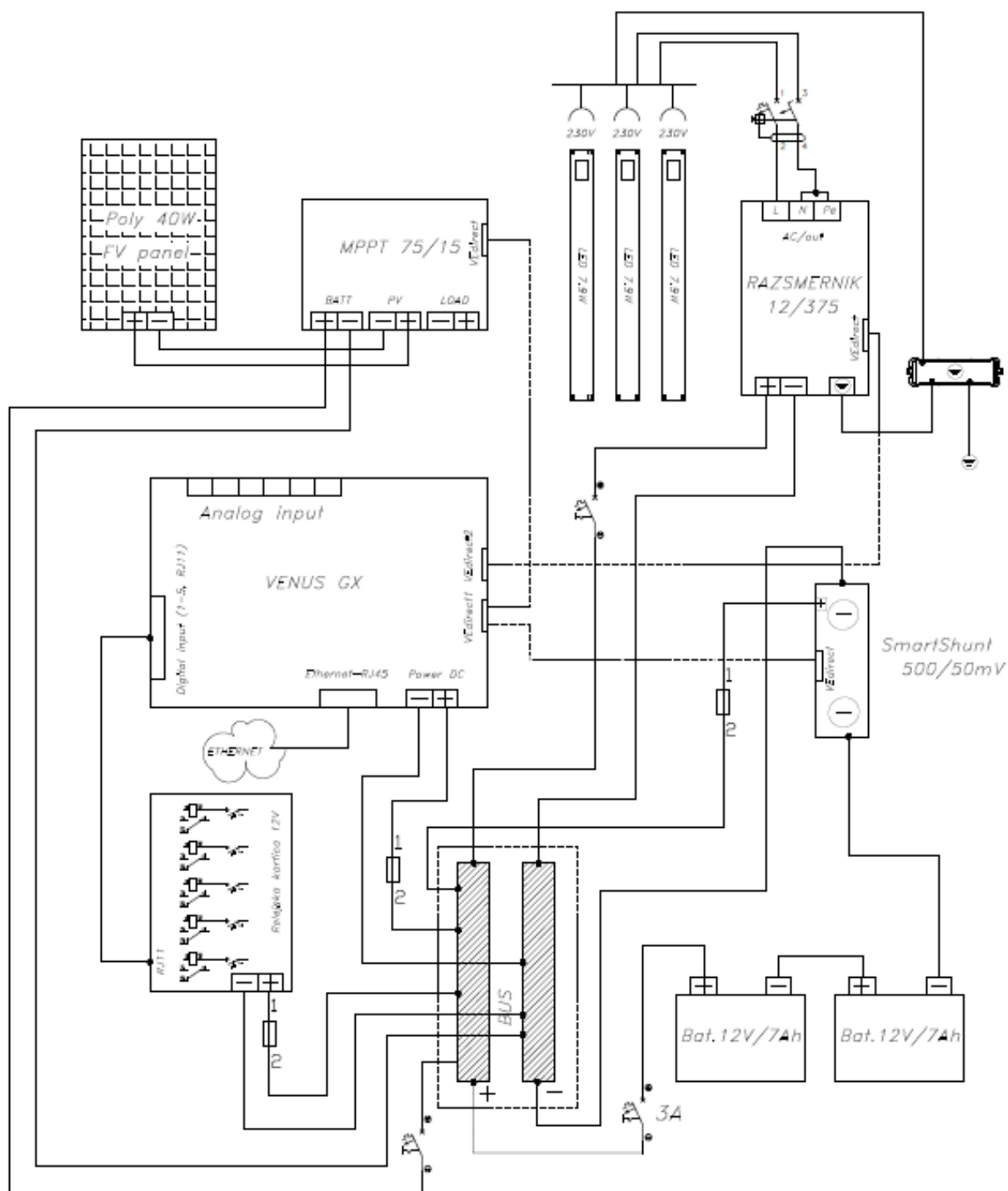
Digitalne vhode lahko spremljamo, nastavljamo in nadzorujemo preko aplikacije VictronConnect.



Slika 27: Spremljanje digitalnih vhodov (vir: lasten vir)

10 SESTAVA IN ANALIZA MERITEV

10.1 Sestava



Slika 28: Blok shema testne plošče (vir: lasten vir)



Slika 29: Sestavljena testna plošča (vir: lasten vir)



Slika 30: PV panel - 40W (vir: lasten vir)

Slika 29 prikazuje blokovne povezave elementov na testni plošči. Na sliki pod njo pa je dejanska sestavljena plošča. Plošča je povezana na PV panel, ki je pritrjen na streho garaže. Sestavo plošče sem začel z vzporedno vezavo dveh baterij (12V/7Ah). Pozitiven pol baterije je preko MCB-DC varovalke povezan na zbiralko (plus). Negativni pol pa na predupor (Smart Shunt 500A/50mV) in se nadaljuje na zbiralko (minus). PV panel je povezan na regulator polnjenja MPPT 75/10. Baterijski vhod na njem pa je povezan na zbiralki (plus in minus).

Nadzorni sistem Venus GX je preko zaščitne cevne varovalke povezan na napajanje 12V DC. Z VE.direct kablom pa z razsmernikom, regulatorjem polnjenja in preduporom.

Razsmernik je direktno povezan na plus in minus zbiralki ter na AC strani preko RCBO zaščitnega stikala na vtičnico 230V. Zaščiten je z zaščitnim vodnikom (Ru/Ze) na ozemljilo. Kot porabnik sem uporabil tri LED svetilki (7,9W).

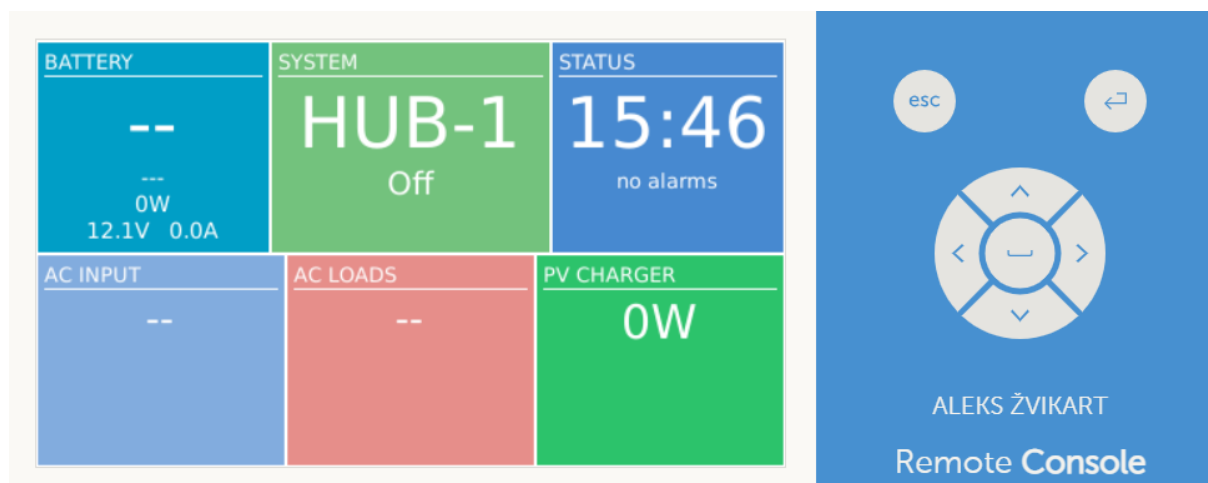
Relejska kartica, ki sem jo izdelal sam pa je preko RJ12 konektorja povezana na digitalni vhod nadzorne enote. S pomočjo stikal na relejski kartici lahko simuliramo različna stanja kot so na primer alarmi, odprta oz. zaprta vrata, delovanje črpalke itd.

10.2 Analiza meritev

Tabela 4: Prikaz stanja sistema, dne 28.2.2021 (vir: lasten vir)

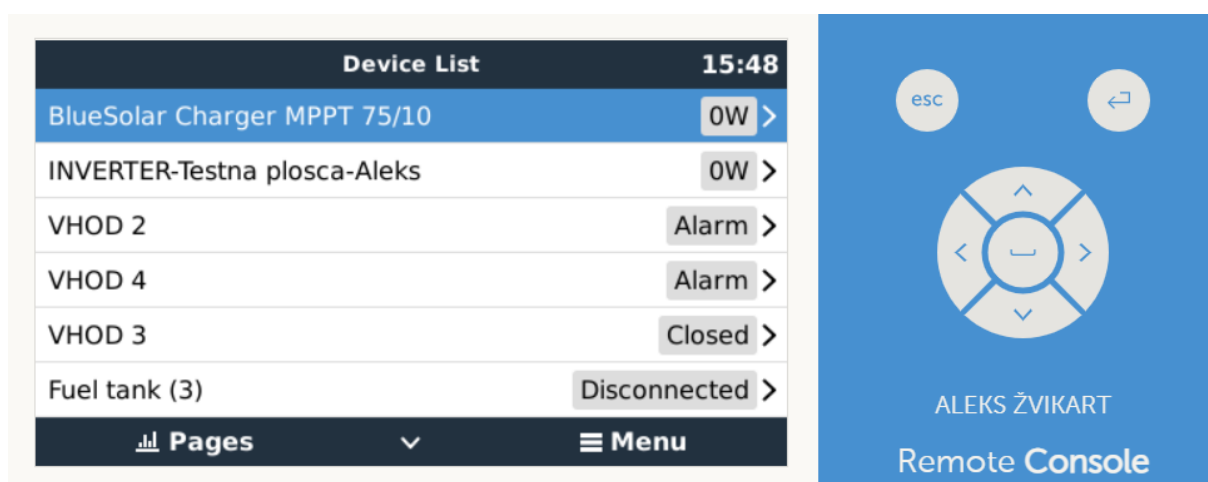
	Čas	Temperatura (°C)	Razsmernik	Porabnik	Digitalni vhod	Sistem
1.	9:12	2	off	off	off	on
2.	11:25	6	on	on	off	on
3.	13:08	7	on	on	on	on
4.	14:30	9	on	off	on	on
5.	15:41	8	off	off	off	off

Spodaj prikazane meritve sem izvedel ob jasnem in sončnem vremenu. V prikazanem časovnem obdobju.



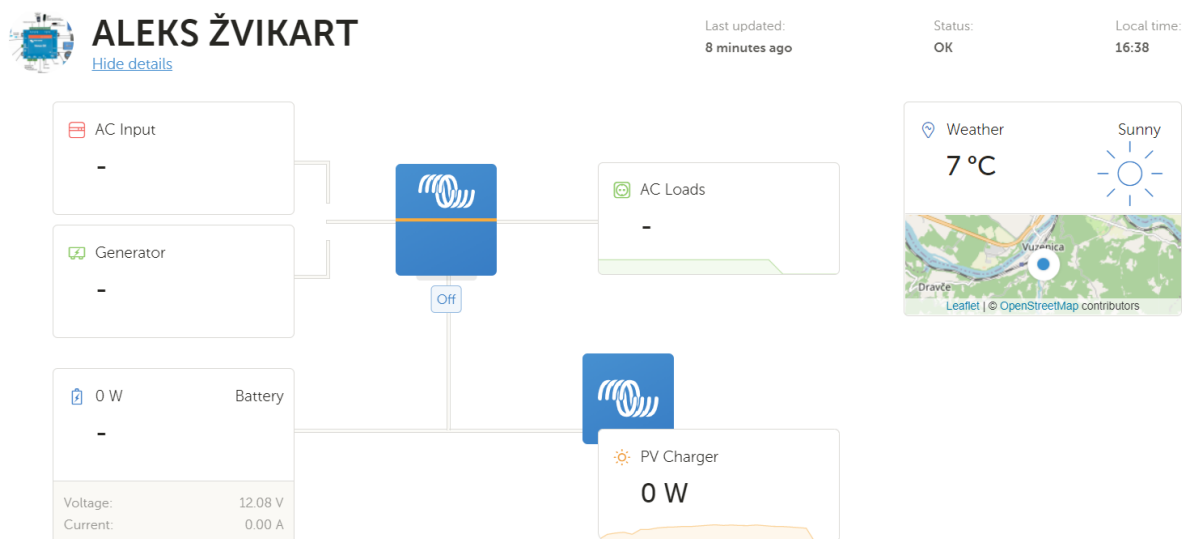
Slika 31: Upravljalna konzola (vir: lasten vir)

Z upravljalno konzolo lahko spremljamo stanja posameznih komponent in spreminjamo nastavitve. Nekateri nadzorni sistemi Venus GX imajo to konzolo že vgrajeno, dostopna pa je tudi na VRM portalu, kjer sem jo uporabljal tudi sam.



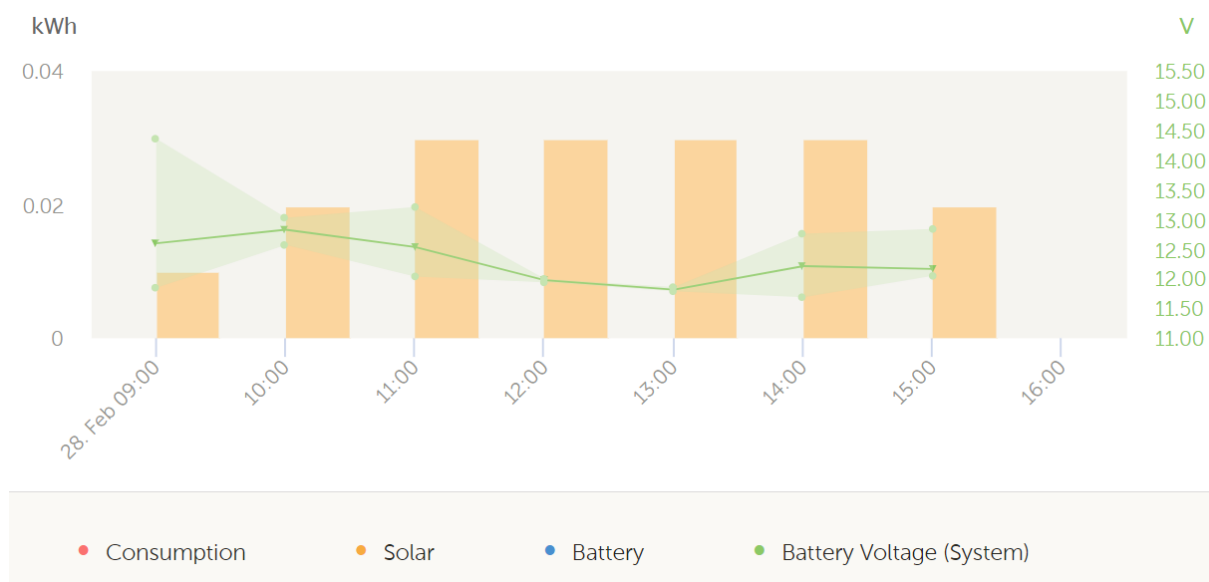
Slika 32: Upravljalna konzola – device list (vir: lasten vir)

Spodnja slika prikazuje ploščo povezav mojega sistema. Na njej lahko vidimo tudi lokacijo sistema in trenutne vremenske razmere. Pod njo pa se izriše graf (graf 7) proizvedene energije za dan 28.2.2021.



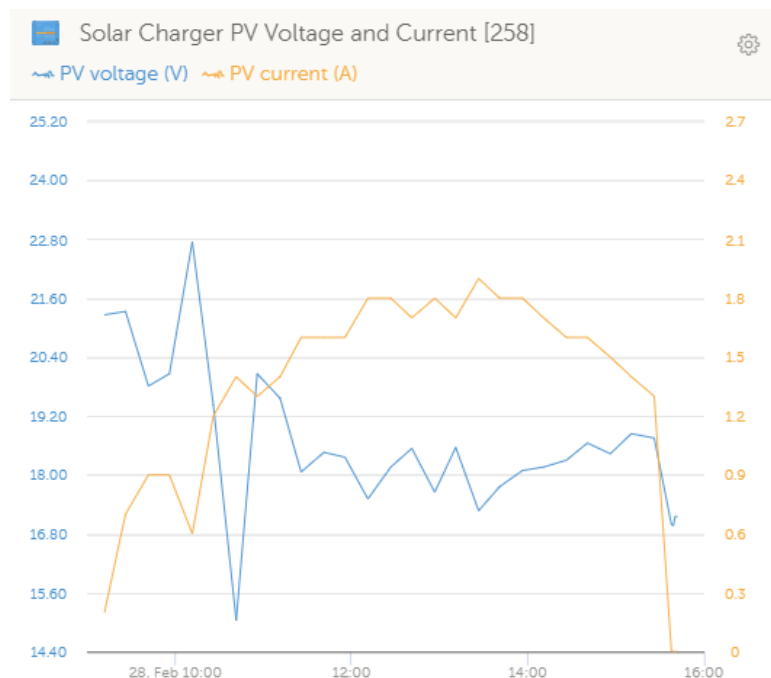
Slika 33: Plošča povezav (vir: lasten vir)

Graf 7: Časovni diagram proizvedene el. energije v kWh (vir: lasten vir)

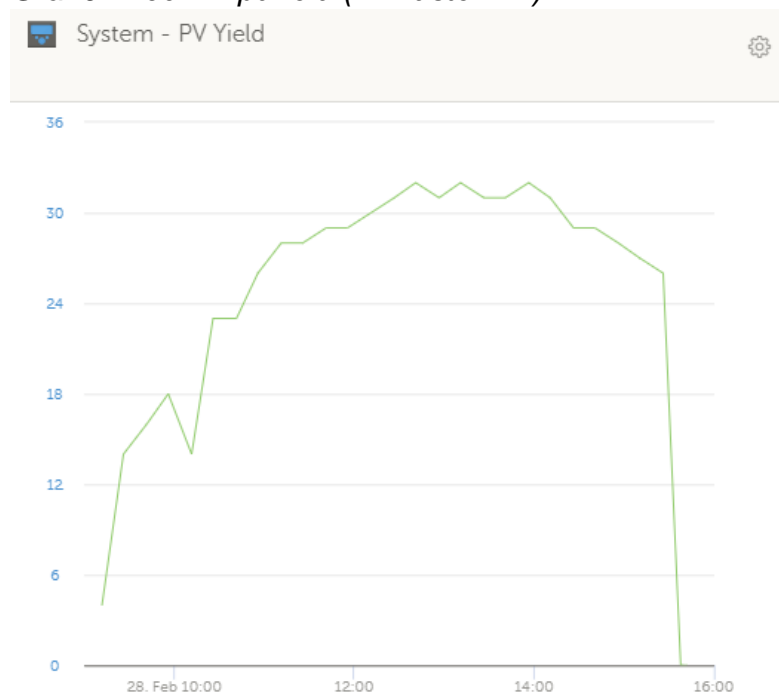


Spodnji grafa prikazujeta potek napetosti in toka PV panela in njun produkt, ki predstavlja moč v izbranem časovnem obdobju.

Graf 8: Tok in napetost PV panela (vir: lasten vir)

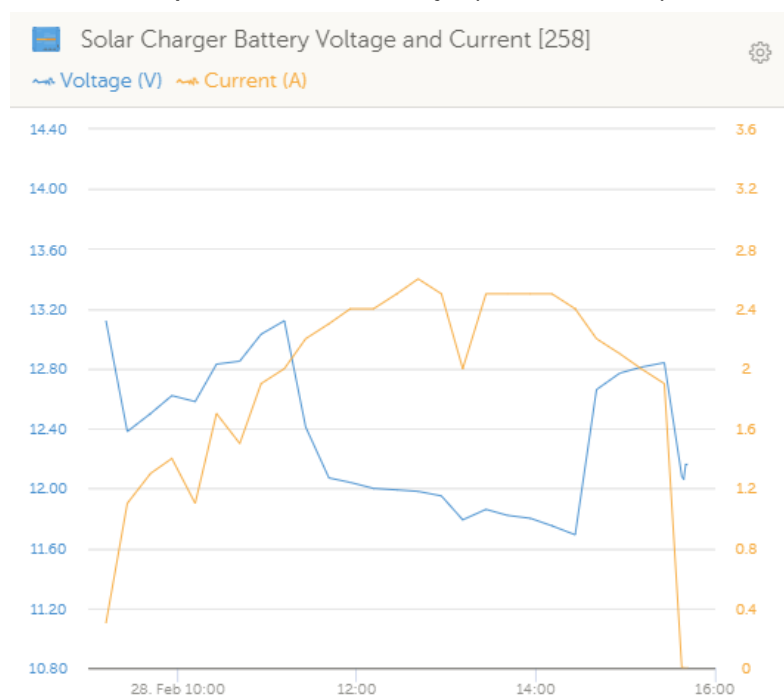


Graf 9: Moč PV panela (vir: lasten vir)

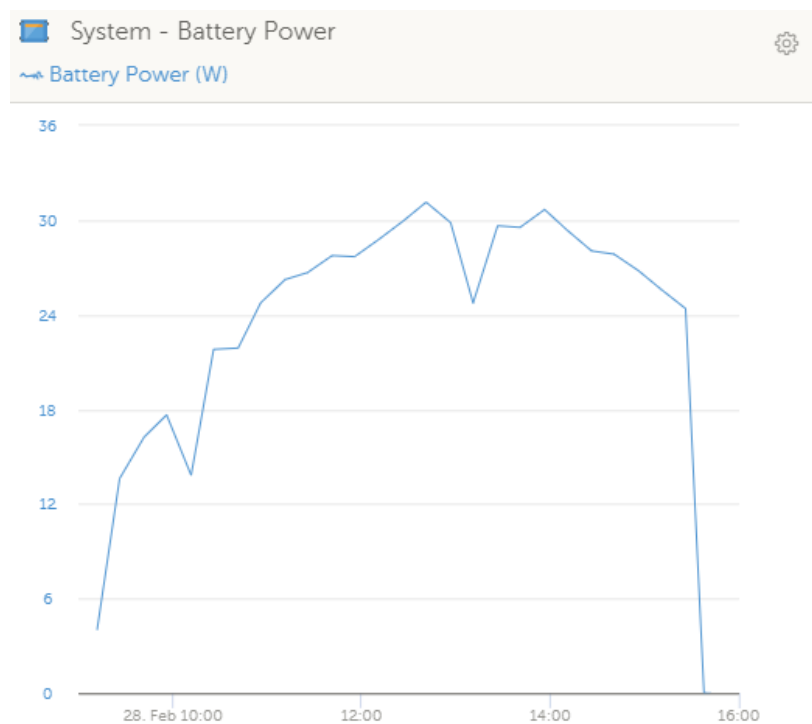


Spodnja grafa prikazujeta napetost in tok baterije in njun produkt, ki predstavlja moč.

Graf 10: Napetost in tok baterije (vir: lasten vir)

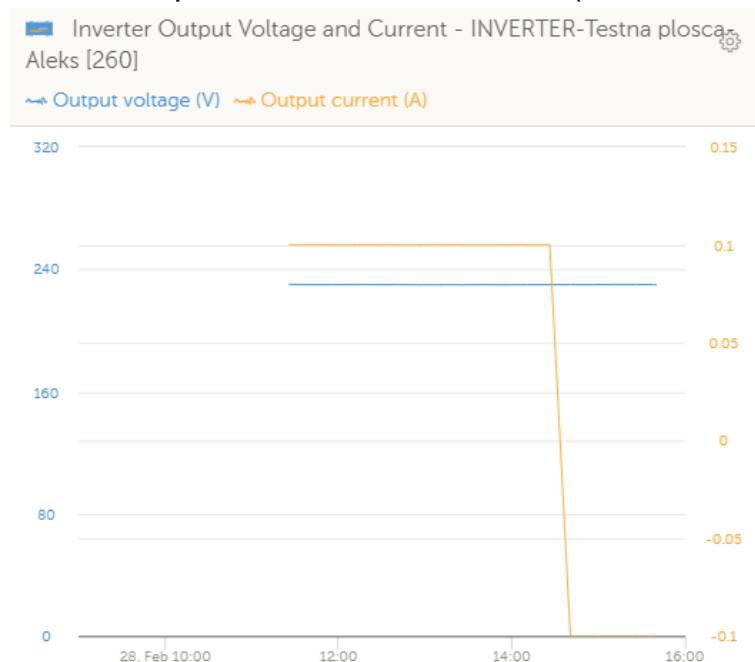


Graf 11: Moč baterije (vir: lasten vir)

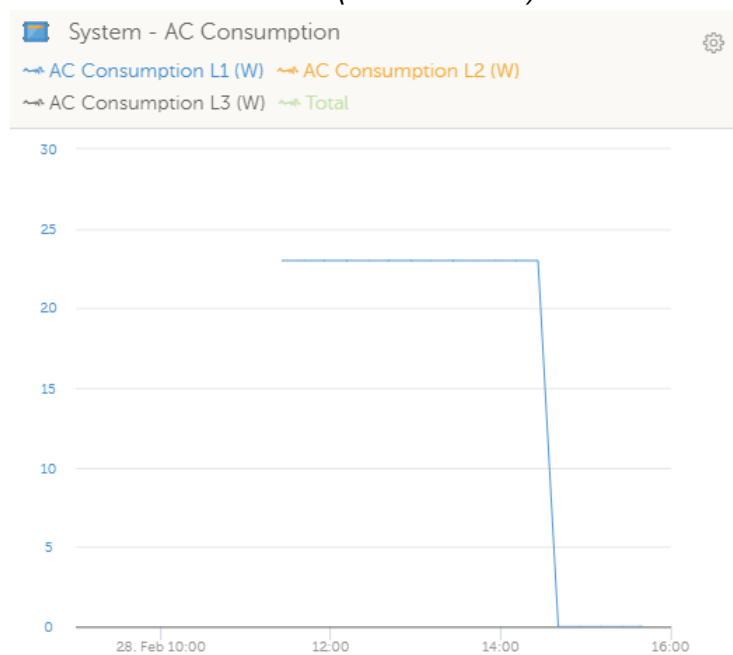


Spodnja grafa prikazujeta napetost in tok iz razsmernika, ko smo ga vključili v sistem. Porabnik so bile tri LED svetilke skupne moči 23W. Ker je porabnik konstanten je graf v obeh primerih vodoravna premica.

Graf 12: Napetost in tok iz razsmernika (vir: lasten vir)

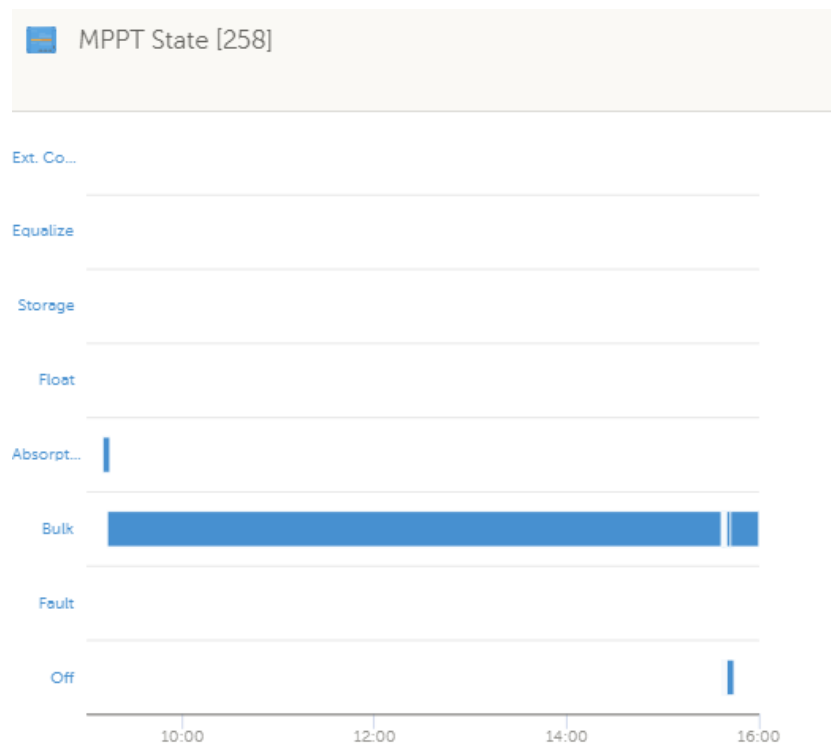


Graf 13: Moč ene faze (vir: lasten vir)



Regulator polnjenja je bil v fazi »BULK« kar pomeni polnjenje z največjim tokom, kjer napetost raste.

Graf 14: Stanje polnjenja baterije (vir: lasten vir)



11. ZAKLJUČEK

Z izdelavo raziskovalne naloge sem pridobil veliko novega znanja, čeprav sem imel v planu sestaviti večjo ploščo z več komponentami za podjetje elektro Štumpfl je načrte prekrižal virus. Zato je testna plošča sedaj v takšni obliki, kot sem jo lahko imel doma. Sedaj ko sem osvojil to znanje, pa se že veselim na daljnih projektov. S to nalogo pa bom lahko navdušil druge za delo na tem področju.

12. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Naloga temelji na samooskrbnem električnem sistemu, ki ni priključen na omrežno napetost. Sončna energija je obnovljivi vir za katerega je v današnjem času veliko povpraševanja, zato sem se tudi odločil narediti to testno ploščo. Takšen sistem se lahko uporablja predvsem na plovilih, avtodomih oziroma tam kjer ni električne energije.

13. VIRI

Priročniki Victron energy (pdf) :

- Wiring Unlimited – Rev 06
- Venus GX Manual

Elektronski vir:

- <https://www.victronenergy.si/>

Priročnik Schrack Technik:

- FOTONAPONSKI OTOČNI SUSTAVI (dr. Josip Zdenković, Kolonarika Zagreb, 2019)