

Providoli Stefan

Osnove fotonapona

Radna knjiga



SOLARTEUR®
www.solarteure.ch

Energieakademie Toggenburg / Technische Fachschule Bern / Polybau

Osnove fotonapona

Radna knjiga



Nosilac

Ova radna knjiga je urađena po nalogu partnerskih škola "Technische Fachschule Bern", "Energieakademie Toggenburg" kao i udruženja "Verein Polybau".

Osnova radne knjige su već postojeći dokumenti udruženih saveza i organizacija vezanih za instalacije i građevinarstvo, kao i aktuelne tehničke regulative.

Autor: Providoli Stefan

QS: Energieakademie Toggenburg / Technische Fachschule Bern

Uz odobrenje sponzora

Prevod: Adnan Harbić, Tuzla, BiH

Tehnička obrada: Sejfudin Agić, Tuzla, BiH

Štamparija BiH: OFF-SET d.o.o. Tuzla, BiH

Finansijska podrška: REPIC (Švicarska), Swisslos Kanton Basel-Landschaft (Švicarska)

Radna knjiga je prevedena na bosanski jezik u okviru projekta "Solarna energija za Tuzlu" koji realizira Centar za ekologiju i energiju u saradnji sa Ministarstvom obrazovanja i nauke Tuzlanskog kantona, Građevinsko-geodetskom školom iz Tuzle, Elektrotehničkom školom iz Tuzle i Švicarskim Caritas-om, REPIC-om, Swisslos Kantomom Basel-Landschaft, Förderverein-om i Polybau školom.

Tuzla, septembar 2024.

Sadržaj:

1	Osnove solarne energije	4
1.1	Zadatak, Solarna konstanta E_S : ljeti	4
1.2	Zadatak, Solarna konstanta E_S : zimi	4
1.3	Zadatak, Vazдушna masa AM x	4
1.4	Zadatak, vazдушna masa 1:	5
1.5	Zadatak, Dijagram položaja sunca:	5
1.6	Zadatak, Površina sa nagibom:	6
1.7	Zadatak, Solarni katastar:	6
2	Potrošnja energije	7
2.1	Zadatak, Vaša vlastita potrošnja energije:	7
2.2	Zadatak, Fotonaponski sistem za svijet:	8
2.3	Zadatak, Fotonapon za jednu državu: Švicarsku	9
3	Fotonaponski sistemi	10
3.1	Zadatak, Offgrid, ostrvski, samostalni fotonaponski sistem:	10
3.2	Zadatak, Ongrid mrežni sistem:	10
3.3	Zadatak, Struktura jedne fotonaponske ćelije:	12
3.4	Zadatak, Stepen efikasnosti/učinkovitosti i potreba za površinom:	13
3.5	Zadatak, Stepen efikasnosti jednog panela:	13
4	Komponente jednog fotonaponskog sistema	14
4.1	Zadatak, Podniz (substring):	14
4.2	Zadatak, Osjenčenje uzrokovano preprekama:	15
4.3	Zadatak, sastav panela (panela):	15
4.4	Zadatak, Karakteristične vrijednosti jednog panela:	16
4.5	Zadatak, Statičke karakteristike jednog panela:	17
4.6	Zadatak, DC solarni kabl:	18
4.7	Zadatak, DC utikač:	19
4.8	Zadatak, Blok šema i princip rada fotonaponskog sistema:	20
4.9	Zadatak, Priključna kutija generatora – GAK:	20
4.10	Zadatak, Inverter:	21
4.11	Zadatak, Servis jednog invertera:	22
4.12	Zadatak, Servis više invertera:	23
4.13	Zadatak, Očitavanje I-U karakteristike panela	24
4.14	Zadatak, Zaštitne, bajpas diode:	25
5	Fotonaponski generator	26
5.1	Zadatak, Serijsko i paralelno spajanje solarnih panela:	26
5.2	Zadatak, Paralelni spoj:	27
5.3	Zadatak, Serijski spoj:	27
5.4	Zadatak, Spajanje na dva invertera:	28
5.5	Zadatak, Spajanje na jedan inverter:	30

5.6	Zadatak, Pitanja o reaktivnoj snazi:	31
5.7	Zadatak, Dimenzioniranje invertera:	31
5.8	Zadatak, Napon sistema/napon otvorenog kola:	32
5.9	Zadatak, Napon sistema/napon otvorenog kola:	32
5.10	Zadatak, Osigurači nizova:	33
5.11	Zadatak, FN sistem za posebne slučajeve:	33
5.12	Zadatak: FN sistem za ravni krov:	34
5.13	Zadatak, Osiguranje kvalitete nizova:	35
5.14	Zadatak, Osiguranje kvaliteta panela:	36
6	Uzemljenje, izjednačenje potencijala i gromobranska zaštita.....	37
6.1	Zadatak, koncept gromobranske zaštite i zaštite od prenapona	37
6.2	Zadatak, LPS žica na šini FN sistema:	38
6.3	Zadatak, Kritična dužina vodova:.....	38
7	Električni priključak fotonaponskog sistema	39
7.1	Zadatak, Odobrenja/saglasnosti:	39
7.2	Zadatak, Zahtjev za tehnički priključak/prijava instalacije:	39
7.3	Zadatak, protokol o mjerenju	40

1 Osnove solarne energije

1.1 Zadatak, Solarna konstanta E_S : ljeti

Sunce kontinuirano emitira zračenje snagom od $3,845 \cdot 10^{26}$ W u svim smjerovima. Na Zemlji primamo samo minimalni dio te snage zračenja. Ipak zbog eliptične orbite Zemlje oko sunca solarna konstanta E_S oscilira.

Izračunajte solarnu konstantu E_S na dan ljetnjeg solsticija?



$$E_S = \frac{\text{Snaga zračenja}}{\text{Površina kugle}} = \frac{3,845 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot (1,521 \cdot 10^{11})^2} = 1.322 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

1.2 Zadatak, Solarna konstanta E_S : zimi

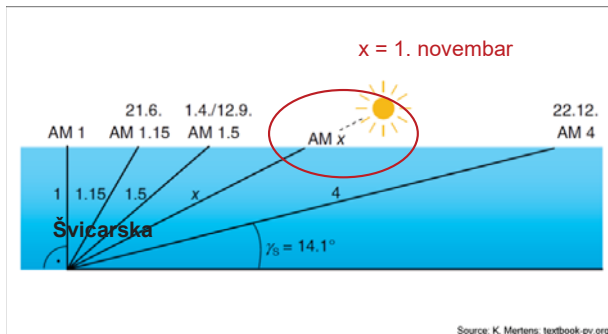
Izračunajte solarnu konstantu E_S na dan zimskog solsticija?

$$E_S = \frac{\text{Snaga zračenja}}{\text{Površina kugle}} = \frac{3,845 \cdot 10^{23}}{4\pi \cdot (1,471 \cdot 10^{11})^2} = 1.414 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Za više informacija pogledajte poglavlje 1.1 i 1.2 skripte fotonapon - FN.

1.3 Zadatak, Vazдушna masa AM x

Kao standardni spektar za mjerenje solarnih panela koristi se AM 1,5 spektar (AM - AirMass), pošto nastupa u proljeće i ljeto i na izvjestan način se može posmatrati kao prosječni godišnji spektar.



Izračunajte nedostajuću vazдушnu masu AM x?

Ovaj obračun se izvodi samo ručnim putem pod teoretskom pretpostavkom da Sunce obuhvata zemlju u jednom krugu. U stvarnosti Sunce okružuje zemlju eliptično, što znači da bi se za precizniji obračun morali koristiti računarski modeli.

Između 12.09. i 22.12. su 101 dan. Tačno u sredini je 1. novembar, 50 dana nakon 12.09. i 50 dana prije 22.12. To znači da se razlika od AM4 do AM 1,5 dijeli sa dva i tome se dodaje već postojeći AM 1,5 iz septembra.

$$AM\ 4 - AM\ 1,5 = AM\ 2,5 \quad \Rightarrow \quad AM\ 2,5/2 = AM\ 1,25 \quad AM\ 1,25 + AM\ 1,50 = \underline{AM\ 2.75}$$

1.4 Zadatak, vazдушna masa 1:

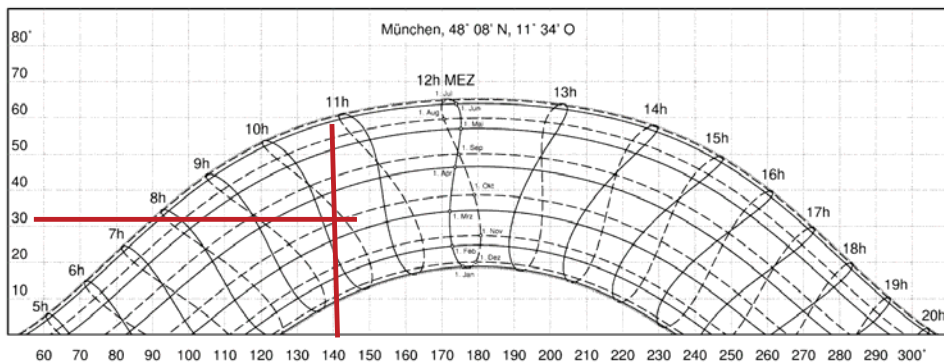
Navedite 5 gradova (uključujući zemlju) u kojima je moguća vazдушna masa AM 1 na dane ravnodnevnice (ekvinocija), odnosno da se pojavljuje dva puta godišnje.

Ovo se može pojaviti u svim gradovima koji se nalaze na ekvatorijalnoj ravni. Što bliže, to bolje. Ovi gradovi su npr.: Quito (Ekvador), Kampala (Uganda), Nairobi (Kenija), Libreville (Gabun), Singapur (Singapur).

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 1.4 skripte Fotonapon - FN.

1.5 Zadatak, Dijagram položaja sunca:

Jedan fotonaponski sistem u Minhenu ima ugao nagiba od 60° i otklon od juga od 40° prema istoku. U koje će doba dana i godine sistem moći pružiti maksimalnu efikasnost? Zanimarite temperaturne efekte, oblačnost i druge potencijalne uticaje.



Zadatak se može najjednostavnije riješiti grafički.

Najveća efikasnost panela se postiže kada sunce pada okomito, pod pravim uglom od 90°. Na panel sa 40° odstupanja prema istoku i nagibom od 60°N proizilazi rezultat položaja sunca od azimuta 140° i elevacije 30° (90-60).

Sunce sija dva puta u godini iz istog pravca – zato postoje dva datuma:

- Mjesec u kalendaru: sunce sija početkom marta i početkom oktobra pod pravim uglom na fotonaponske panele.

- Sati: Sunce sija u oktobru malo prije 10:00 sati, odnosno, u martu malo poslije 10:00 pod pravim uglom na fotonaponske panele.

1.6 Zadatak, Površina sa nagibom:

Koliko je sunčevo ozračavanje prema sljedećem dijagramu na sljedećim površinama?

Zadata površina krova	Sunčevo ozračenje u kWh/m ² na god.	Odstupanje u procentima od max vrijednosti (1.192 kWh/m ² na god.)
10° nagib, jug	1.108	7%
90° nagib, jug	822	31%
30° nagib, jugoistok	1.144	4%
10° nagib, zapad	1.013	15%

1.7 Zadatak, Solarni katastar:

Definirajte nedostajuće parametre Vašeg aktuelnog stalnog mjesta boravka pomoću švicarskog solarnog katastra?

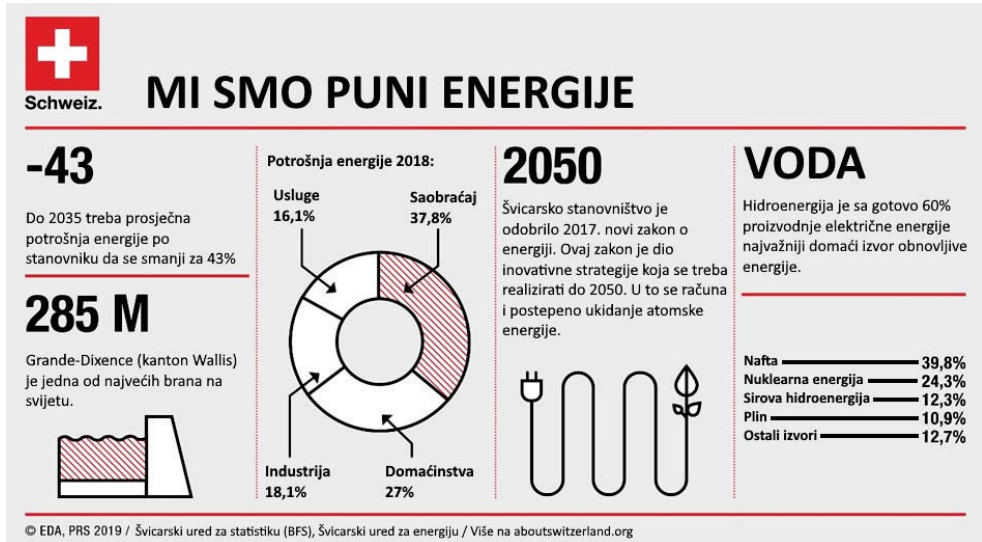
Parameter	
Tip krovne površine	
Energija srednjeg kapaciteta	
Energija s punog kapaciteta	
Nagib krova	
Usmjerenost	
Površina	
Srednje ozračenje / godišnje	
Ukupno ozračenje / godišnje	
Tarifna povlastica / kWh	
Potencijal solarne struje općine	

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 1.7 do 1.9 skripte Fotonapon – FN.

2 Potrošnja energije

2.1 Zadatak, Vaša vlastita potrošnja energije:

Obračunajte, koliko je tačnije moguće, **Vašu vlastitu** potrošnju energije?



Kako bi se mogle dodati različite SI jedinice moraju se najprije sve pretvoriti u SI jednicu.

1L benzina	= 30.600 kJ	1L dizela	= 35.280 kJ
1L kerozina	= 34.200 kJ	1L ulja za grijanje	= 38.520 kJ
1 kWh struje	= 3.600 kJ	1 kWh plina	= 3.600 kJ
1 kg uglja	= 15.000 kJ	1 kg drveta	= 14.400 kJ

(Mora odgovoriti svako samostalno sa svojim podacima!)

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 2.1 do 2.3 skripte Fotonapon - FN.

2.2 Zadatak, Fotonaponski sistem za svijet:

Potrošnja energije svijeta je iznosila 2019. godine okruglo 583.90 EJ (egzadžula).



Koliko snage bi morao teoretski imati jedan fotonaponski sistem u Sahari kako bi mogao pokriti cjelokupnu potrošnju energije u svijetu?

Sahara može prihvatiti ozračavanje sa 2.200kWh/m²/godini. Koliko veliki, izraženo u km², će biti taj sistem?

Budući da 583,90 EJ odgovara $1,621944 \cdot 10^{11}$ MWh električne energije imamo:

$$A = \frac{1,621944 \cdot 10^{11} \text{ MWh}}{2,2 \text{ MWh/m}^2/\text{godina}} = 7,372 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 = 73.724 \text{ km}^2$$

Sa godišnjim vrijednostima ozračivanja se jednostavno može obračunati površina sistema.

Površinu od 73.724 km² bi zauzeo fotonaponski sistem koji je dug 275 km i širok 275 km, bez hodnika za održavanja, slobodnih površina, mjesta za invertore itd.

Za poređenje, radi se o površini koja ne iznosi dvije površine Švicarske (41.285 km²).

Snaga sistema je teško definisati, jer bi ona morala biti dovoljno velika kako bi u potrebnom vremenu i uz sva opterećenja mogla vršiti opskrbu energijom. Ali se može ozračenje po m²/godišnje konvertovati na ozračenje po kWp/godišnje.

Pretpostavimo da koristimo 3 panela sa pojedinačnom površinom panela od 1,625 m² za 1 kWp električne snage.

Pod ovom pretpostavkom bi sistem morao imati snagu od 15.030525 GWp.

Međutim, vrijeme potrošnje i proizvodnje energije nije uzeto u obzir.

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 2.1 do 2.3 skripte Fotonapon-FN.

2.3 Zadatak, Fotonapon za jednu državu: Švicarsku

Ukupna potrošnja energije u Švicarskoj je iznosila 2019.godine: 834.210TJ.



Koliko snage bi se teoretski moralo instalirati po stanovniku kako bi se cjelokupna potrošnja energije mogla pokriti fotonaponskim sistemima?

Koliko velik, izraženo u m² i Kwp, će biti svaki pojedinačni sistem?

Prosječno ozračivanje Švicarske iznosi 1.100 kWh/m²/godišnje. Trenutni broj stanovnika Švicarske (14.02.2021.) iznosi: 8.735.637 stanovnika.

Budući da 834.210 TJ odgovara 231.725.000 MWh električne energije imamo:

$$A = \frac{231.725.000 \text{ MWh}}{1,1 \text{ MWh/m}^2/\text{godina}} = 2,10659 \cdot 10^8 \text{ m}^2 = 210,659 \text{ km}^2$$

Preračunato, to bi bila površina od 24,114 m² po stanovniku.

Pretpostavimo da koristimo 3 panela sa pojedinačnom površinom panela od 1,625 m² za 1kWp električne snage, za svakog stanovnika trebao bi se obezbjediti fotonaponski sitem od:

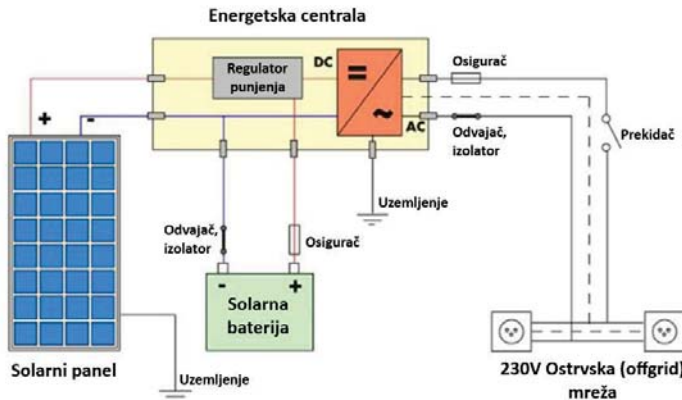
$$\frac{24,14\text{m}^2}{3 \cdot 1,625\text{m}^2} = 4,925\text{kWp}$$

Za sve ostale informacije pogledajte poglavlja 2.1 do 2.3 skripte Fotonapon - FV.

3 Fotonaponski sistemi

Širom svijeta se većina fotonaponskih sistema koristi povezivanjem u elektroenergetsku mrežne. Pri tome se ili sva solarna energija dovodi u javnu elektroenergetsku mrežu ili se dio iskoristi za vlastite potrebe, a samo se višak dovodi u mrežu. Ipak, bez obzira o kojem sistemu se radi, svaki ima prednosti i nedostatke.

3.1 Zadatak, Offgrid, ostrvski, samostalni fotonaponski sistem:



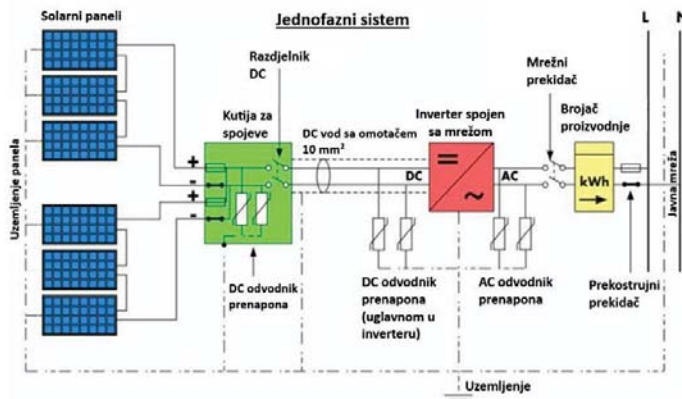
Navedite najmanje 5 različitih područja primjene u kojima prije samostalni sistemi mogu pokazati svoje jake snage.

Imenujte istovremeno i nedostatke samostalnog sistema.

- Kuće i kolibe u planinama,
- Objekti za životinje,
- Osvjetljavanje tunala, gradilišta – semafori,
- Stanice za punjenje: mobilnih aparata, e-bicikla, itd.
- Mali čamci / Kampovanje...

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 4.1.1 skripte Fotonapon - FN.

3.2 Zadatak, Ongrid mrežni sistem:



Koje najvažnije prednosti donose mrežni sistemi u odnosu na ostrvske (samostalne) sisteme?

Objasnite jednostavnim, vlastitim riječima (sa Vašim dosadašnjim znanjem) funkciju sistema na slici.

Sistem povezan sa mrežom koristi javnu mrežu kao međuspremnik. Ako postoji previše snage, višak energije se odvodi u mrežu. Ako nema dovoljno snage, za vlastite potrebe, energija koja nedostaje uzima se / kupuje se iz mreže.

Solarni paneli pretvaraju svjetlosno elektromagnetno zračenje u istosmjernu električnu energiju.

Za to je potrebno da su svi strujni krugovi zatvoreni i da inverter pretvara istosmjernu energiju - koju proizvode solarni paneli – u prilagođenu izmjeničnu energiju liji je izmjenični napona prilagođen javnom mrežnom sistemu.

Sve više vlasnika fotonaponskih sistema želi veću samostalnost u slučaju nestanka električne energije zbog kvara na mreži. Da bi se to postiglo kombinuju se prednosti ongrid/mrežnog i offgrid/samostalnog sistema. Ipak, šta bi mogao biti poticaj za to i koliko sati godišnje u razvijenim zemljama, recimo Švicarskoj i našoj zemlji, Bosni i Hercegovini, dolazi do prekida u snadbjevanju električnom energijom?

Svake godine je u Švicarskoj tačno 11 minuta neplaniranih nestanaka električne energije. Ostalih 10 minuta su planirani prekidi (npr. zbog proširenja mreže, rekonstrukcija, promjene brojala i sl.).

Podaci za BiH su predviđeni zakonom o Električnoj energiji i Zakonom o obnovljivim izvorima energije, ali ne postoje relevantni podaci. Procjena je nekoliko sati / godišnje neplaniranih i planiranih prekida.

Mnogi vlasnici imaju želju za većom samostalnošću u svom sistemu ili za većim samosnadbjevanjem preko vlastitog sistema. Pomoću odgovarajuće tehnologije višak energije se može jednostavno pohraniti (akumulirati) ili iskoristiti u druge svrhe (obavljanje poslova koji zahtijevaju više energije, npr. punjenje bojlera već u toku dana).

Vlasnici mijenjaju navike i modele korištenja energije tokom dana.

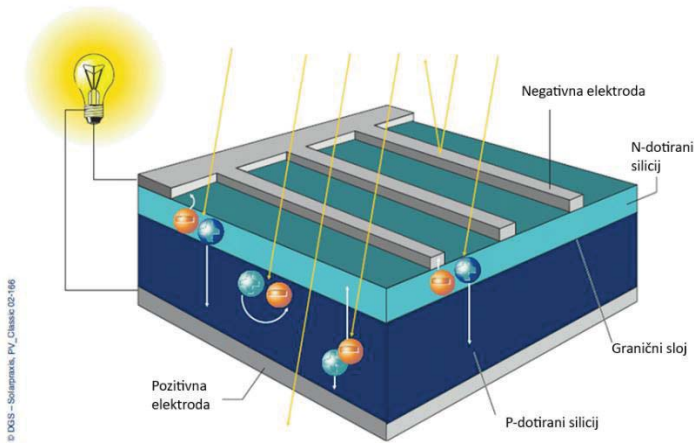
Za ostale informacije pogledajte poglavlja 4.1.2 i 4.1.3 skripte fotonapon - FN.

3.3 Zadatak, Struktura jedne fotonaponske ćelije:



Nacrtajte u presjeku strukturu kristalne silicijske ćelije sa slike i objasnite svojim riječima način njenog funkcionisanja.

Objasnite uz to o kakvoj ćeliji se tu radi, koje su joj dimenzije i električne vrijednosti s današnjom ćelijskom tehnologijom?



Funkcija:

Sunčevo svjetlosno elektromagnetno zračenje pada na silicijsku ćeliju. Pojedinačni energetski doprinos svjetlosti se izražava "kvantom" svjetlosti, čija energija zavisi od frekvencije dolazećeg talasa.

Kada kvant svjetlosti "udari" u valentni elektron predaje mu svoju enrgiju i elektron se oslobađe uticaja atomske jezgre. Slobodni elektroni odlaze u međuatomske prostor i učestvuju u stvaranju razlike potencijala između p i n tipa poluprovodnika.

Ako zatvorimo strujni krug preko provodljivi materijal (staza provodnika Ag) i potrošača (npr. sijalica ili inverter) protiče istosmjerna električna struja.

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 4.2.1 i 4.2.3 skripte Fotonapon - FN.

3.4 Zadatak, Stepen efikasnosti/učinkovitosti i potreba za površinom:

Dopunite tabelu sa nedostajućim vrijednostima:

Materijal	Potrebna površina za 1kWp	Efikasnost/Učinkovitost
Monokristalni panel od silicija	5,00 m ² (pri 20%)	18 – 22%
Polikristalni silicijski panel	6,25 m ² (pri 16%)	14 – 20 %
Panel od tankog sloja (CIS)	9,09 m ² (pri 11%)	10 – 12 %
Panel od tankog sloja (CdTE)	7,69 m ² (pri 13%)	11 – 14 %
Amorfni silicijski panel	12,50 m ² (pri 8%)	6 – 10 %

3.5 Zadatak, Stepen efikasnosti jednog panela:

Jedan fotonaponski panel ima dužinu od 1,64 m i širinu od 99 cm. Snaga prema podacima sa liste iznosi 295Wp.

Kolika je efikasnost/učinkovitost ovog fotonaponskog panela?

Površina panela iznosi:

$$1,64\text{m} \times 0,99\text{m} = 1,6236 \text{ m}^2.$$

Kada bi stepen efikasnosti bio 100%, onda bi morali prema STC dobiti okruglo 1.623,60Wp. Budući da panel ipak proizvodi "samo" 295 Wp, stepen efikasnosti je:

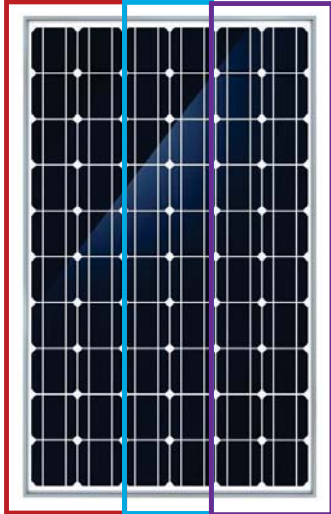
$$\eta = \frac{295 \text{ Wp}}{1.623,60 \text{ Wp}} \cdot 100 \% = 18,1695 \%$$

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 4.2.4 i 4.3.6 skripte Fotonapon – FN.

4 Komponente jednog fotonaponskog sistema

4.1 Zadatak, Podniz (substring):

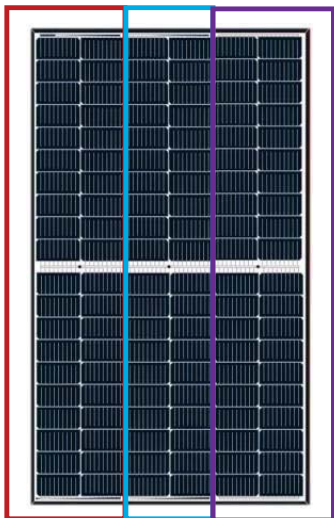
Na sljedećoj slici je prikazan jedan panel sa 60 punih ćelija i jedan panel sa 120 polućelija. Nacrtajte podnizove u panelu (različitim bojama). Koje električne prednosti nudi panel sa polućelijama u odnosu na panela sa punim ćelijama?



Panel sa 60 punih ćelija

U pravilu postoje 3 podniza (substringa) i ona se spajaju s lijeve na desnu stranu.

Međutim, ovaj način nije normiran i može odstupati od proizvođača do proizvođača.



Panel od 120 polućelija

Korištenjem 120 polućelija se može pretpostaviti da ćemo dobiti viši napon otvorenog kola i nižu struju. Ali to nije slučaj.

Paneli sa polućelijama (120) imaju u odnosu na panele sa punim ćelijama (60) dvostruko veći broj ćelija. Interno je međutim, kao i kod panela s punim ćelijama, 20 ćelija spojeno u seriju.

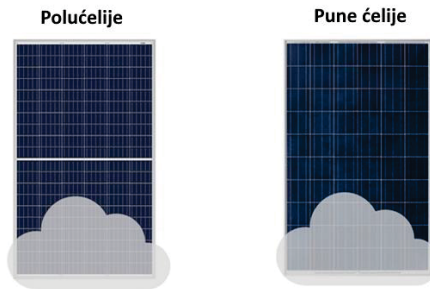
Ukupno je umjesto 3x20 ćelija na taj način paralelno spojeno 6 x 20 polućelija. Svaki put 2x20 ćelija je, interno u panelu, zaštićeno preko premosne/bajpas diode.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 4.3.7 skripte Fotonapon - FN.

4.2 Zadatak, Osjenčenje uzrokovano preprekama:

Kod fotonaponskog sistema se paneli montiraju vertikalno. Svakodnevno se npr. može dešavati da zbog nekog drugog objekta koji stoji na putu donja 3 reda ćelija budu osjenčena/zasjenjena (prema crtežu).

Šta se događa s slučajju osjenčenja sa punim ćelijskim panelom, a šta s polućelijskim panelom?



Dijeljenjem panela na dvije polovine (polućelije), djelimično zasjenčenje donjih redova ima manji uticaj kada se postavlja vertikalno nego kod panela s punim ćelijama.

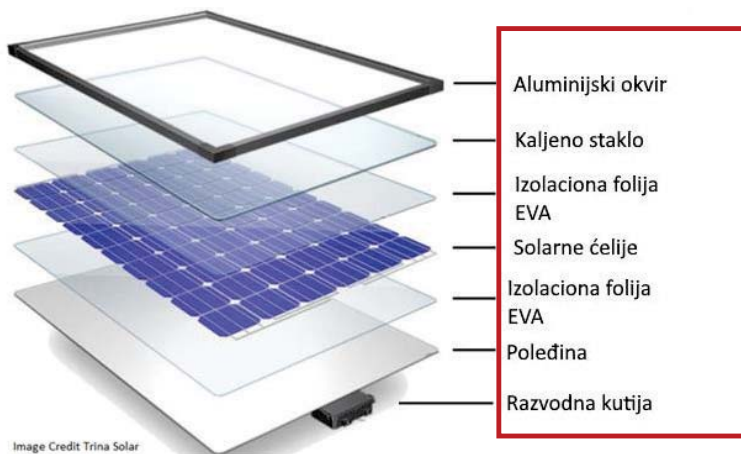
Panel sa polućelijam tada i dalje može nastaviti proizvoditi do 50% snage.

Ova prednost je moguća zahvaljujući centralno postavljenim zaštitnim diodama.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 4.3.7 kao i 5.1.5.4 do 5.1.5.5 skripte Fotonapon - FN.

4.3 Zadatak, sastav panela (panela):

Imenujte komponente u strukturi jednog fotonaponskog panela:



Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.1.1 skripte Fotonapon - FN.

4.4 Zadatak, Karakteristične vrijednosti jednog panela:

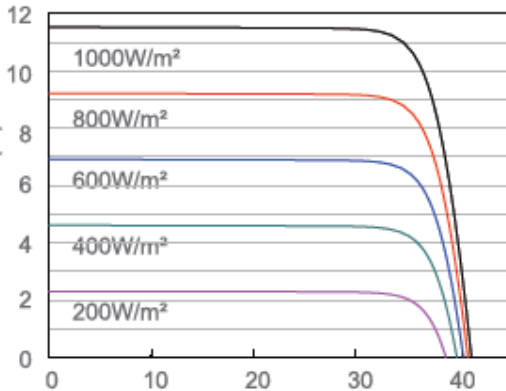
Dopunite tabelu sa nedostajućim vrijednostima.

Panel: JAM60S20-390/MR	STC	NOCT
Nazivna maksimalna snaga P_{MPP}	390	295
Napon otvorenog kruga U_{OC}	41,94	39,63
Struja kratkog spoja I_{SC}	11,58	9,40
Maksimalni napon snage U_{MPP}	35,33	33,20
Maksimalna snaga struje I_{MPP}	11,04	8,88
Temperaturni koeficijent od I_{SC}	+0,044%	+0,044%
Temperaturni koeficijent od U_{OC}	-0,272%	-0,272%
Temperaturni koeficijent od P_{MPP}	-0,350%	-0,350%
Stepen učinkovitosti/efektivnosti	20,9%	20,9%
Faktor punjenja	0,80	0,79

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.1.2 do 5.1.5.6 skripte Fotonapon - FN.

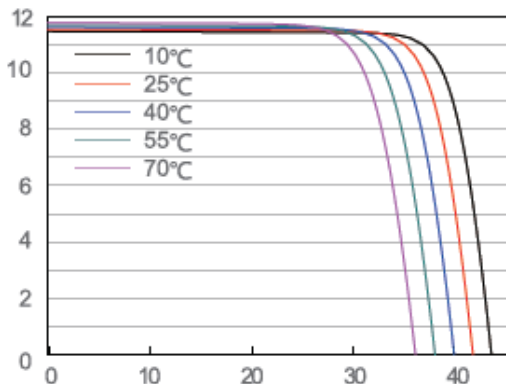
4.5 Zadatak, Statičke karakteristike jednog panela:

Objasnite šta možete saznati iz sljedeće 3 karakteristične linije.



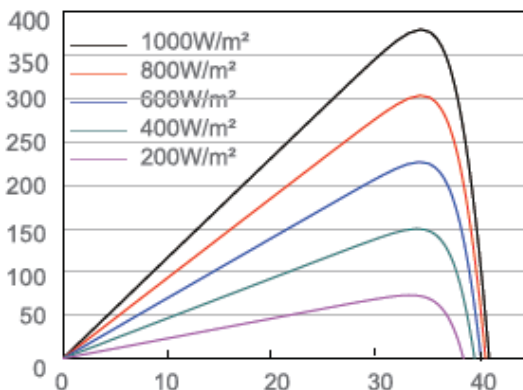
I-U karakteristika ozračenja

I-U karakteristika predstavlja zavisnost struje i napona na panelu nastalih uticajem svjetlosnog zračenja. Dobivena energija se povećava većim ozračivanjem, a time i struja (I_{sc}) u panelu, dok se napon (U_{oc}) se mijenja minimalno.



I-U karakteristika, temperatura

Vanjska temperatura utiče na oblik I-U karakteristike. Napon je veoma ovisan od temperature dok se struja kratkog spoja (I_{sc}) minimalno mijenja.



P-U karakteristika ozračivanja

Na P-U karakteristici prikazan je uticaj ozračenja na snagu. Snaga se računa kao: $P = U_{oc} \cdot I_{sc}$. Napon (U_{oc}) se minimalno mijenja. Iz maksimalne tačke za ozračenje od $1.000W/m^2$ se može očitati STC snaga (snaga pri standardnim uslovima). U ovom slučaju snaga iznosi 380Wp.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.1.5 i 5.1.5.3 skripte Fotonapon - FN.

4.6 Zadatak, DC solarni kabl:

Označite komponente istosmjernog (DC) solarnog kabla



1. Provodnik (pocinčana bakrena licna)
2. Izolacija
3. Omotač (dvostruka izolacija)
4. Metalna zaštita (oklop)

Na što posebno tereba obratiti pažnju pri polaganju solarnih kablova istosmjerne struje, npr. ispod panela (kabliranje panela) ili kada kablove za istosmjernu struju vodimo kao stringove / nizove do invertera? Kakvi zahtjevi se postavljaju za instalaciju?

Kablovi za istosmjernu struju trebaju imati slijedeće karakteristike:

- da su sa dvostrukim omotačem izolacije,
- bez halogena,
- vanjska izolacija otporna na UV zračenje,
- otporni na vremenske prilike.

Kada se DC kablovi polažu ispod panela potrebno je voditi računa o strujama koje će proticati kroz njih pri normalnom radu. Taj obračun je potreban računati pri temperaturi okoline od 70°C. Kod sistema ravnih krovova je potrebno vodove visoko vezati i da ne dodiruju gornju površinu krova. DC kablovi su higroskopni zbog aditiva u izoaciji (aluminijev hidroksid) što znači da upijaju vodu. Ako kabal leži na krovu onda upija vodu i postaje neelastičan i lomljiv, u nekom trenutku neupotrebljiv.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.2 skripte Fotonapon - FN.

4.7 Zadatak, DC utikač:

Kabliranje panela obavlja u pravilu proizvođač sa kablom od 4mm². Ovi kablovi su, zavisno o proizvođaču dugi 1.000mm (1m).

To znači, da DC kablove, koji se spajaju na nizove, mora instalirati/priključiti sam instalater na licu mjesta.

Koje tipove DC utikača poznajete, imenujte njihove prednosti i nedostatke i opišite na šta se prilikom montaže DC utikača mora posebno obratiti pažnja? Osim toga, koji utikač je plus, a koji minus pol indukovanog napona na izlazu iz panela?



Postoji više različitih tipova utikača: MC4, MC4-EVO, PV - Stick (fotonaponski stik), Sunclix / itd.

Važno je da se priključuju samo utikači istog proizvođača i istog tipa. Ovo garantuje dug životni vijek i visoku sigurnost. Ne smiju se spajati utikači različitih proizvođača, osim ako oba proizvođača to izričito dozvole.

Kod DC utikača voditi računa o dobroj kvaliteti, uputstvo za montažu se mora doslovce primjenjivati.



Za instalaciju DC utikača i kablova i generalno za polaganje kablova potrebno je poseno odobrenje nadležnih institucija (npr. u Švicarskoj: inspektorata za jaku struju). U pravilu se sve propisuje Zakonom o Obnovljivim izvorima energije.

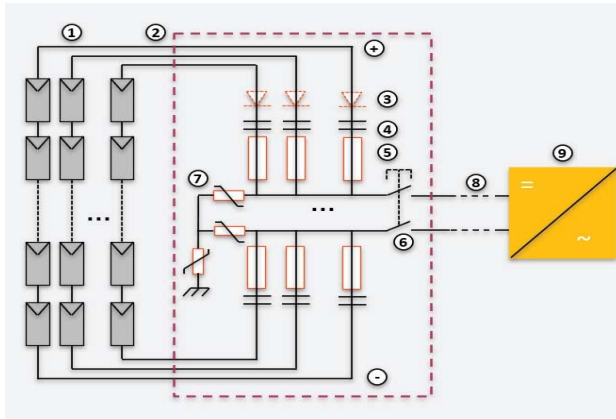


Na utikačima je naveden polaritet, uglavnom malim oznakama veličine od nekoliko mm. Zbog toga važi pravilo, muški utikač je plus pol, ženski utikač je minus pol panela.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.3 skripte Fotonapon - FN.

4.8 Zadatak, Blok šema i princip rada fotonaponskog sistema:

Navedite komponente blok šeme prikazanog fotonaponskog sistema:



1. Solarni paneli (fotonaponski generator)
2. DC – string (vodovi)
3. Diode (danas sve rjeđe u upotrebi)
4. Rastavni noževi, kontakti noževi rastavljača (danas sve rjeđe u upotrebi)
5. Osigurači stringova (nizova)
6. DC prekidač održavanja

7. Odvodnik prenapona
8. DC – polje nizova (array)
9. Inverter

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5 skripte Fotonapon – FN.

4.9 Zadatak, Priključna kutija generatora – GAK:

Kod fotonaponskih sistema sa više nizova (stringova) obično spajaju u priključnoj kutiji generatora - GAK. GAK se može naručiti sa širokim izborom komponenti, u različitim veličinama i varijantama, od različitih proizvođača.

Ipak, da li je u svakom slučaju potreban GAK? Koje proizvođače GAK-a poznajete i u čemu leže pojedinačne snage i slabosti?

Komponente, koje se uobičajeno nalaze u priključnoj kutiji generatora:

- DC-odvodnik prenapona (različitih tipova)
- DC-prekidač
- DC-osigurači stringova
- DC-nadzor stringa (niza)
- DC-diode stringa (niza)

Uobičajni proizvođači GAK-ova su: Taru, Weidmüller und Arthur Flury. Svaki GAK ima prednosti i nedostatke. Uvijek se uzimaju u obzir odgovarajući uslovi okruženja i odabire odgovarajući tip GAK-a.

Pronađite dodatno list sa podacima o GAK-u i označite markerom parametre / podatke koji su za Vas / Vaše okruženje relevantni.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.4 skripte Fotonapon - FN.

4.10 Zadatak, Inverter:

Postoji 5 različitih koncepata invertera, ipak trenutno su se probili prije svega invertori za polja nizova (višefazni ili array), kao i za jedan niz (monofazni) invertori sa optimizatorima snage.

Važno je da se za odgovarajuću situaciju koristi odgovarajući inverter, a ne davati paušalno prednost modelu jednog proizvođača. Više proizvođača oživljavaju konkurenciju.

Ipak, šta se možete saznati iz lista sa tehničkim podacima proizvođača, koje ulazne informacije možemo očitati, o kojem konceptu invertera se radi?



SolarEdge SE25k-Base

Trofazni inverter (1 MPPT) sa optimizatorom snage

Inverter bez galvanske izolacije



Kostal Piko 20

Inverter za polja nizova (array) (3 MPPT)

Inverter bez galvanske izolacije



Enphase IQ7A-INT

Panelski (panel) inverter (1 MPPT)

Inverter sa galvanskom izolacijom



Fronius Galvo 3.1-1

Monofazni inverter (1 MPPT)

Inverter sa galvanskom izolacijom

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.5 do 5.5.5.3 skripte Fotonapon - FN.

4.11 Zadatak, Servis jednog invertera:

Dobijate nalog od šefa da ispitajte jedan sistem na licu mjesta. Prema telefonskoj informaciji operatera sistema inverter ne radi i pretpostavlja se da postoji greška u izolaciji istosmjerne struje (DC).

Na licu mjesta nalazite ovaj inverter. O kojem tipu invertera se ovdje radi, možete li eventualno odrediti vrstu invertera i koja je prednost, a koji je nedostatak jednog takvog invertera?



Ovdje se konceptualno radi o centralnom inverteru i to tip invertera bez galvanске izolacije. Transformator ovog invertera se nalazi pored (na fotografiju se ne može vidjeti).

Prednost: Ispitati treba jedan jedini inverter. Nema više tipova invertera koji bi jedni na druge mogli uticati negativno. Također je sve (uključujući GAK i transformator) isporučio jedan proizvođač. To bi trebalo povećati funkciju i životni vijek.

Veliki inverter je također povoljniji nego više malih invertera.

Nedostatak je što u slučaju kvara cijeli sistem (u ovom slučaju 1 MVA) ne radi. Zbog toga servisni radovi imaju visoki prioritet.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.5 skripte Fotonapon - FN.

4.12 Zadatak, Servis više invertera:

Čista suprotnost invertera kod zadatka 4.11 su inverteri sa sljedeće slike. Ovdje se radi o fotonaponskom sistemu sa 275 invertera po 20kVA nominalne snage.

O kojem tipu invertera se radi, možete li se eventualno odrediti vrsta invertera i šta je prednost, a šta nedostatak jednog takvog invertera?



Ovdje se konceptualno radi o više višefaznih (multistring, array) invertera i to bez galvanske izolacije.

Prednost: U slučaju greške ispada samo jedan mali dio snage. Zamjena i održavanje su jednostavniji.

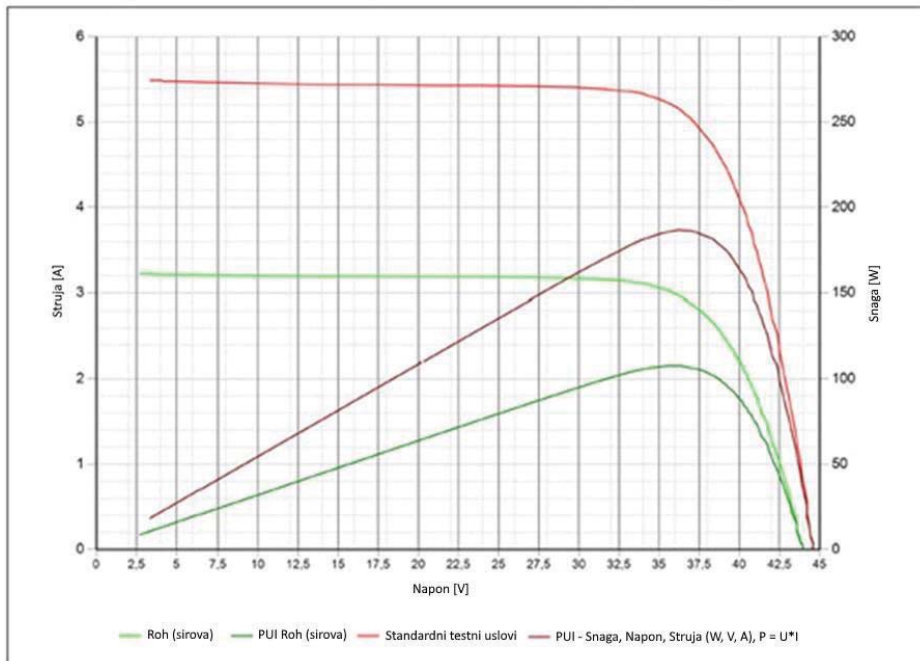
Nedostatak: Kod ovako mnogo invertera uvijek jedan ne radi. Upitno je i da li komunikacija besprijekorno radi pa postoji realna opasnost da bi mogli negativno uticati jedan na drugi.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.5 skripte Fotonapon - FN.

4.13 Zadatak, Očitavanje I-U karakteristike panela

Kada smo instalirali neki od pomenutih invertera, izvršili mjerenja struja i napona i nacrtali I-U karakteristiku možemo izmjeriti snaga pojedinačnih panela ili cijelog niza i uporediti sa podacima proizvođača.

Mjereni su podaci za svijetlozelenu i tamnozelenu krivu, a onda su oni softverski translirane prema specifičnim podacima panela u STC (standardne testne vrijednosti), na krive u crvenoj i tamno crvenoj boji.

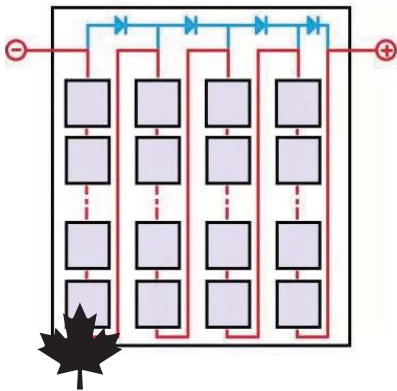


Dopunite tabelu sa nedostajućim vrijednostima.

Krivulja	Nominalna vrijednost (STC)	Mjerenje (osnovno)
I_{MPP}	5.16	3.03
U_{MPP}	36.20	35.60
I_{sc}	5.52	3.24
U_{oc}	44.80	44.10
Ozračenje u W/m^2	-	587
Broj ćelija:	-	74

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.1.5 skripte Fotonapon - FN.

4.14 Zadatak, Zaštitne, bajpas diode:



Za vrijeme jednogodišnjeg održavanja sistema nailazite na jedan fotonaponski panel koji je u potpunosti prekriven jednim listom – kao što je to prikazano na slici.

Objasnite detaljno šta se sada dešava i markirajte koje od ove 4 bajpas diode će biti provodne, a koje neprovodne.

Da li bi Vi strukturu sa 4 premosne diode nazvali standardnom?

Strukturu fotonaponskog panela sa 4 premosne diode nisu standardne iako se vjerovatno ista može nabaviti. Ipak, trenutno su 3 premosne diode standard za broj zaštitnih dioda na fotonaponskom panelu.

Ukoliko se radi samo o jednoj standardnoj kristalnoj ćeliji, onda će se ona vjerovatno jako zagrijati (hot spot). Premosna (bajpas) dioda još neće provesti, jer je pad napona na jednoj ćeliji od 0,6V manji od pada napona pri direktnoj polarizaciji bajpas diode od 0,7V. To znači, čim su više od 2 ćelije zasjenjene, odgovarajuća bajpas dioda zasjenjenog podniza (substring-a) postaje aktivna i provodi struju "pored sjene".

Tako se cijeli podniz (substring) sa svojih 20 ćelija odvaja, a napon na string-u se reducira za 1/4 (ili 1/3) napona panela.

Potražite dodatno listu sa podacima jednog aktuelnog fotonaponskog panela, koji smatrate najmodernijim, i označite markerom broj bajpas (premosnih) dioda.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.1.5.4 skripte Fotonapon - FN.

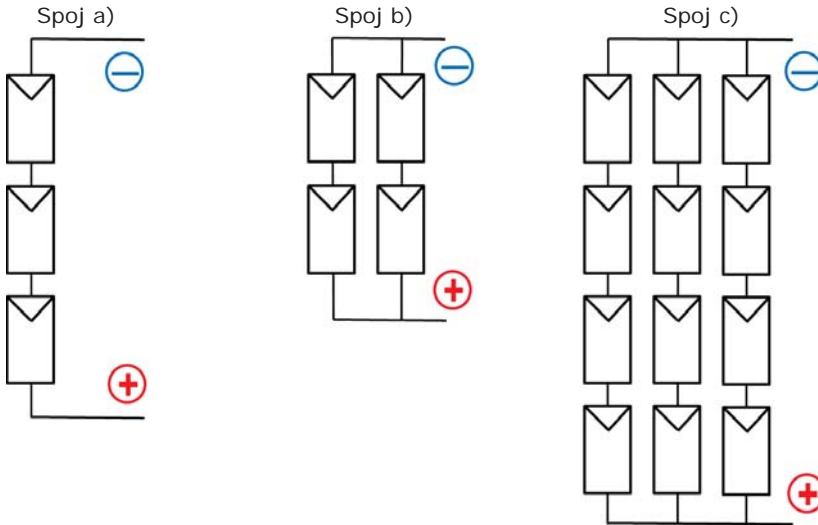
5 Fotonaponski generator

5.1 Zadatak, Serijsko i paralelno spajanje solarnih panela:

Za jedan solarni panela su poznati sljedeći tehnički podaci:

$P=250\text{Wp}$, $U_{\text{mpp}}=30\text{V}$, $U_{\text{oc}}=38\text{V}$, $I_{\text{mpp}}=8,3\text{A}$ i $I_{\text{sc}}=8,8\text{A}$

Izračunati električne vrijednosti za sljedeće spojeve sastavljene od ovih panela:



Spoj	a)	b)	c)
Ukupna snaga [P]	750	1.000	3.000
Radna struja u MPP [I_{MPP}]	8,30	16,60	24,90
Radni napon u MPP [U_{MPP}]	90	60	120
Struja kratkog spoja [I_{sc}]	8,80	17,60	26,40
Napon otvorenog kola [U_{oc}]	114	76	152
Faktor punjenja	0,74	0,74	0,74

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 6.1 do 6.3 skripte Fotonapon - FN.

5.2 Zadatak, Paralelni spoj:

O čemu morate voditi računa kod spoja b) i c) zadatka 5.1? Kakva dodatna problematika/izazov bi mogao nastupiti kod spoja c)?

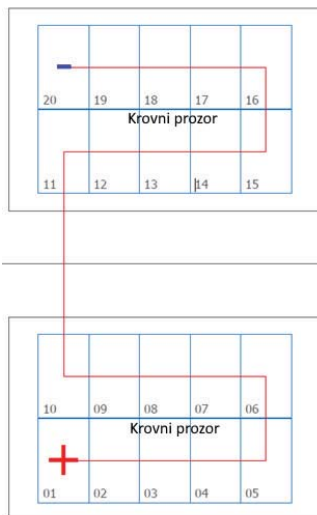
Mora se voditi računa o strujnoj opteretljivosti vodova (obavezno rezervni faktor $\times 1,25$).

Uz to se kod spoja c) mora preispitati veličina povratne struje panela i ako je potrebno ugraditi odgovarajući fazni osigurači.

5.3 Zadatak, Serijski spoj:

Kao radni zadatak dobijate monofazni plan, tzv. string plan za instalaciju fotonaponskog sistema. Radi o 20 panela spojenih u seriji, ipak, paneli su na krovnom prozoru smjera istok i zapad, između se samo dobro može prepoznati sljeme.

Kakav prijedlog za poboljšanje se može predložiti? Oda li je ova instalacija ispravna?



Ukoliko se fotonaponski sistem zaista ovako i implementira, onda ne možemo izbjeći korištenje optimizatora snage pojedinačnih panele.

Konfiguracija istok/zapad u konvencionalnom string-u nije ni moguća ni preporučljiva. Previše je gubitaka.

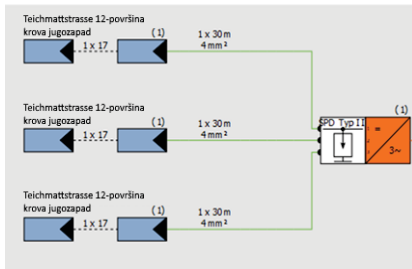
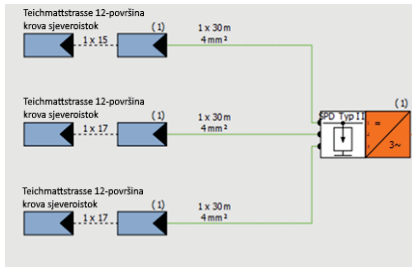
Kod ove vrste instalacije je potrebno voditi računa o bifilarnoj instalaciji kablova.

Za dalje informacije pogledajte poglavlja 6.1 do 6.3 skripte Fotonapon - FN

5.4 Zadatak, Spajanje na dva invertera:

Provjerite tehničku izvedivost i usklađenost sljedećeg sistema s osnovnim normativnim zahtjevima koji se odnose na struju, napon i snagu.

Postoji li neka alternativa koja bi pojednostavile spajanje, ili je sve optimalno?



Tehnički podaci o sistemu:

- FN snaga generatora: 34,50 kWp
- FN površina generatora: 168,70 m²
- Usmjerenje / nagib 1: Jugozapad/20°
- Usmjerenje / nagib 2: Sjeveroistok/20°
- FN panel: Axitec AC-345MH/120V



- Inverter: Kostal Piko 15



5.5 Zadatak, Spajanje na jedan inverter:

Možete li se 6 nizova (stringova) iz zadatka 5.4 također spojiti samo na jedan inverter ili obavezno moraju biti dva?

Šta mislite o ovom inverteru (Fronius Symo ECO 27.0-3-S) sa jednim MPP trekerom? Da li bi to bila odgovarajuća alternativa?



Načelno se gotovo svaki fotonaponski sistem može priključiti na jedan jedini inverter. Ipak važi načelo, što sistem ima više segmenata osjenčenja ili više okretanja u određenim smjerovima, utoliko više je potreban inverter sa više MPP trekera.

Kod ovog sistema inverter Fronius Symo ECO 27.0-3-S nema potrebnu alternativu.

Dva su razloga za to:

- 1) Inverter raspolaže samo jednim MPPT, to znači, "istok i zapad" bi se spojili na isti ulaz. To se u pravilu mora izbjeći.
- 2) Prema normativu se paralelno smiju spajati samo nizovi (stringovi) koji imaju isti nazivni napon otvorenog kola. String 11.1.1 ipak odstupa od toga (samo 15 umjesto 17 panela).

ZAKLJUČAK: U primjeru 5.4 potrebno je koristiti dva invertora.

Nakon što ste odgovorili na ovaj zadatak pročitajte sljedeći stručni izvještaj firme Fronius International GmbH o mogućnostima spajanja FN sistema "istok-zapad".

(kliknuti na logo: Fronius).



Za ostale informacije pogledajte poglavlje 6.1 do 6.4. skripte Fotonapon - FN

5.6 Zadatak, Pitanja o reaktivnoj snazi:

Jedan fotonaponski sistem se ne može priključiti, jer je priključni vod mrežnog operatera previše slabo dimenzioniran (dozvoljena jačina struje je prekoračena).

a) Da li pomaže ako se inverter tako podesi da koristi reaktivnu snagu?

NE!: Reaktivna snaga će još dodatno opteretiti priključni vod.

b) Fotonaponski sistem se ne može priključiti jer mrežni napon previsok. Da li pomaže ako se inverter tako podesi da koristi reaktivnu snagu? Obrazložite Vaš odgovor!

DA!: Ukoliko inverter koristi reaktivnu snagu ($\cos(\varphi) < \text{induktivno}$) onda se mrežni napon smatra relativno smanjenim. Da li je to dovoljno, mora obračunati mrežni operater.

c) Kod određuje da li fotonaponski sistem smije ili ne koristiti reaktivnu snagu?

Mrežni operater određuje da li se smije ili ne smije koristiti reaktivna snaga?

d) Zašto je istosmjerna struja "opasnija" od izmjenične struje?

Istosmjerna struja je opasnija od izmjenične jer se eventualni električni lukovi, na mjestu labavih kontakata ne poništavaju sami, jer istosmjerna struja nikad ne prolazi kroz nultu vrijednost. S druge strane izmjenična struja nema opasnosti od električnog luka jer stalno prolazi kroz nultu vrijednost. Labavi kontakt na DC kablju zato mogu izazvati požar, dok su labavi kontakt na AC kablju ipak sigurniji.

Treba voditi računa da se izbjegnju labave veze na svim spojnim mjestima.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 5.5.6.4 i 6.4 skripte Fotonapon – FN.

5.7 Zadatak, Dimenzioniranje invertera:

Fotonaponski sistem od 11kWp treba se spojiti na inverter od 8kVA na osnovu obračuna prinosa i na osnovu optimizacija. Međutim, operater distributivne mreže zahtjeva da inverter treba napajati induktivno $\cos(\varphi) = 0.9$.

Kako se mora dimenzionirati inverter kako bi gubici prinosa zbog ograničenja sistema ostali nepromijenjeni?

Inverter od 8kVA je odabran pod pretpostavkom da će se u mrežu predavati 8kW snage. Međutim, pretvarač od 8kVA može stvoriti samo 8kVA prividne snage.

Kako bi najveća aktivna snaga bila 8kW potrebno je odabrati sljedeću snagu invertera:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{S} \Rightarrow S = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{8kW}{0,9} = 8,9kVA$$

Za ostale informacije pogledajte poglavlja 5.5.11 i 6.4 skripte Fotonapon – FN.

5.8 Zadatak, Napon sistema/napon otvorenog kola:

Fotonaponski panel ima napon otvorenog kola $U_{OC}=64V$. Ima temperaturni koeficijent $T_{K,UOC}$ od $-0.18\%/^{\circ}C$. U planu spajanja nizova za fotonaponski sistem treba spojiti 14 panela u seriju.

Prilikom zadnje kontrole, prije puštanja u rad, pokazuje se nedostatak zbog previsokog napona u sistemu / napona otvorenog kola. Dokažite da je sistem ispravno konstruisan.

Bez ikakvih korekcija napon otvorenog kola iznosi: $U_{Gen} = U_{OC} \cdot n = 64,00V \cdot 14 = 896V$

$$\text{Var. 1} \quad U_{Gen,Max} = U_{OC,STC} \cdot n \cdot K_F$$

$$U_{Gen,Max} = 64,00V \cdot 14 \cdot 1,15 = 1.030,40V$$

$$\text{Var. 2} \quad U_{Gen,Max} = U_{OC,STC} \cdot n \cdot \left(1 + (T_{min} - T_{STC}) \cdot \frac{K_T \cdot U_{OC}}{100}\right)$$

$$U_{Gen,Max} = 64,00V \cdot 14 \cdot \left(1 + (-5^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0.18\%/^{\circ}C}{100}\right) = 944,38V$$

Fotonaponski paneli kojeg ste koristili su napravljeni i konstruisani za napon sistema od 1.500V. Vi koristite inverter iz zadatka 5.5. Mijenja li se nešto?

Ne, inverter je konstruisan za maksimalnu snagu otvorenog kola od 1.000V. Sve korištene komponente moraju biti konstruisane za maksimalni napon otvorenog kola od 1.500V.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 6.4.4 skripte Fotonapon – FN.

5.9 Zadatak, Napon sistema/napon otvorenog kola:

Koliko se smije maksimalno fotonaponskih panela firme *Megasol*, tip *M300-60-b U40b* može spojiti u seriju ako je $T_{K,UOC}=-0.18\%/^{\circ}C$ na mjestu gdje se system spaja? Dokažite da se smiju spojiti 23 panela u seriji!



$$\text{Var. 1} \quad U_{Gen,Max} = U_{OC,STC} \cdot n \cdot K_F$$

$$U_{Gen,Max} = 38,90 V \cdot 23 \cdot 1.20 = 1.073,64V$$

$$\text{Var. 2} \quad U_{Gen,Max} = U_{OC,STC} \cdot n \cdot \left(1 + (T_{min} - T_{STC}) \cdot \frac{K_T \cdot U_{OC}}{100}\right)$$

$$U_{Gen,Max} = 38,90 V \cdot 23 \cdot \left(1 + (-15^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot \frac{-0.26\%/^{\circ}C}{100}\right) = 987,749V$$

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 6.4.4 skripte Fotonapon – FN.

5.10 Zadatak, Osigurači nizova:

Koliko fotonaponskih panela korištenih u zadatku 5.9 se smiju paralelno povezati bez osigurača niza? Koja je dozvoljena maksimalna i minimalna vrijednost struje osigurača? Ima li inače nešto o čemu treba voditi računa?

Panel ima kapacitet povratne struje od 20A.

Maksimalni kapacitet osigurača niza je u tehničkom listu o podacima naveden sa 16A. Minimalni osigurač za niz nije definisan, isti se obračunava prema:

$$\text{Teoretski: } I_o = 1,5 \cdot I_{sc} = 14,41A$$

Kapacitet povratne struje je premašen čim se više od 3 panela spoje paralelno (vidi proračun).

To znači da se osigurači moraju koristiti u skladu sa gornjim proračunom/odabirom.

$$I_{\text{povratna}} = I_{sc,STC} \cdot 1,25 \cdot (n - 1) = 9,61A \cdot 1,25 \cdot (3 - 1) = 24,025 A$$

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 6.5 skripte Fotonapon – FN.

5.11 Zadatak, FN sistem za posebne slučajeve:



Zadatak prema želji vlasnika sistema koji želi da se sve postojeće fotonaponske komponente zamjene prikladnim, dozvoljenim komponentama i na taj način da se sistem optimalno inovira. Koje su, po vama zamke ovog posla?

Kako je sistem idelano orijentiran prema jugu (0° odstupanja od azimuta) i sa 70° relativne kosine, ova instalacije je prosječna godišnja proizvodnja oko 1.700kWh/kVA.

Pitanje je sada koje komponente su prikladne i dozvoljene za ovaj sistem? Ne zaboravite da se objekat nalazi na 3.883m n.v. Koje izazove očekujete? Odgovorite sa potrebnom stručnom kompetencijom.

Zbog ekstremne visine i nagiba ovdje nije moguće koristiti standardni panel. Usisni momenti vjetra i pritisak nisu standardni. Trebalo bi potražiti savjet od proizvođača panela radi ugradje odgovarajućih, certificiranih i dozvoljenih komponenti.

Ovo se ne odnosi samo na panele već i na tip invertera. Gotovo svi inverteri imaju maksimalnu visinu iznad morske površine na kojoj se isti mogu/smiju koristiti.

Podaci proizvođača su u ovom slučaju obavezujući i mora ih se pridržavati.

Osnove fotonapona – radna knjiga

5.12 Zadatak: FN sistem za ravni krov:

Na ravnom krovu stambene zgrade treba ugraditi fotonaponski sistem za poznati tip invertera i panela?

- Koji je maksimalni, a koji minimalni broj panela u jednom nizu?
- Koliko maksimalno paralelnih nizova se smije priključiti na inverter?

Obavite obračune sa sljedeća dva proizvoda.

- FN panel: M300-60-b U40b (QR kod kod zadatka 5.9)
- Inverter: FRONIUS ECO 27.0-3-S (QR kod kod zadatka 5.5)

Predložite konfiguraciju (broj panela po nizu, broj nizova), tako da sistem prima snagu od 30kWp.

Sa maksimalno dozvoljenim naponom otvorenog kola od 1.000V su maksimalna moguća 22 panela u seriji (bez obračuna s korekcijskim faktorom specifičnim za panel).

Početni napon od 650V DC se postiže kod 20 panela u seriji. Sa tih 20 panela se nalazimo također u MPP području.

Inverter raspolaže jednim jedinim MPP trekerom. Maksimalna ulazna struja se navodi sa 47,70A i već postoji montiranih 6 DC priključaka (+/-). Sa radnom strujom od 9,26A i rezervnim faktorom od 1,25 su moguća 4 paralelno spojena niza prije nego se prekorači maksimalna ulazna struja.

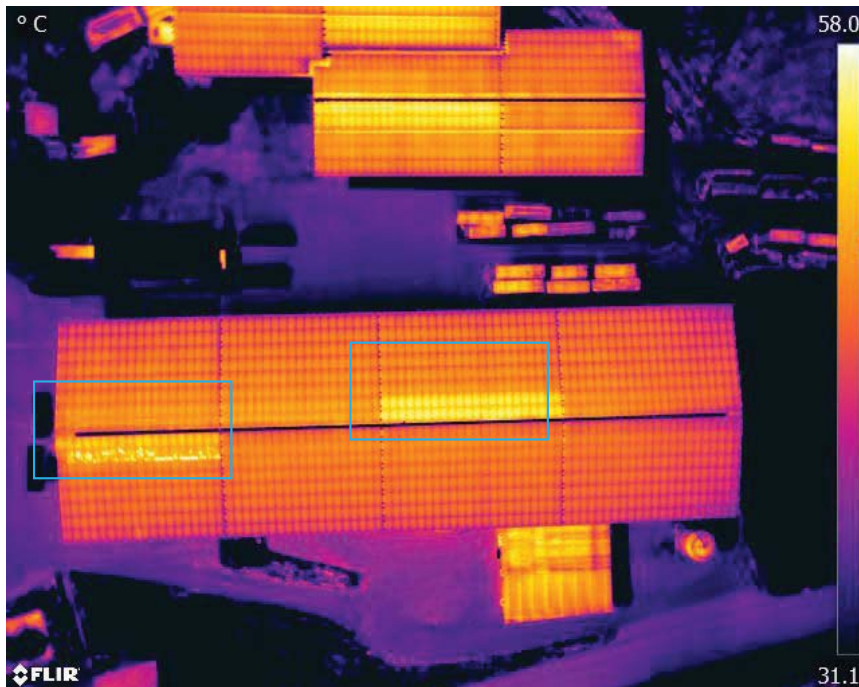
Sa 4 niza, svaki po 22 panela sa 300Wp snage je moguće maksimalno 26,40kWp prije nego se prekorači parametar struje ili napona.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 6.4 skripte Fotonapon – FN.

5.13 Zadatak, Osiguranje kvalitete nizova:

Pored propisanih kontrola postoje i fakultativne kontrole koje služe više osiguranju kvalitete nego zaštiti lica i stvari.

Na ovoj infracrvenoj snimci koju je snimio dron, imamo više grešaka/nedostataka, ali dvije sasvim tipična i specifična nedostatka. Pokušajte zajedno, kroz diskusiju sa kolegama zaključiti šta je ovdje problem/greška?



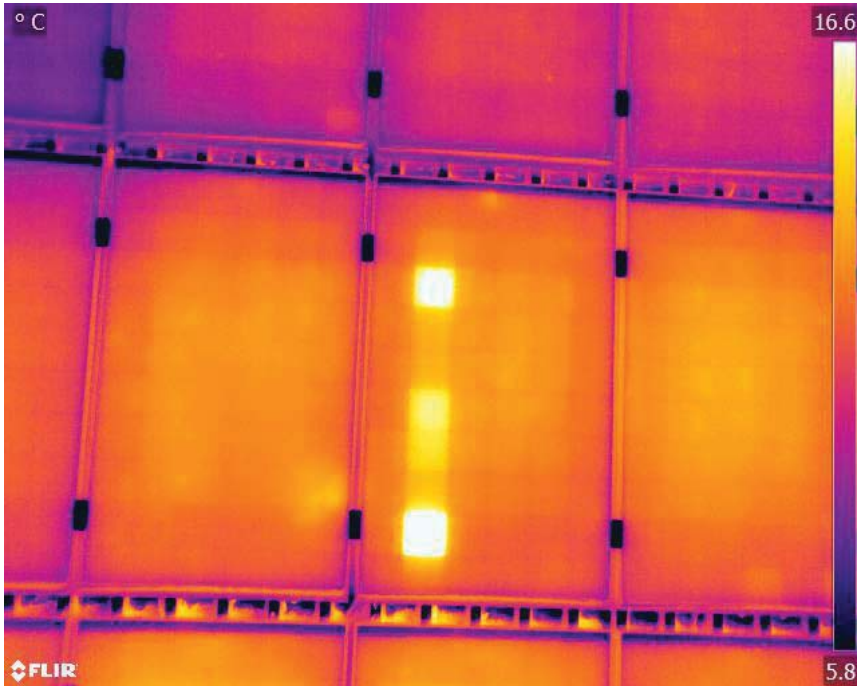
Kratki spoj: U lijevom pravougaoniku se nalazi fotonaponski niz u kratkom spoju. To znači da je, ili došlo do pogreške u kabliranju ili je došlo do kratkog spoja na ulazu invertera u MPPT. To rezultira ovim nedefinisanim uzorkom u obliku šahovske ploče. Slabe ćelije sjaje najsvjetlije.

Isključen niz: U desnom pravougaoniku fotonaponski niz miruje, nije spojen. Budući da se elektromagnetno zračenje (svjetlo) ne može konvertirati u električnu energiju i struja se ne može distribuirati, temperatura niza u stanju mirovanja je veća od struje niza u toku rada.

5.14 Zadatak, Osiguranje kvaliteta panela:

Jedan sličan slučaj, ovaj put na nivou panela. Šta bi ovdje mogla biti greška?

Kroz diskusiju sa kolegama odgovorite kako to da je samo ovaj panel upadljiv, a oni lijevo i desno nisu.



I ovdje najslabije ćelije sjaje najsvjetlije, ali ovaj put ipak zbog osjenčenja. Vjerovatno su ćelije zaprljane, npr. lišćem sa drveća ili ptičijim izmetom i zbog toga ne indukuju napon jednak naponu istalih panela. Povećava se njegova temperatura.

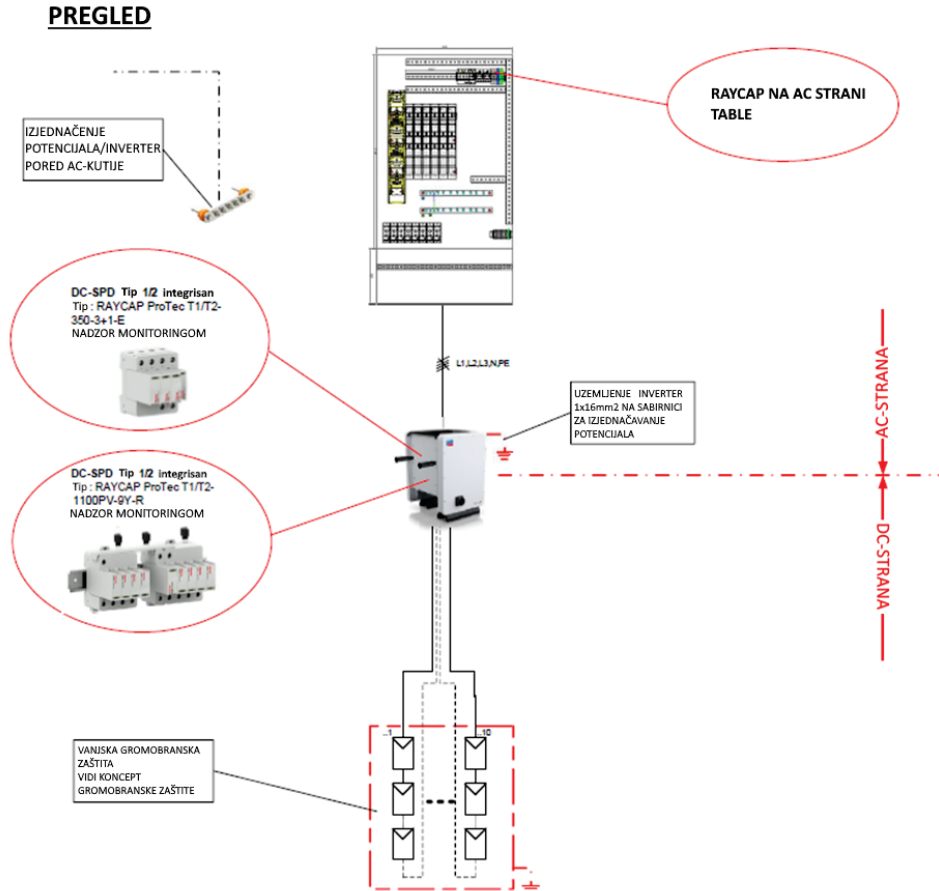
Zbog osjenčenja ćelija ne može proizvoditi napon, ipak je postojeći naponski potencijal na prednjoj i stražnjoj ćeliji dovoljno visok kako bi iz njega tekla umanjena struja.

6 Uzemljenje, izjednačenje potencijala i gromobranska zaštita

6.1 Zadatak, koncept gromobranske zaštite i zaštite od prenapona

Ispravna gromobranska zaštita , odnosno, zaštita od prenapona treba biti dobro prethodno isplanirana.

Kakva je sljedeći konceptu? Odgovara li standarnim uslovima postavljanja zaštita ili bi se moglo uradili nešto drugačije?



Za ostale informacije pogledajte poglavlje 7 skripte Fotonapon – FN.

6.2 Zadatak, LPS žica na šini FN sistema:



LPS bakrena okrugla žica je ovdje povezana sa aluminijskom profilnom šinom.

Da li je ovaj spoj ovako montiran ispravan?

Da li može pružiti gromobransku zaštitu i odgovara li standardu za ovakve zaštite?

Korozija je, iz tehničke perspektive gledano, reakcija materijala s okolinom, koja dovodi do mjerljive promjene u samom materijala.

To znači da, kada postoje dva različita metala, jedan metal se razgrađuje. Npr. kontakt bakra s aluminijem bez odgovarajuće kleme dovodi do degradacije materijala, "neplemenitog metala", u ovom slučaju aluminija.

Zbog toga bi se trebali izbjeći mehanički spojevi između metala sa različitim potencijalima.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 7.4.3 skripte Fotonapon – FN.

6.3 Zadatak, Kritična dužina vodova:

U zadatku 1.7 smo pomoću švicarskog solarnog katastra izračunali električne parametre jednog mogućeg fotonaponskog sistema u našem mjestu boravka. Ali kuća/zgrada u kojoj boravite ne raspolaže vanjskom gromobranskom zaštitom.

Da li se sad mogu ili moraju DC vodovi obezbijediti prenaponskom zaštitom ili je dovoljna kritična dužina kablova kao jedina zaštitna mjera?

Ukoliko je odgovor da, koliko je aktualne kritična dužina vodova kod Vas?

Kritična dužina voda se mora izračunati odvojeno na osnovu lokacije prema poglavlju 7.4.2.1 u skripti Osnove fotonapona. Alternativno se može za Švicarsku računati sa prosječnom vrijednosti od 30m. Slično je i za sjeverne dijelove BiH.

Ako stambeni objekat nema plan gromobranske zaštite ne moram se nužno postaviti prenaponske zaštitne uređaje ukoliko isti vodovi nisu duži od 30 metara.

Ova mjera je dovoljna kao zaštitna mjera, radi se pri tome o analizi rizika.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 7 skripte Fotonapon FN.

7 Električni priključak fotonaponskog sistema

7.1 Zadatak, Odobrenja/saglasnosti:

Pri karaju se uspješnog stručnog obrazovanje za montera fotonaponskih sistema. Da li smijete odmah nakon završetka škole direktno instalirati kompletan fotonaponski sistem, priključiti ga i predati klijentu, ili su potrebna izvjesna odobrenja/saglasnosti?

Nažalost ne, još ne. Svaki sistem, preduzeće ili svako lice – u ovisnosti od situacije – treba odobrenje/saglasnost. Postoje odobrenja za firme, ali i za privatna lica.

Tek sa jednim takvim odobrenjem(npr. u Švicarskoj je to inspektorat za jaku struju) je dozvoljeno instalirati, pokrenuti i kontrolisati rad jedan fotonaponskog sistem.

Bez odobrenja se smije samo postaviti mehanička konstrukcija i povezati paneli koji su spremni za rad. Sva ostala instaliranja rade ovlaštene, certificirane osobe.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 8.1 skripte Fotonapon – FN.

7.2 Zadatak, Zahtjev za tehnički priključak/prijava instalacije:

Ispunite za već završeni zadatak 6.4 odgovarajući Zahtjev za tehnički priključak i prijavu instalacije. Nedostajuće podatke morate definirati pomoću Vašeg iskustva. Kao opće podatke o klijentu možete uzeti Vaše vlastite.



Za ostale informacije pogledajte poglavlje 8.4 skripte Fotonapon – FN.

7.3 Zadatak, protokol o mjerenju

Ispunite prema zadatku 5.4 i 7.2 odgovarajući protokol o mjerenju što je više moguće.

Kakve mjerne vrijednosti očekujete od DC mjerenja prema kategoriji 1 pri današnjim vremenskim prilikama?



Šta je vjerovatno? Jesu li Vam potpuno jasna sva polja u protokolu o mjerenju?

Sljedeća mjerenja kategorije 1 prema SN EN 62446-1 se moraju provesti:

- Ispitivanje zaštitnog izjednačavanja potencijala / uzemljenja
- Ispitivanje napona otvorenog kola
- Ispitivanje polariteta
- Ispitivanje struje kratkog spoja
- Ispitivanje izolacijskog otpora
- Ispitivanje radnog napona (fakultativno)
- Ispitivanje radne struje (fakultativno)

Mjerenja jako puno ovise o vremenskim prilikama, napon prije svega o temperaturi, a struja u prvoj liniji o ozračivanju.

Za ostale informacije pogledajte poglavlje 8.5 skripte Fotonapon – FN.

CARITAS Schweiz
Suisse
Svizzera
Svizra

cee
centar za ekologiju i energiju

Radna knjiga je prevedena na bosanski jezik u okviru projekta "Solarna energija za Tuzlu" koji realizira Centar za ekologiju i energiju u saradnji sa Ministarstvom obrazovanja i nauke Tuzlanskog kantona, Građevinsko- geodetskom školom iz Tuzle, Elektrotehničkom školom iz Tuzle i Švicarskim Caritas-om, REPIC-om, Swisslos Kantonom Basel-Landschaft, Förderverein-om i Polybau školom.

Radna knjiga je štampana u okviru projekta "Inovacije u EE i OE za bolje prilagođavanje klimatskim promjenama i smanjenje siromaštva" uz podršku Švicarskog Caritasa.



SWISSLOS

REPIC
Renewable Energy
Energy- & Resource Efficiency
Promotion in
International
Cooperation