

Primjena mikroizmjenjivača u fotonaponskoj elektrani

Rupnjak Kanfanar

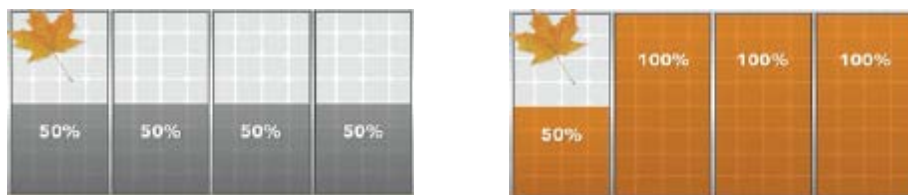
Većina osoba angažiranih u sustavu proizvodnje komponenata, projektiranja i izgradnje fotonaponskih elektrana koriste standardne AC/DC izmjenjivače. Značajke i prednosti mikroizmjenjivača slabo su poznate.

AC fotonaponski moduli, s mikroizmjenjivačem u funkciji priključne kutije pospješit će prijelaz iz DC u čiste AC fotonaponske sustave. Neće biti potrebni DC/AC izmjenjivači, razvodni ormarići s DC osiguračima i DC odvodnicima prenapona. Eliminiranje opasnosti od visokog napona 500 - 800 V DC, doći će do izražaja posebice pri ugradnjama na krovu. Primjenom mikroizmjenjivača postiže se veća sigurnost (naponi koji se pojavljuju pri instalaciji na DC strani su manji od 50 V.). Smanjena je opasnost od el. luka uslijed tehničkih propusta na DC strani (nekvalitetni kabeli ili loše pričvršćeni konektori.)

Projektiranje i izvedba takvog fotonaponskog sustava svodi se na projektiranje jednofazne ili trofazne el. instalacije. Svakako, nužno je i dalje primjenjivati sva pravila sigurnosti za zaštitu pri radu na niskonaponskim električnim instalacijama.

Primjenom AC sustava uklanjaju se gubici koji nastaju zbog neusklađenosti fotonaponskih modula spojenih u seriju, a kod DC sustava i gubici zbog pada napona u DC kabelima. Uklanjaju se teškoće koje nastaju prilikom usklađivanja broja i tipa modula u nizu i paralelnom spoju. Sve to posebice u slučajevima kada se projektira jedan tip, a ugrađuje drugi tip DC/AC izmjenjivača.

AC sustav s mikroizmjenjivačima je fleksibilan i otporan na sjenčanje. Ako je jedan modul u sjeni, neće prouzrokovati grešku u cijeloj grani.



Za spajanje sustava s mikroizmjenjivačima potrebno je uložiti manje vremena, naročito u slučaju primjene konektora tvornički opremljenih spojnih 0,6/1 kV kabela.

Primjena mikroizmjenjivača neće biti ograničena samo na manje i jednostavne sustave na krovovima postojećih građevina, nego će naći svoje mjesto na okretnim sustavima – pratiteljima sunčeve putanje (trekeri) i stalnim fotonaponskim elektranama većih snaga.

Upravo je kod mikroizmjenjivača moguće najveće (optimalno) iskorištenje U-I značajki, budući da za svaki modul postoji po jedan MPPT (Max Power Point Tracking).

Kod standardnih instalacija koriste se izmjenjivači DC/AC s jednim ili dva MPPT. U slučaju FNE snage 10 kWp, s jednim izmjenjivačem, s modulima raspoređenim na dvostrešnom krovu ("dvije vode"), svaki MPPT će dobivati podatke iz polovine od ukupnog broja instaliranih modula.

Za 5 kWp, u slučaju primjene modula snage 250 W, biti će instalirano 20 modula. MPPT izmjenjivač će koristiti prosječnu vrijednost U-I značajki za 20 modula.

Tehnologija koju primjenjuju proizvođači mikroizmjenjivača, omogućava on-line, praćenje rada na web-u za cijelu elektranu kao i svakog modula (mikroizmjenjivača) posebno.

Vrijednosti i prednosti mikroizmjenjivača prepoznali su i najpoznatiji svjetski proizvođači standardnih DC/AC izmjenjivača. Nakon što su nezavisni manji proizvođači počeli osvajati tržište, iznenada su 2011. i 2012. godine i poznati proizvođači izašli na tržište. Izravnom ugradnjom pojedinačnog mikroizmjenjivača, njihovi partneri - proizvođači modula stvorili su novi proizvod - AC modul.

Proizvođači standardnih izmjenjivača za svoje proizvode uobičajeno pružaju 5 - 10 godišnje jamstvo, dok proizvođači mikroizmjenjivača pružaju 25 godišnje jamstvo, a to odgovara i životnom vijeku modula.

Opis fotonaponske elektrane Rupnjak Kanfanar

Planirana vršna snaga sunčane elektrane (SE) na točki priključenja na mrežu HEP-a je 29,77 kWp, što ju svrstava u grupu postrojenja 1.a.2 (od 10 kW do 30 kW),.

Potencijal Sunčane energije na lokaciji SE Rupnjak odredili smo na temelju dostupnih podataka na PVGIS © European Communities, 2001-2007, <http://sunbird.jrc.it/pvgis/>.

Za lokaciju na kojoj je planirana SE Rupnjak, 45°7'10" sjever i 13°50'26 istok:

- prosječno godišnje sunčevo zračenje na površini dvoosnog pratitelja sunčeve putanje je oko 2080 kWh/m².

Fotonaponski moduli kao osnovni elementi sunčane elektrane, postavljeni su na krov postojeće građevine i na pet pratitelja sunčeve putanje (trekera) dim 6,7 x 5,0 m. Najveća visina gornje ivice pratitelja sunčeve putanje iznad zemlje je manja od 6,0 m.

Godišnja proizvodnja el. energije, osim o potencijalu Sunčane energije, ovisi o kakvoći i iskoristivosti fotonaponskih modula i načina usmjeravanja modula. U SE Rupnjak je usmjerenje i nagib definiran konstrukcijom dvoosnog pratitelja sunčeve putanje i lokacijom u prostoru. Iskoristivost dvoosnog pratitelja sunčeve putanje u odnosu na čvrstu montažu modula s povoljnim kutom nagiba (25° - 30°) je veća od 25%.

Generator sunčane elektrane predstavljaju fotonaponski moduli snage 250 Wp koji se pričvršćenjem na nosače i međusobnim spajanjem odgovarajućim kabelima, grupiraju u niz paralelno spojenih modula. Za svaki modul predviđen je po jedan mikroizmjenjivač koji pretvara istosmjernu u izmjeničnu struju. Najveća dozvoljena ulazna snaga primijenjenog mikroizmjenjivača je 270 Wp, a najveća izlazna snaga je 227 W u idealnim uvjetima (STC 1000 W/m², AM 1,5 i 25°C)

Na jednom dvoosnom pratitelju sunčeve putanje urađeno je 5x4 modula čime se dobiva jedan panel od 20 modula. Na 5 pratitelja sunčeve putanje ugrađeno je ukupno 100 modula. Na krovu ugrađeno je 8x3 modula čime se dobiva jedan panel od 24 modula.

Izmjenjivači (mikroinverteri) imaju značajke koji zadovoljavaju poznate odredbe iz Pravila i Pravilnika, što je dokazano i pravilnim ispitivanjem za vrijeme probnog rada u srpnju 2012.g.:

- sinkronizacija je automatska
- uvjeti kakvoće napona odgovaraju normi EN 50160
- EMC kompatibilnost odgovara IEC 61000-X-X
- utjecaj elektrane na ukupni THD na mjestu priključenja na 0,4 kV mrežu je manji od 2,5%
- onemogućeno je utiskivanje istosmjerne struje u mrežu (1 A; 0,2 s)

Ostali uvjeti na razini priključka elektrane na mrežu:

- razlika napona manja od $\pm 10\%$ od U_n ($U_n = 3 \times 400/230$ V, 50 Hz)
- razlika frekvencije manja od $\pm 0,5$ Hz ($f_n = 50$ Hz)

postignuti su ugradbom releja ($U <$, $U >$, $< f$, $> f$) koji, u slučaju promjena nazivnih veličina ili nestanka napona samo i u jednoj fazi, isključuje 3p sklopnik 100 A, 800 V i odvaja kompletnu FNE od mreže.

Za potrebe ručnog isklapanja za slučaj hitnosti ili održavanja, ugrađena je sklopka 100 A, 800 V u posebnom ormariću.

Moduli su pričvršćeni na aluminijske nosače posebne izvedbe odgovarajućim spojnim materijalom usklađenim s uvjetima proizvođača modula.

Težinu, oblik, način ugradnje i položaj potkonstrukcije, kao i težinu i površinu sustava modula FN elektrane proizvođač je uzeo u obzir prilikom dimenzioniranja osnovnog nosača dvoosnih pratitelja sunčeve putanje i tipskih plivajućih temelja. Dvoosni pratitelj sunčeve putanje pričvršćen na armiranobetonski temelj koji je pokretna građevina, a postavljen je na izravnatu površinu terena.

Na jednom dvoosnom pratitelju sunčeve putanje predviđeno je spajanje petožilnim (L1,L2,L3,N,PE) 1 kV kabelima dva ogranka po 10 mikro izmjenjivača. Primijenjeni su tipski 0,6/1 kV kabeli s konektorima.

Od svakog razvodnog ormarića dvoosnog pratitelja putanje sunca do razvodnog ormarića položeni su po 1 kV kabel FG70R 5G6 mm².

Na krovu, u jednom ogranku predviđeno je spajanje 8 jednofaznih mikroizmjenjivača 1 kV trožilnim kabelima (L,N,PE). Primijeniti će se tipski proizvedeni 0,6/1 kV kabeli s konektorima.

Tri ogranaka će se grupirati i spojiti u razvodnom ormariću u simetrični trofazni sustav. Od razvodnog ormarića krova do razvodnog ormarića RO2 položiti će se 1 kV kabel FG70R 5G6 mm².

Priključak SE Rupnjak u NN mrežu distribucije izveden je 0,6/1 kV kabelom FG70R 5G50 mm².

Zaštite u instalaciji sunčane elektrane

Zaštita kabela od nadstruja izvršena je isklapanjem osigurača.

Zaštita od neizravnog dodira metalnih masa izvršena je primjenom RCD 0,3 A u sustavu TN-C-S.

Zaštita od munje i ostalih prenapona izvršena je ugradbom pravilno dimenzioniranih uređaja SPD i ispravno položenih i spojenih uzemljivača. Glavni uzemljivač je uže Cu 50 mm².

U slučaju promjena nazivnih napona i nazivnih frekvencija izvan područja dozvoljenih mrežnim pravilima i uvjetima HEP-a, izmjenjivači će odvojiti elektranu od distribucijske mreže za vrijeme manje od 0,2 s.

Ponovno uključenje nakon stabiliziranja napona, uslijedit će u vremenu usklađenim sa značajkama mreže i uvjetima HEP-a.

Za odvajanje cjelokupne elektrane od mreže, predviđen je zaštitni relej ($U<$, $U>$, $f<$, $f>$) koji će isključiti glavni sklopnik (u funkciji generatorskog prekidača) u ormariću RO1.

Priključak 1 kV kabela razvodnog ormarića RO1 na postojeću NN mrežu distribucije 3x400/230 V, 50 Hz izveden je u novom ormariću KPMO, pored postojećeg SSRO. U ormariću KPMO je ugrađen osigurač-rastavna sklopka za odvajanje od FNE Rupnjak, oprema za mjerenje električne energije i osigurač - rastavna sklopka za odvajanje od NN mreže HEP-a. Osigurač rastavna sklopka za odvajanje FNE Rupnjak je 4-polna, s tim da se za neutralni vodič koristi kratkospojnik.

Nadzor nad radom sunčane elektrane

Za potrebe daljinskog nadzora rada sunčane elektrane primijenjen je odgovarajući nadzorni sustav.

Nadzorni sustav rada modula FNE omogućava stalni pristup podacima putem WEB-a (Internet). Za kontrolu ispravnog rada doosnih pratitelja putanje sunca koristi se tvornički proizvedeni sustav.



Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 45°7'10" North, 13°50'26" East, Elevation: 294 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 5.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature: 9.2% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 7.0%

Combined PV system losses: 18.0%

Fixed system: inclination=25°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	9.11	282	2.13	65.9
Feb	12.10	338	2.85	79.8
Mar	16.20	503	3.98	123
Apr	19.90	597	5.00	150
May	21.40	663	5.56	172
Jun	23.80	715	6.33	190
Jul	25.10	777	6.71	208
Aug	22.80	707	6.06	188
Sep	19.90	597	5.13	154
Oct	13.40	415	3.33	103
Nov	9.50	285	2.29	68.6
Dec	6.95	216	1.63	50.6
Yearly average	16.7	508	4.26	129
Total for year	6090		1550	

2-axis tracking system				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	12.40	386	2.95	91.3
Feb	15.60	437	3.72	104

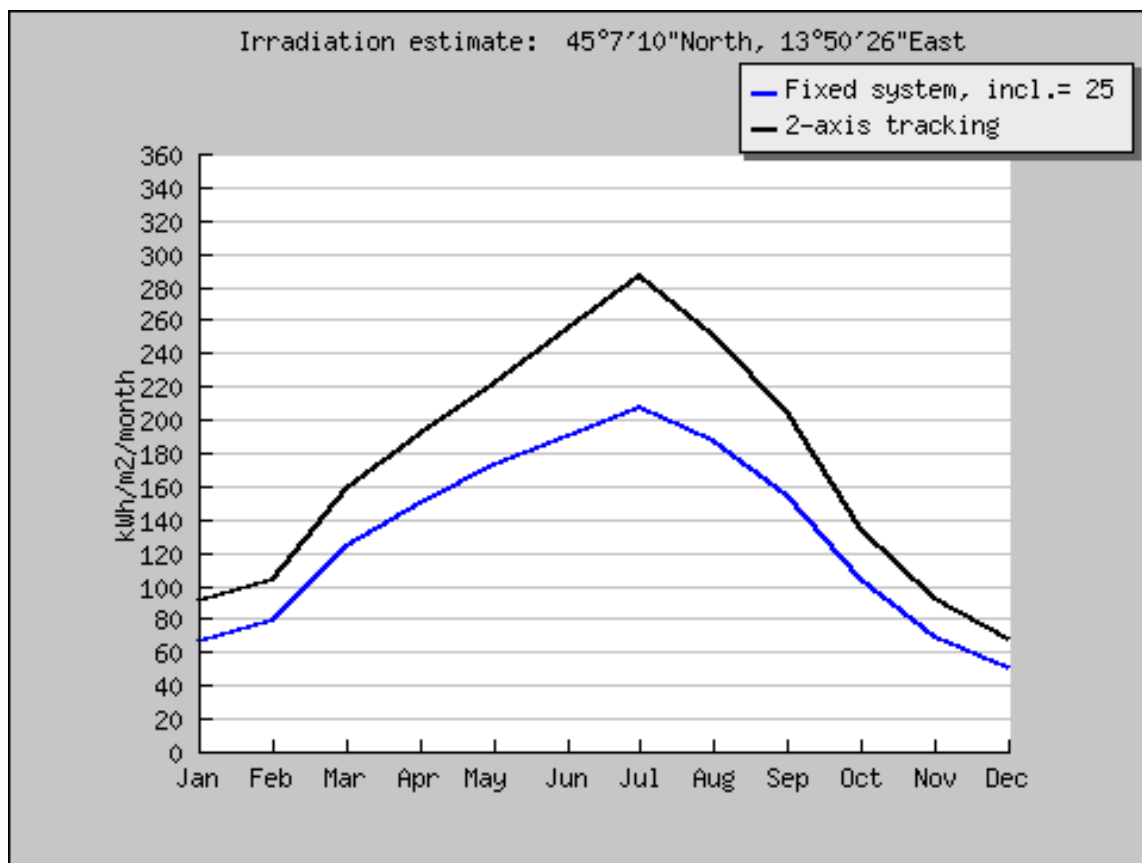
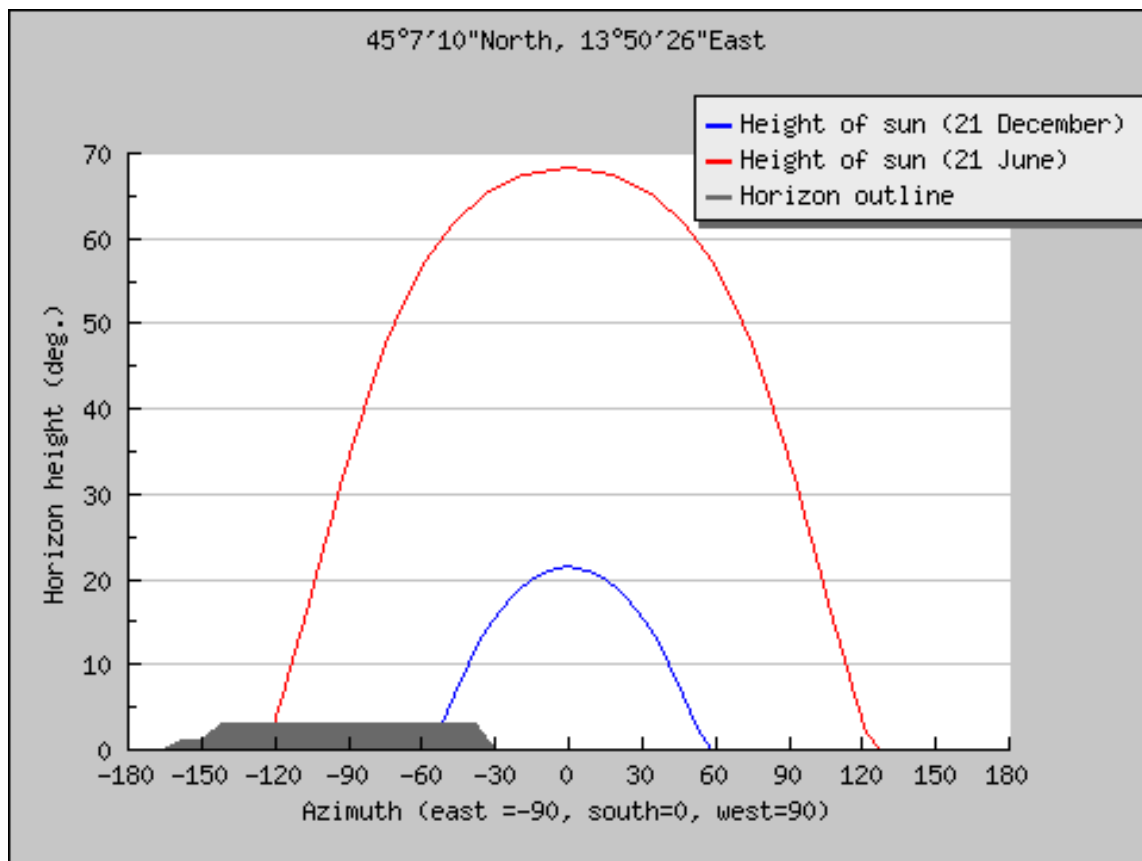
Mar	20.80	644	5.11	158
Apr	25.50	764	6.37	191
May	27.70	860	7.14	221
Jun	32.40	972	8.51	255
Jul	34.80	1080	9.23	286
Aug	30.60	949	8.08	250
Sep	26.50	794	6.83	205
Oct	17.30	536	4.31	134
Nov	12.60	379	3.07	92.2
Dec	9.22	286	2.20	68.2
Yearly average	22.2	674	5.64	171
Total for year	8090		2060	

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m^2)

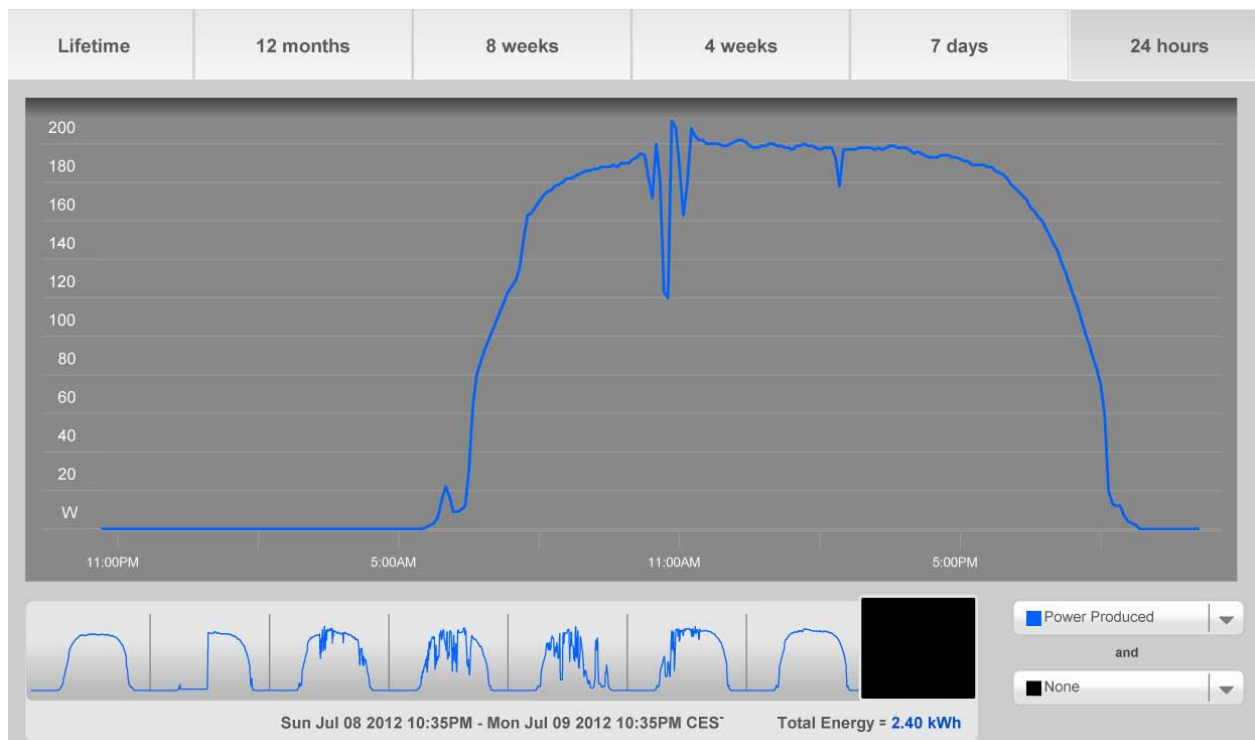
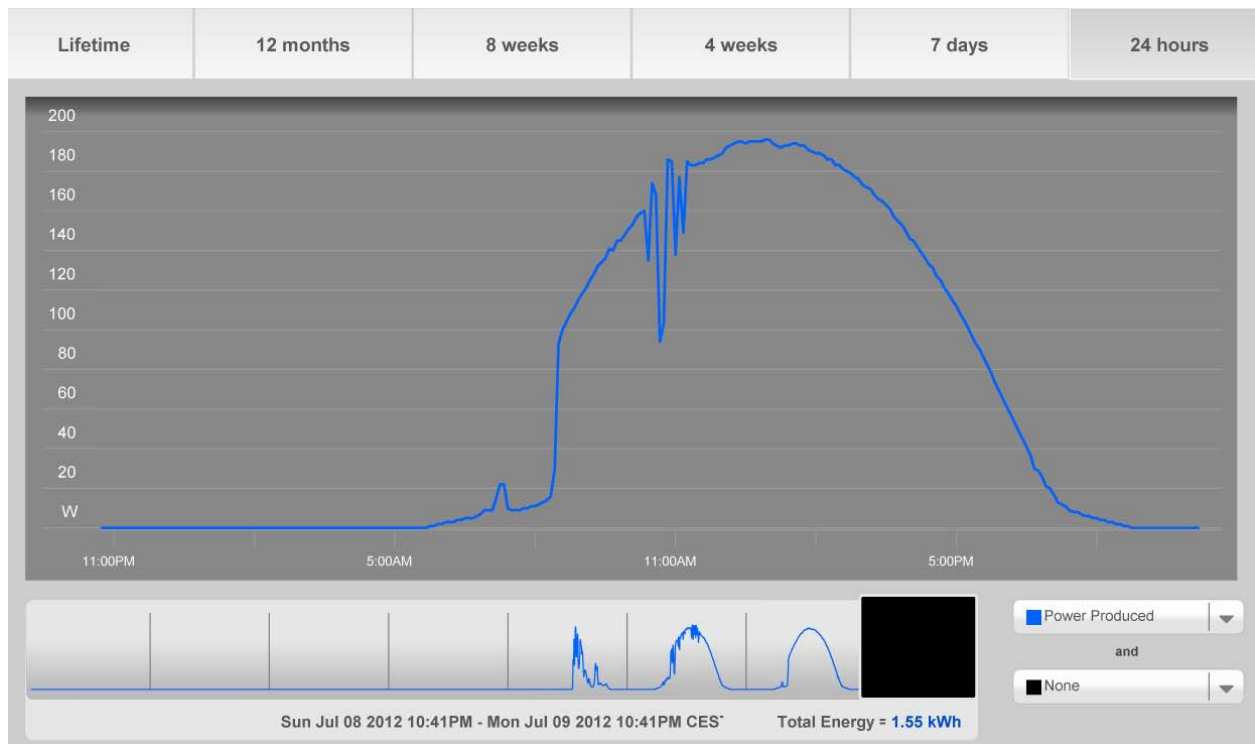


PVGIS ©

European Communities, 2001-2010

Reproduction is authorized, provided the source is acknowledged

See the disclaimer [here](#)



Dnevna proizvodnja jednog modula od 250 Wp 19.08.2012. pri temperaturu zraka 35°C

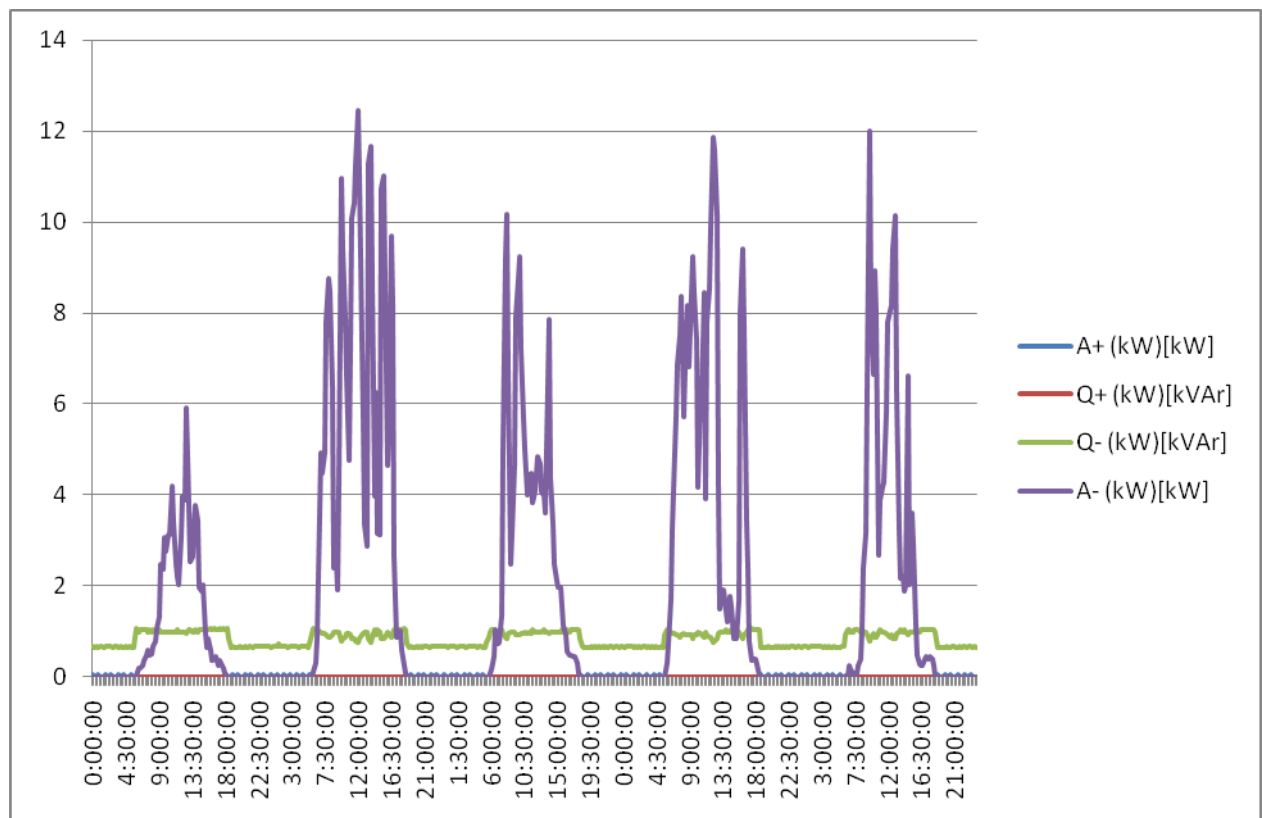
Na dvoosnom pratitelju sunčeve putanje je 2,12 kWh

Na krovu postavljen na tipskom nosaču s nagibom 20° je 1,40 kWh

Razlika je 51,4 %, odnosno modul na dvoosnom pratitelju sunčeve putanje proizvodi 51,4% više energije

Temperatura mikroizmjenjivača na dvoosnom pratitelju sunčeve putanje je 51,5° C, a ugrađenog uz modul na tipskoj konstrukciji – nosaču iznosi 54,29°C.

Pored proizvodnje radne električne energije sustav s mikroizmjenjivačima proizvodi i kapacitivnu jalovu energiju. Ostaje otvoreno pitanje valorizacije kapacitivne jalove energije u dvojnomo statusu: kao proizvođač i potrošač u distribucijskom mrežnom sustavu Republike Hrvatske uz primjenu najnovijih sustava mjerenja električne energije koji se u EU proizvode i primjenjuju.



Mario Červar