

SONČNA ELEKTRARNA „STUDENTSKI RESTORAN VARAŽDIN”

Dunja SRPAK, Ivan ŠUMIGA, Sandra STIJAČIĆ

POVZETEK

Članek opisuje glavne elemente sončne elektrarne, zgrajene na strehi študentske restavracije v Varaždinu, predvsem uporabljene omrežne pretvornike. Ob tem je prikazan način povezave fotonapetostnih modulov s pretvorniki in inštalacijo uporabnika. Na koncu tega članka je pregled proizvodnje električne energije v prvih petih mesecih delovanja.

ABSTRACT

This article describes the main elements of solar power plant built on the roof of the student restaurant in Varaždin, particular the used grid inverters. Moreover, the way of connecting the photovoltaic cells on grid converters and user's installation is presented. At the end of this paper there is a review of electrical energy production during first five month of operation.

1. UVOD

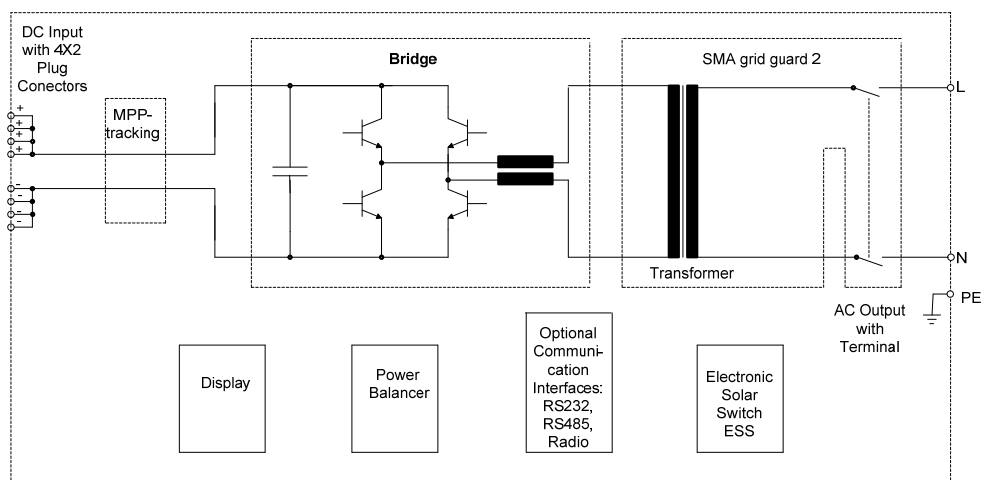
Tijekom 2014. godine je projektirana i izgrađena sunčana elektrana snage 68 kW koja se nalazi na krovu novoizgrađenog studentskog restorana u Varaždinu. Elektranu čine 274 fotonaponska modula po 270W_p odnosno ukupne snage 73,98 kW_p, četiri izmjenjivača po 17 kW odnosno ukupne snage 68kW i čelična konstrukcija sa aluminijskom podkonstrukcijom za montažu modula. Elektrana će se priključiti na glavni razdjelnik objekta. Sva proizvedena energija će se koristiti za vlastitu potrošnju, a eventualni višak će se predavati u mrežu. Srednja očekivana proizvodnja po kilovatu instalirane snage za fiksni sustav iznosi oko 1150 kWh godišnje.

2. IZMJENJIVAČI KORIŠTENI NA SUNČANOJ ELEKTRANI „STUDENTSKI RESTORAN VARAŽDIN”

Izmjenjivači koji se koriste za fotonaponske sustave prema topologiji se dijele na [6]:

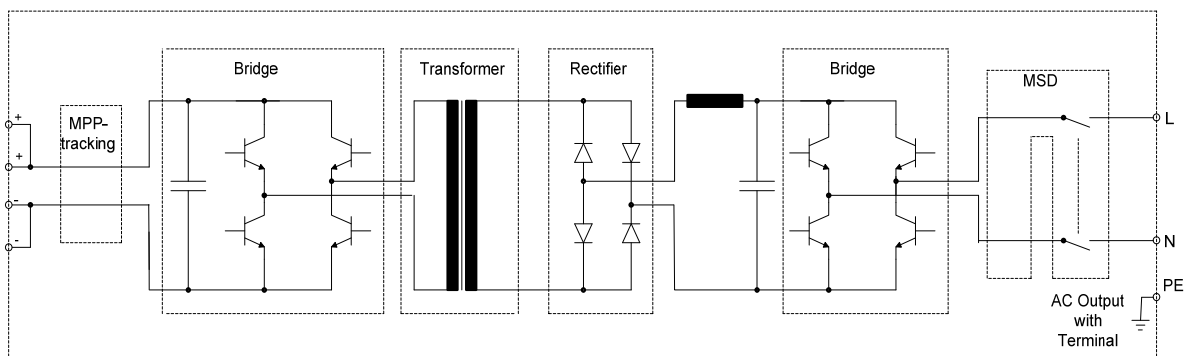
- izmjenjivače s niskofrekventnim transformatorom (engl. low frequency (LF) transformer inverter)
- izmjenjivače s visokofrekventnim transformatorom (engl. high frequency (HF) transformer inverter)
- izmjenjivače bez transformatora (engl. transformerless (TL) inverter).

Prva grupa izmjenjivača u izlaznom krugu sadrži iskofrekventni transformator (slika 1.), koji transformira izlazni napon u napon koji odgovara naponu elektroenergetske mreže. Uz transformaciju napona, transformatorom se ostvaruje galvansko odvajanje fotonaponskog generatora i elektroenergetske mreže. Glavne prednosti izmjenjivača s niskofrekventnim transformatorom su galvansko odvajanje ulaznog napona fotonaponskog generatora i izlaznog napona spojenog na elektroenergetsku mrežu, mogućnost projektiranja sustava sa izrazito niskim naponom fotonaponskog generatora, rasprostranjenost i pouzdanost, a nedostaci su veliki volumen i težina niskofrekventnog transformatora te gubitci zbog transformacije (magnetski i omski gubitci). Učinkovitost ovakvih izmjenjivača je oko 96%.



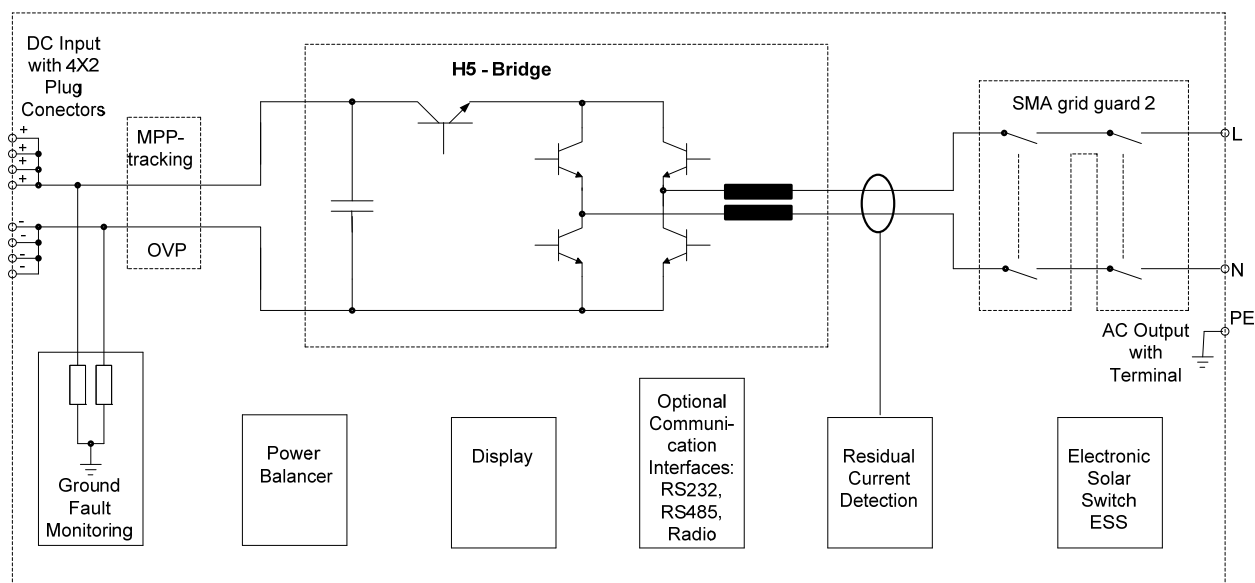
Sl. 1: Shematski prikaz izmjenjivača s niskofrekventnim transformatorom

Druga izvedba izmjenjivača su izmjenjivači sa visokofrekventnim transformatorom (slika 2.). Ova izvedba se sastoji od mosta pomoću kojeg se istosmjerni napon fotonaponskog generatora pretvara u izmjenični napon visoke frekvencije. Izlazni napon mosta se spaja na primar visokofrekventnog transformatora. Ispravljač na sekundaru visokofrekventnog transformatora ispravlja napon koji se potom drugim mostom opet pretvara u izmjenični napon frekvencije 50 Hz. Prednosti izmjenjivača s visokofrekventnim transformatorom u odnosu na izmjenjivače s NF transformatorom jesu mala masa i volumen visokofrekventnog transformatora dok su nedostaci kompleksna elektronika, manja pouzdanost i niža učinkovitost od tipično 94,5%.



Sl. 2: Shematski prikaz izmjenjivača s visokofrekventnim transformatorom

Uz izmjenjivače s transformatorom kod kojih su galvanski odvojeni fotonaponski generator i elektroenergetska mreža, postoji topologija izmjenjivača bez transformatora, odnosno bez galvanskog odvajanja (slika 3.).



Sl. 3: Shematski prikaz izmjenjivača bez transformatora

U ovoj izvedbi se koristi tzv. H5 topologija koja se od uobičajene topologije sa 4 poluvodičke sklopke razlikuje po jednoj dodatnoj sklopki. Razlog dodavanja te sklopke je što struja teče i u kratkom vremenu kada most ne vodi. Ta struja teče u reverznom smjeru, prema ulaznom kondenzatoru. Kako bi se spriječio prijenos energije u tom smjeru razvijen je novi koncept preklapanja sa 5 sklopki. Gubici uzrokovani tokom struje prema kondenzatoru su time znatno smanjeni, na oko 2%. Kako fotonaponsko polje i elektroenergetska mreža nisu galvanski odvojeni, potrebno je uključiti dodatnu zaštitu. Problem koji proizlazi izostavljanjem transformatora je injekcija istosmjerne struje. Iz tog razloga mjeri se iznos struje na izlazu izmjenjivača i ukoliko je ona veća od dozvoljenog iznosa, izmjenjivač signalizira kvar.

Prednosti izmjenjivača bez transformatora su visoka učinkovitost koja dostiže iznos od 98% i mala masa, a glavni nedostatak je što nema galvanskog odvajanja ulaza i izlaza.

Za predmetnu elektranu su odabrana 4 izmjenjivača **SUNNY TRIPOWER 17000TL** proizvođača SMA koja su postavljena na vanjski zid unutar objekta, iznad pomoćnog ulaza za osoblje (slika 4.). Izlazne električne karakteristike fotonaponskog polja u potpunosti odgovaraju ulaznim električnim karakteristikama izmjenjivača u cijelom temperaturnom opsegu rada elektrane.



Sl. 4: Pretvarači SMA Sunny Tripower 17000TL postavljeni na vanjskom zidu

Sunny Tripower 17000TL je izmjenjivač bez transformatora nominalne snage 17 kW i maksimalne učinkovitosti 98,20%. Izmjenjivač ima ugrađene napredne sigurnosne podsustave zaštite od izoliranog pogona, nadstrujne i prenaponske zaštite fotonaponskog polja, te bežičnu komunikaciju i prenaponsku zaštitu nizova modula. Na elektrani se koriste 4 izmjenjivača ukupne izlazne snage 68 kW.

Tehnički podaci ugrađenog pretvarača su [2]:

Maksimalna ulazna snaga DC	17410 W
Maksimalan ulazni napon DC	1000 V
Radno područje ul. napona DC	400 -800/ 600V
Maksimalna izlazna snaga AC	17000 kW
Nominalni izlazni napon AC	230/400V
Nominalna frekvencija iz. napona AC	50 Hz
Maksimalna izlazna struja AC	24,6 A
Maksimalna iz. struja kratkog spoja AC	50 A

3. OSTALI ELEMENTI SUNČANE ELEKTRANE

Za predmetnu elektranu su predviđeni monokristalni fotonaponski moduli te su nabavljeni standardni monokristalni fotonaponski moduli dimenija 1650x990x40 mm.

Tablica I: Karakteristike odabranih fotonaponskih modula

Tip sunčanih ćelija	Monokristalne
Broj ćelija	72
Nominalna snaga	270(P_{mm})W
Napon otvorenog kruga	38,60 (U_{ok})V
Struja kratkog spoja	9,43A
Nominalni napon	35,70V
Nominalna struja	7,61A

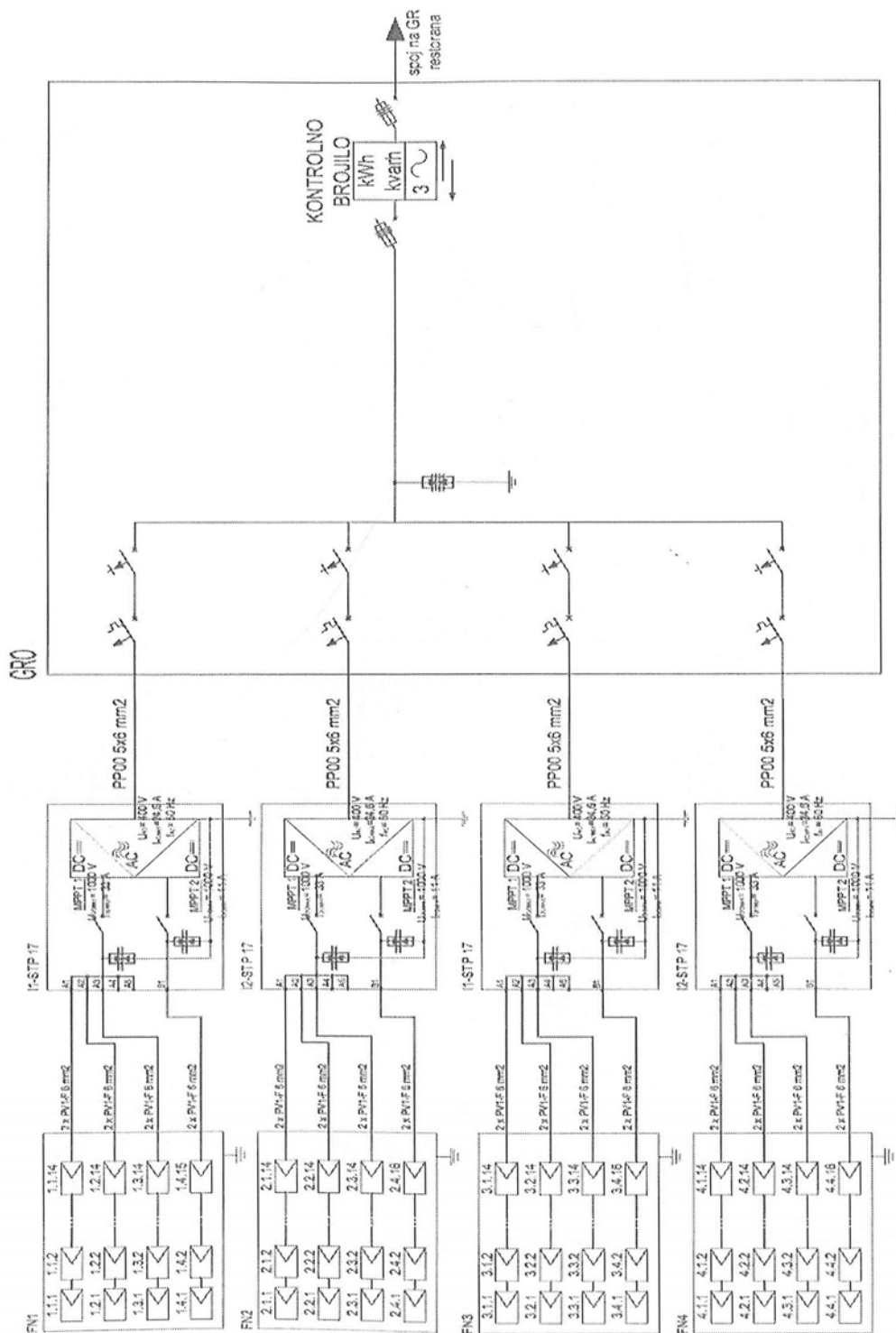
Fotonaponski moduli su postavljeni na čeličnu konstrukciju sa aluminijskom podkonstrukcijom za montažu modula (slika 5.) i spajaju se međusobno serijski. Od 17 do maksimalno 19 serijski spojenih modula može činiti jedan string. Takav string ima maksimalnu ukupnu snagu 5,12 kWp. Na jedan izmjenjivač snage 17 kW se spajaju tri stringa na ulaz A, a jedan na ulaz B, podijeljeni u skupine prema nacrtima u projektnoj dokumentaciji:

- izmjenjivač 1: 4 stringa x 17 modula
- izmjenjivač 2: 4 stringa x 17 modula
- izmjenjivač 3: 3 stringa x 17 modula + 1 string x 18 modula
- izmjenjivač 4: 3 stringa x 17 modula + 1 string x 18 modula.



Sl. 5: Solarni paneli montirani na krovu studentskog restorana u Varaždinu

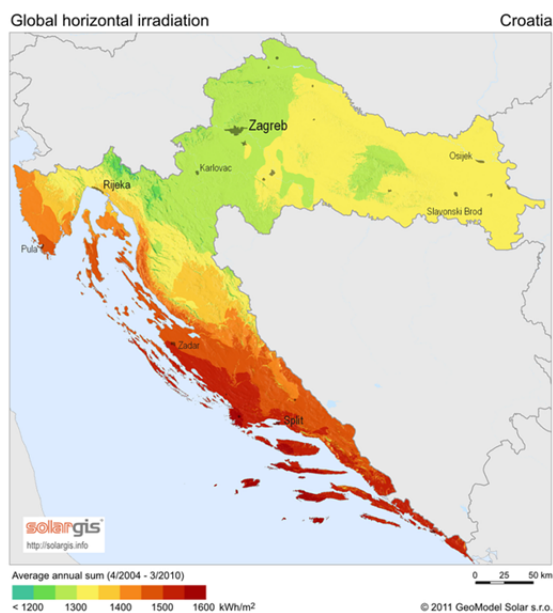
Elektrana je preko vlastitog razdjelnika i kontrolnog brojila priključena na glavni razdjelnik objekta (slika 6). Sva proizvedena energija će se koristiti za vlastitu potrošnju, a eventualni višak će se predavati u mrežu.



Sl. 6: Jednopolna shema spajanja stringova na pretvarače i na razdjelnik [3]

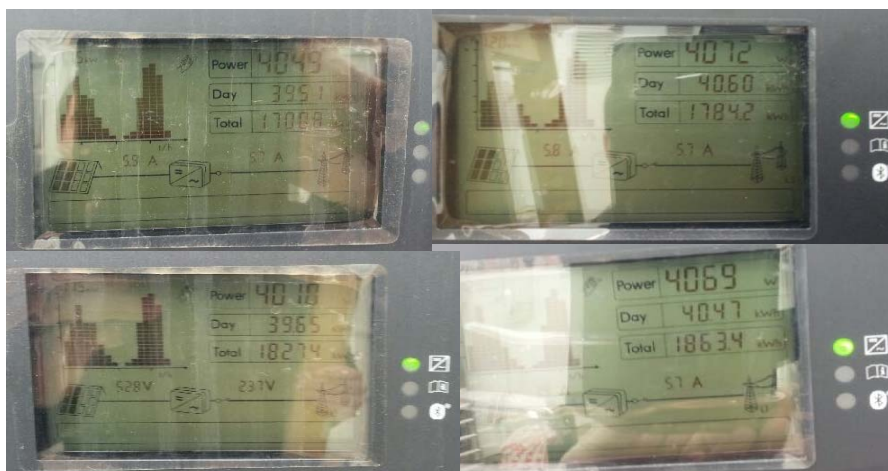
4. RAD ELEKTRANE PRIKLJUČENE NA MREŽU

Potencijal iskorištenja solarne elektrane na području Hrvatske se kreće od 970 do 1380 kWh po m² površine solarnog kolektora postavljenog pod optimalnim godišnjim kutom. Sa slike 7. može se približno odrediti snaga solarne energije za područje od interesa u Hrvatskoj.



Sl. 7: Sunčevo zračenje na području republike Hrvatske [4]

Od puštanja elektrane u rad (probni pogon tijekom 10. mj. 2014.) do 31. 12 2014. vrijednost ostvarene ukupne proizvodnje (preko sva 4 pretvarača) je 1988,70 kWh. Početkom godine je bilo dosta sunčano, te je u tom periodu (od 01.01. 2015. do 14. 01.2015.) ostvarena ukupna proizvodnja (preko sva 4 pretvarača) – 1051,28 kWh.



Sl. 8: Prikaz proizvodnje 27.02.2015 u 12:15 – ekrani izmjenjivača 1 – 4

Na slici 8. su vidljiva sva 4 ekrana pretvarača snimljena 27.02.2015 u 12:15. Uočljivo je da je ukupna proizvodnja (prikazano u tablici II) na izmjenjivačima 3 i 4 veća nego na izmjenjivačima 1 i 2 jer je na njih spojen po jedan fotonaponski modul više.

Tablica II: Proizvodnja pojedinih pretvarača SE "studentski restoran Varaždin"

Oznaka pretvarača	Ukupna proizvodnja do 27.02.2015.
Izmjenjivač 1	1700,8 kWh
Izmjenjivač 2	1784,2 kWh
Izmjenjivač 3	1827,4 kWh
Izmjenjivač 4	1863,4 kWh

5. ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata je vidljivo da je sunčevo zračenje i na području Varaždina dovoljno za značajnu proizvodnju električne energije pomoću sunčanih elektrana. Njenu izgradnju je financirao Europski fond za obnovljive izvore, a predviđeno je da bi elektrana mogla pokriti i do 80 % potrebne energije za rad restorana. Uzimajući u obzir da je SE „Studentski restoran Varaždin” u pogonu tek 5 mjeseci i to u periodu jesen – zima, a proizvedeno je ukupno 7172,8 kWh električne energije, očekuje se veća proizvodnja u proljetnim i ljetnim mjesecima, te opravdanost i isplativost ove investicije.

6. LITERATURA

- [1] The German Energy Society, „Planning & Instalng Photovoltaic Systems : a guide for installers, architects, and engineers / Deutsche Gesellschaft fur Sonnenenergie (DGS). - 2nd ed., 2008
- [2] SMA Solar Technology AG, PV – Wechselrichter SUNNY TRIPOWER 8000TL/10000TL/12000TL/17000TL Installationsanleitung STP8-17TL-IA-de-3.1
- [3] Glavni-izvedbeni projekt elektrpinstalacija sunčana elektrana za vlastitu potrošnju br. 17/2013, MBT Inženjering d.o.o. Macinec
- [4] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Insolacija#mediaviewer/File:SolarGIS-Solar-map-Croatia-en.png>, 28.02.2015.

NASLOV AVTORJEV

Dunja Srpak, dipl.inž.el.

Mr.sc. Ivan Šumiga dipl.inž.el.

Sandra Stijačić inž.el.

Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin, 104. Brigade 3, 42000 Varaždin, Hrvatska

Tel: + 385 98 821 891

Elektronska pošta: dunja.srpak@unin.hr

Elektronska pošta: ivan.sumiga@unin.hr

Elektronska pošta: sandra.ranel@gmail.com