

SOLARNO NAPAJANJE ISPOSNICE SVETOG SAVE U KAREJI

*Zoran Nikolić, Vladimir Šiljkut, Nikola Borovac, Tomislav Pavlović, Zoran Kocić**

Ključne reči: *Hilandar, Isposnica svetog Save, solarno napajanje, fotonaponski moduli*

SAŽETAK:

U radu je opisano tehničko rešenje sistema za proizvodnju i napajanje električnom energijom Isposnice svetog Save Osvećenog (Jerusalimskog) u Kareji, na Svetoj Gori Atonskoj. Radi osvetljenja prostorija i napajanja hladnjaka u ovoj isposnici, koju koristi uglavnom jedan monah, projektovano je solarno napajanje. Postaviće se 10 panela koji će preko regulatora punjenja napajati trakcionu akumulatorsku bateriju napona 24 V, kapaciteta 600 Ah. Električne instalacije za osvetljenje biće takođe na naponskom nivou 24 V jednosmerne struje. U radu su prikazane specifičnosti koje se moraju ispoštovati pri elektrifikaciji ovog objekta i rešenja koja mogu u punoj meri da zadovolje postavljeni projektni zadatak.

1. - UVOD

Verovatno posle smrti svetog Simeona, sveti Sava Nemanjić je u Kareji podigao isposnicu u kojoj se predavao molitvama i postu. Istovremeno je pratio i zbivanja u središtu monaške zajednice na Svetoj Gori. Ova isposnica, koju je naš sveti Sava posvetio svetom Savi Jerusalimskom, svetitelju po kome je dobio monaško ime, naziva se i "Tipikarnica". Naime, u njoj je napisan i čuveni Karejski tipik. Njegovim odredbama, isposnica je bila izuzeta iz nadležnosti manastira Hilandar, sa kojim je, sa druge strane, činila celinu. U isposnici se nalazi čuvena i čudotvorna ikona, "Mlekopitateljica". To je ikona Presvete Bogorodice koja doji dete Hrista, a koju je Sava Nemanjić doneo iz Svete Zemlje, iz manastira Svetog Save Osvećenog kod Jerusalima.

* Dr Zoran Nikolić, dipl.inž.el., Institut Tehničkih nauka SANU, Beograd, Kn.Mihajlova 35.

Vladimir Šiljkut, dipl.inž.el., EPS JP "Elektrodistribucija - Beograd", Masarikova 1-3.

Nikola Borovac, dipl.inž.el., EPS JP "Elektrodistribucija - Beograd", Masarikova 1-3.

Prof. dr Tomislav Pavlović, Prirodno-matematički fakultet, Niš, Ćirila i Metodija 2.

Zoran Kocić, dipl.inž.el., EI"Profesionalna elektronika", Niš, C. Konstantina 80-84.

Isposnica se danas sastoji iz sakralnog i stambenog dela. Prvi čine crkva, koja je današnji izgled dobila u XVIII veku, sa kosturnicom u podrumu, i kelija svetog Save Srpskog, pored ulaza u pripratu crkve, ukopana u brdo. Pročeljni, stambeni deo (konak) je u dva nivoa, sa ekonomskim prostorijama u prizemlju. Sadašnji izgled je dobio pre četrdesetak godina, kada je prethodno zdanje, takođe na prvobitnim temeljima, stradalo u požaru [1]. Zapadno i južno se nalaze ostaci utvrđenja i ostalih zdanja kojima je isposnica nekada bila okružena, a sa istočne i jugoistočne strane je bašta.

2. - ENERGETSKE POTREBE, SPECIFIČNI USLOVI I OGRANIČENJA PRI PROJEKTOVANJU

U isposnici stalno boravi jedan ili dva monaha-isposnika. Oni tu žive najstrožim, dakle krajnje skromnim, životom, provodeći najveći deo dana i noći u molitvama. Poneki gost-hodočasnik može da konači i boravi u isposnici samo povremeno i izuzetno, kada je obližnji Hilendarski konak ili zatvoren ili pun. Svakodnevni život i rad monaha iziskuju skromne potrebe za vodom, toplotom radi kuvanja i grejanja, kao i osvetljenje u noćnim satima.

Slobodnim padom iz kaptaže koja se nalazi na nešto višoj koti kod Hilendarskog konaka, vodom se napaja Isposnica kao i cela Kareja sa kelijama prema manastiru Iviron, tako da za to nije potrebna energija. Pripremanje hrane obavlja se na šporetu koji koristi drvo, a koga ima u izobilju, ili gas iz metalne boce. Za grejanje vode, kao i samih prostorija, takođe se koriste drva. Predgrevanje ili zagrevanje vode radi potreba u kuhinji i kupatilu moguće je ostvariti preko solarnih termalnih kolektora, pa će ovaj sistem biti realizovan po posebnom projektu.

Do sada su za osvetljenje noću uglavnom korišćene sveće i petrolejske lampe. Želja je da se za osvetljenje objekta i napajanje hladnjaka koristi električna energija. U skladu sa prirodom ovog svetog mesta, za crkvu su izraženi minimalni zahtevi za električnom energijom, koji se svode na dva sijalična mesta iznad pevnčkih nalonja. Za keliju svetog Save i kosturnicu se ne zahteva nikakva rasveta, osim jedne svetiljke za spoljnu montažu kraj stepenica i ulaza u kosturnicu, ispod oltarske apside crkve.

Zahtevi za elektrifikaciju stambenog dela isposnice, iz istih, navedenih razloga, takođe nisu veliki. Predviđa se po jedno ili najviše dva sijalična mesta u svakoj prostoriji. Ne predviđa se u skorijoj budućnosti napajanje većih potrošača, osim hladnjaka, budići da se u letnjim mesecima ionako oskudna hrana karejskih podvižnika brzo kvari. Zbog toga je potrebno da se obezbedi jedan hladnjak, za jednosmeran ili naizmeničan napon napajan preko invertora.

Pošto u narednih desetak godina verovatno neće doći do izgradnje elektroenergetske mreže na Svetoj Gori i njenog povezivanja sa elektroenergetskim sistemom Grčke, koncipiran je jedan manji, autonomni sistem napajanja, koji će zadovoljiti sadašnje potrebe i napred opisane, iskazane zahteve. Pri tome se insistiralo na ekološki prihvatljivom rešenju,

budući da se isposnica nalazi gotovo u samom centru monaške prestonice, koja predstavlja jedinstvenu ambijentalnu celinu.

Za sada, manastiri i ostali elektrifikovani objekti na Svetoj Gori imaju autonomne sisteme napajanja električnom energijom. S druge strane, upravo mogućnost proširenja elektroenergetskog sistema Grčke i na područje Svete Gore [2], u budućnosti može da dovede i do povećanja potreba za električnom energijom. Stoga su električne instalacije u Isposnici isprojektovane perspektivno, za konačnu fazu elektrifikacije, kako u narednih nekoliko decenija ne bi došlo do većih intervencija na samom objektu i u njegovoj unutrašnjosti.

Autonomni sistem za proizvodnju električne energije omogućiće napajanje objekta ne samo do izgradnje stalne elektroenergetske mreže, već će i nakon toga moći da posluži kao alternativni izvor napajanja, bilo kao ušteda, bilo za slučaj eventualnih kvarova na budućoj mreži i prekida u napajanju. Sa njega napajano osvetljenje služiće tada kao nužno.

Posle definisanja projektnog zadatka, osnovni problem je upravo bio dobro, inženjerski, odrediti sve komponente sistema, koje će udovoljiti svim ovim zahtevima. U tom pogledu, jedan od specifičnih i ograničavajućih uslova pri izradi projekta, odnosio se takođe na izbor opreme. Naime, on je bio delimično sužen, jer je deo opreme već bio obezbeđen kroz donacije manastiru Hilandar. To je u mnogome uticalo i na koncepciju rešenja u celini, kako bi se ostvarila kompatibilnost svih elemenata sistema.

Takođe, jedan od bitnih uslova bio je i taj, da sistem za proizvodnju električne energije zahteva minimalno održavanje, ali da ne sme biti preskup i neprimeren veličini i nameni objekta koji napaja.

U pogledu napajanja iz fotonaponskih solarnih sistema, manastir Hilandar, kao i sama Isposnica, imaju od ranije određenih iskustava [3-4]. Na Isposnici sada postoji jedan solarni panel, jedna starterska akumulatorska baterija i provizorno postavljeni provodnici do auto-sijalica, napona 12V. Prilikom planirane rekonstrukcije i elektrifikacije objekta, ovaj sistem će biti ukinut.

Iz ambijentalnih razloga, na krov isposnice je dozvoljeno postavljanje samo termalnih kolektora. Fotonaponski će stoga biti postavljeni na nosače na krovu buduće kućice u bašti Isposnice. U njoj će biti smeštene aku-baterije i orman sa regulatorima punjenja. Bolje mesto za montažu panela je južna strana krova same Isposnice, ali ona nije dozvoljena. Naime, na njoj bi solarni paneli bili dominantni, i prvi u vidokrugu hodočasnika koji iz centra Kareje stiže do Isposnice. Time bi bio narušen ne samo ambijentalni izgled zdanja već i sadašnji duhovni utisak koji ono treba da zadrži.

Na kraju, ali ne i po važnosti, postoji i ograničenje topografske prirode; gradić Kareja leži visoko nad morskom obalom, u prirodnom amfiteatru, otvorenom prema severoistoku, koji sa jugozapadne strane zatvara brdsko-planinski masiv. Iz tog razloga, u zimskim mesecima, celo područje brzo utone u mrak već u ranim popodnevним satima. Nasuprot tome, već u ranim jutarnjim satima grad i objekti na hilendarskim posedima u njemu bivaju osvetljeni. Zbog toga solarne panele treba orijentisati prema jugoistoku.

3. - DIMENZIONISANJE ELEMENATA SOLARNOG FOTONAPONSKOG SISTEMA

Na osnovu projektovanih unutrašnjih instalacija, odgovarajućim proračunima i procenama jednovremenosti određene su dnevne energetske potrebe u letnjem i zimskom periodu. Zbog češćeg uključivanja frižidera (kao jedinog velikog potrošača) kritičniji je letnji period - oko 1850Wh/dan, naspram oko 1650Wh/dan zimi. U oba slučaja, maksimalna jednovremena snaga ne bi bila veća od 220 W. Pored toga, čak se preporučuje da se tokom zime hladnjak u ostavi, koja nema grejanje, isključi sa električne instalacije 24V. Pošto je obdanica zimi znatno kraća i broj mogućih dana bez sunca veći (5-7 dana), za proračune je kao kritičan ipak uzet zimski period. Kada se svi faktori uzmu u obzir, proračun je pokazao da je neophodno u sistem ugraditi deset fotonaponskih kolektora snage po 55W.

Prema merenjima i standardima, srednje dnevno sunčano zračenje na 41° severne geografske širine (gde se nalazi Isposnica svetog Save u Kareji) dostiže maksimum u letnjim mesecima od 11,6 kWh/m² električne energije, a u zimskim ima minimum od oko 3,6 kWh/m². Pošto se solarni paneli postavljaju pod određenim uglom u odnosu na površinu zemlje da bi im efikasnost bila veća (padom Sunčevih zraka na panele pod što većim uglom), mogu se navedeni iznosi dosta uvećati. To je posebno važno u zimskom periodu, kada je sunce nisko na horizontu. Korišćenjem nosača panela sa podesivim uglom, povećanje srednjeg intenziteta dnevnog sunčevog zračenja koje pada na panele u letnjem periodu iznosi 40%, a u zimskom i do 80%. Stepem iskorišćenja solarnih monokristalnih kolektora iznosi oko $\eta=17\%$. To znači da će u kritičnom, zimskom, periodu dnevna raspoloživa energija biti:

$$E_{rz} = 0.17 \times 1.8 \times 3.6 \text{ kWh} / \text{m}^2 = 1.1 \text{ kWh} / \text{m}^2 \quad (1)$$

Deset fotonaponskih panela SIEMENS SM 55, dimenzija 1,29m x 0,33m, obezbeđeno je kao donacija. Oni će dnevno proizvesti sledeću energiju:

$$E_{uk} = 10 \times 1,29\text{m} \times 0,33\text{m} \times E_{rz} = 10 \times 0,4257\text{m}^2 \times 1.1\text{kWh} / \text{m}^2 = 4.68 \text{ kWh} \quad (2)$$

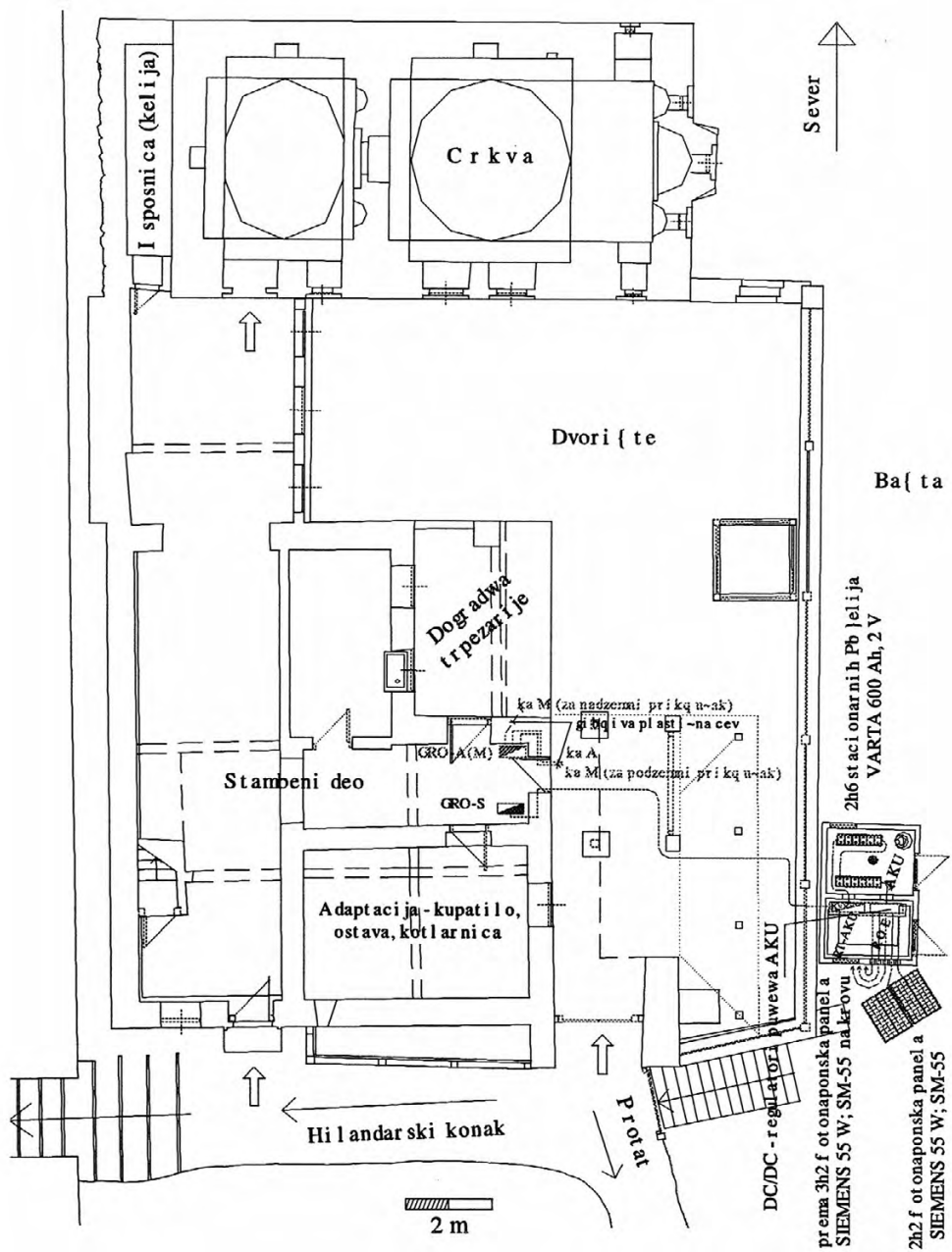
Uzimajući u obzir navedena topološka ograničenja same lokacije, a na osnovu snimanja stanja na terenu obavljenog početkom decembra 2000. godine, kada je utvrđeno da će solarni paneli u zimskom periodu, po vedrom danu, biti osvetljeni 5,5 do 6 sati, moguće je sprovesti i sledeći, strožji proračun:

$$E_{uk} = 10 \times P_{\min} \times t = 10 \times 50\text{W} \times 5.5\text{h} = 2750\text{Wh} \quad (3)$$

Budući da su dnevne energetske potrebe u zimskom periodu 1650 Wh, jasno je da ih izabrani paneli u potpunosti podmiruju i da je obezbeđeno dopunjavanje AKU-baterija.

Potreban napon akumulatorskih baterija može se odrediti iz empirijske jednačine za gradnju električnih mašina:

$$|U| \approx |I| \approx \sqrt{|P|} \approx \sqrt{220} \approx 14.38\text{V} \quad (4)$$



Slika 1. - Osnova prizemlja, dogradnja i adaptacija postojećih objekata i dispozicija sistema za proizvodnju električne energije

U jednačini (4), P je maksimalna jednovremena snaga u W . Za napon sistema i instalacija usvojen je prvi viši standardni jednosmerni napon od 24 V, imajući u vidu i nešto niži pad napona u mreži, posebno kada hladnjak počinje da radi.

Ne treba zaboraviti da se olovne akumulatorske ne smeju prazniti više od 70 do 80%, za razliku od NiCd-baterija, koje se mogu potpuno prazniti. Za usvojeni navedeni broj (7) dana bez sunca, i izračunate dnevne energetske potrebe u zimskom periodu, olovnu akumulatorsku bateriju je stoga potrebno dimenzionisati prema obrascu:

$$E_{ab} = 7 \times E_{pz} / 0.8 = 7 \times 1650 \text{ Wh} / 0.8 = 13.825 \text{ Wh} \quad (5)$$

Potreban kapacitet akumulatorske baterije može se naći iz prethodno određene energije koju treba akumulirati i odabranog napona akumulatorske baterije:

$$Q = E_{ab} / U = 13.825 \text{ Wh} / 24 \text{ V} = 576 \text{ Ah} \quad (6)$$

Uporedna tehno-ekonomska analiza za starterske olovne, stacionarne olovne i NiCd-baterije pokazala je da su optimalan izbor stacionarne olovne baterije. Vek trajanja NiCd je za ove uslove eksploatacije oko 50% veći, ali je cena oko 3 puta veća od Pb stacionarnih. Pored toga, na Svetoj Gori do sada se nisu koristili NiCd akumulatori. Na osnovu izvršenih proračuna, izabrano je rešenje sa 12 komada stacionarnih olovnih akumulatorskih ćelija, 600Ah, 2V svaka. Radi dopunjavanja akumulatorskih baterija kada sunce sija, potrebno je postaviti regulatore punjenja koji bi se nalazili u ormanu u prostoriji do akumulatora. Regulatori bi trebalo da neregulisan napon od dvadesetak volti svedu na naponski nivo 14 V po panelu i da strujom, koja zavisi od intenziteta sunčevog zračenja, dopunjavaju akumulatorske baterije. Obezbeđeno je 14 regulatora punjenja 13.5-14.5V, 14A svaki. Šest će biti ugrađeno, ostali su rezerva. Svaki regulator ima integrisan ampermetar i voltmetar. Osim toga, potrebno je da na razvodnoj tabli iza akumulatorske baterije postoje i:

- Ampermetar za kontrolu pražnjenja akumulatorske baterije
- Voltmetar koji bi pokazivao napon akumulatorske baterije
- Merač stanja napunjenosti akumulatorskih baterija
- Podnaponska zaštita sa sklopom za isključenje od prevelikog pražnjenja

Tokom 1999. i 2000. godine napravljeno je nekoliko varijanti idejnih projekata sistema za proizvodnju električne energije, ali je kao optimalan [5], usvojen sistem napajanja i razvod jednosmernim sistemom 24V. Odmah bi se izvele i električne instalacije za naizmernični napon 3 x 380V, koji će se aktivirati kada na Svetu Goru dodje električna energija iz Grčke, a jednosmerni sistem bi i dalje ostao u funkciji kao alternativan.

4. - ZAKLJUČAK

Isposnica svetog Save Jerusalimskog predstavlja najsvetiju živu tačku našeg naroda u srcu Svete Gore. Osam vekova nakon njenog osnivanja, planira se velika rekonstrukcija crkve i konaka, podignutih na temeljima prvobitnih zdanja. U želji da ih donacijama, priložima i radom utvrdimo i pripremimo za vremena koja će doći posle nas, uradili smo i projekat njihove elektrifikacije. Projektom je predviđen fotonaponski sistem napajanja električnom energijom. U ovome radu su opisani njegova koncepcija i struktura. Oni su

uslovljeni specifičnim zahtevima i ograničenjima koje je diktirao poseban karakter ovoga objekta, kao i osobenosti i topološki položaj šire ambijentalne celine.

LITERATURA

- [1] S. Nenadović: "Paraklisi", *Manastir Hilandar, SANU*, 1998, 179-180.
- [2] Z. Nikolić, J. Vasiljević, S. Škrnjug, V. Šiljkut: "Elektrifikacija manastira Hilandar i doprinos Elektrodistibucije - Beograd", *Elektrodistibucija*, vol.28, No.2, 2000, pp.147-160.
- [3] Z. Nikolić, V. Andrić, D. Novaković: "Manastir Hilandar iznutra i izbliza", *Novi glasnik VJ*, vol.8, mart-april 2000, 69-78.
- [4] Z. Nikolić, M. Branković: "Alternativni izvori električne energije u Manastiru Hilandar: *Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene u Jugoslaviji*, Podgorica, CANU vol.50, Odjeljenje prirodnih nauka vol.6, 1998, pp.223-228.
- [5] Šiljkut i ostali, "Idejni projekat električnih instalacija i sistema za proizvodnju električne energije u isposnici svetog Save Osvećenog (Jerusalimskog) u Kareji", *Elektrodistibucija Beograd*, 2000.

SOLAR SUPPLY OF SAINT SAVA HERMITAGE IN KAREJA

ABSTRACT:

Technical description of solar system for electrical energy producing and supplying of Saint Sabba of Jerusalem Hermitage in Kareja, Mount Athos. For lighting the church and all rooms, and for supplying the refrigerator, following solar supply is designed; ten photovoltage modules will be installed and will supply accumulator, 24V, 600Ah capacity, through 6 current regulators. Electrical installations will be on the voltage 24V DC. This paper also presents all specialties, necessary to respect in this object's electrification, and the solutions, which content all demands completely.