

Analiza prihrankov energije v niskonapetostnem omrežju, doseženih z optimalno generacijo jalove moči fotovoltaičnih sistemov

Ernest Belič, Katarina Dežan, Niko Lukač in Gorazd Štumberger

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija
E-pošta: ernest.belic@um.si, katarina.dezan@um.si, niko.lukac@um.si, gorazd.stumberger@um.si

Povzetek. V delu je predstavljena analiza prihrankov energije v niskonapetostnem omrežju, ki bi jih bilo mogoče doseči s pomočjo generacije jalove moči fotovoltaičnih sistemov (PVS) glede na potrebe v omrežju. Celotna analiza je narejena na modelu realnega niskonapetostnega distribucijskega omrežja, v katerega sta priključena dva 50 kWp PVS. Prihranki energije so določeni za časovni okvir enega leta. Pri tem so delovne moči PVS določene na podlagi povprečnih vrednosti izmerjenega sončnega obsevanja v polurnih intervalih, delovne moči bremen pa na podlagi profila obremenitve. Zaradi relativno velike moči trenutno inštaliranih PVS je analiza narejena tudi za primer, ko bi v omrežje bili priključeni manjši PVS z nazivno močjo 5 kWp. Rezultati kažejo, da je s pomočjo optimalne generacije jalove moči mogoče doseči prihranke energije. Ti pa se še lahko povečajo, če so v omrežje namesto velikih PVS inštalirani manjši na mestih, kjer je prisotna poraba.

Ključne besede: fotovoltaični sistemi, generacija jalove moči, niskonapetostno omrežje, prihranki energije

Energy saving in a low-voltage power distribution network by optimising the photovoltaic-system reactive-power generation

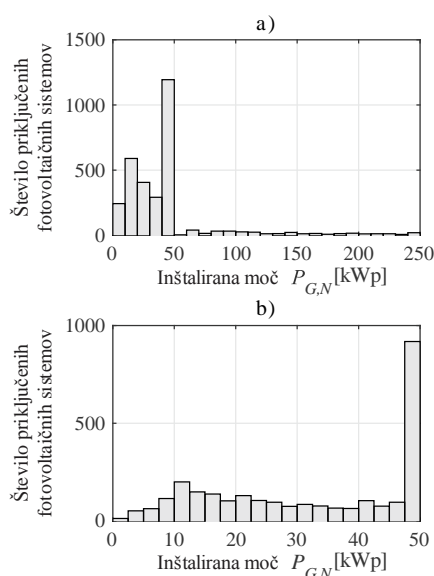
The paper evaluates the energy savings in a low-voltage power distribution network by optimising the photovoltaic-system (PVS) reactive-power generation. The evaluation is made on a model of a real low-voltage power distribution network with two 50 kWp PVSs installed. The time frame of energy-savings evaluation is one year. The PVS active power is determined on the basis of the average solar irradiance measured over half-hour intervals and the active-power load is determined on the basis of the measured load profile. Since the installed photovoltaic systems are relatively large, smaller PVSs of the rated power of just 5 kWp are also analysed. The results show that the existing PVSs can contribute to the reduction of energy losses in the distribution network by optimizing their reactive power generation. However, the reduction of energy losses can be even higher if there are smaller PVSs installed at the consumption sites instead of larger ones.

Keywords: photovoltaic systems, reactive power generation, low-voltage power distribution network, energy savings

1 UVOD

Fotovoltaični sistemi (PVS) so obnovljivi vir energije, ki pri svojem obratovanju ne povzročata dodatnega onesnaževanja okolja z izpusti toplogrednih plinov in hrupa. Zato so takšni PVS primerni za inštalacijo tudi v najbolj urbanih okoljih. V Sloveniji je bil dosedanji trend vključevanja PVS naklonjen množičnemu priključevanju enot inštalirane moči med 10 in 50 kWp

[1], [2]. Pri analizi podatkov Agencije za energijo o PVS z deklaracijo [3] za moči med 0 in 250 kWp na sliki 1 a) vidimo, da je bilo do zdaj priključeno največje število PVS z nazivnimi močmi med 0 in 50 kWp.



Slika 1: Število priključenih fotovoltaičnih sistemov v Sloveniji z deklaracijo za nazivne moči a) med 0 in 250 kWp in b) nazivne moči med 0 in 50 kWp [3]

Če podrobneje pogledamo ta interval, ki ga prikazuje slika 1 b), je iz njega jasno razvidno, da je največ

priključenih sistemov ravno nazivne moči med 47,5 in 50 kWp. Takšni sistemi so povečini inštalirani na večje namensko zgrajene ali industrijske objekte in ne na stanovanjske hiše. Zaradi svoje relativno velike nazivne moči so ti PVS vključeni v nizkonapetostno omrežje v bližino transformatorske postaje ali postajo samo, priključeno pa je lahko le manjše število PVS. S takšnim načinom obratovanja je glede na trenutno regulacijo napetosti v distribucijskem omrežju zagotovljen ustrezen napetostni profil omrežja v vseh obratovalnih stanjih. Slabost takšnega načina priključitve in obratovanja PVS je, da niso dosežene prednosti PVS, kot sta izboljšanje napetostnega profila omrežja in zmanjšanje prenosnih izgub [4]. Omenjene prednosti bi bilo mogoče doseči, če bi bili PVS manjših moči inštalirani na stanovanjske zgradbe in priključeni v omrežje tam, kjer je prisotna poraba.

PVS v Sloveniji morajo po navodilih SODO [5] poleg delovne moči zagotavljati tudi jalovo moč do $\cos\varphi = 0,8$ po vnaprej določeni napetostno odvisni karakteristiki. Slabost takšnega obratovanja PVS v nizkonapetostnih omrežjih je, da generirana jalova moč s strani PVS zelo malo vpliva na napetostni profil omrežja, poleg tega pa lahko povzroči dodatne izgube v omrežju [6]. Za takšne razpršene vire bi bilo zaželeno, da bi se generirana jalova moč prilagajala potrebam v omrežju, saj bi se s tem lahko zmanjšale izgube v omrežju.

V tem delu so obravnavani prihranki energije na račun zmanjšanja prenosnih izgub, ki bi jih bilo mogoče doseči v nizkonapetostnem omrežju, če bi PVS generirali jalovo moč glede na potrebe v omrežju. Vsa analiza je narejena za obdobje enega leta na modelu realnega nizkonapetostnega omrežja, v katerega sta priključena dva 50 kWp PVS. Zaradi relativno velike moči posameznih PVS so tem delu analizirani tudi prihranki energije, ki bi jih bilo mogoče doseči, če bi bili namesto velikih PVS inštalirani manjši PVS na mestih, kjer je prisotna poraba.

Predstavljeno delo je sestavljeno takole. V razdelku 2 je podrobneje opisana določitev prihrankov energije, v razdelku 3 pa je predstavljen model omrežja z vhodnimi podatki sončnega obsevanja in profila porabe. Rezultati prihrankov energije so predstavljeni v razdelku 4, v razdelku 5 pa je zapisan sklep.

2 DOLOČITEV PRIHRANKOV ENERGIJE

Prihranke energije v distribucijskih omrežjih je mogoče doseči s pomočjo zmanjšanja izgub, ki se na splošno delijo na tehnične in netehnične [7]. Tehnične izgube se naprej delijo na izgube, ki so neodvisne in odvisne od obremenitve omrežja. Netehnične izgube pa so komercialne izgube. Računsko je mogoče ovrednotiti le tehnične izgube. Zato so v tem delu prihranki energije določeni na podlagi zmanjšanja prenosnih izgub nizkonapetostnega omrežja v enem letu. Posamezna obratovalna stanja so dobljena s pomočjo metode izračuna pretokov energije Backward-forward sweep [8]. Da bi bili izračuni preprostejši, je časovno obdobje

enega leta predstavljeno kot 12 karakterističnih dni (en dan za vsak mesec) v polurnih intervalih.

2.1 Izgube v nizkonapetostnem omrežju

Nizkonapetostna omrežja večinoma obratujejo radialno, zato se energija do porabnikov prenaša prek distribucijskega transformatorja in prek povezav omrežja. Izgube v omrežju $P_{izg,OMR}$ je po izračunanih pretokih energije mogoče določiti z (1)

$$P_{izg,OMR} = \sum_{n=1}^{N_b} |I_n|^2 R_n, \quad (1)$$

pri čemer I_n in R_n pomenita fazor toka in upornost veje n , N_b pa število vej v omrežju. Izgube v transformatorju $P_{izg,TR}$ (2) so sestavljene iz dveh delov, in sicer izgub v železu P_{Fe} in izgub v bakru P_{Cu} [9].

$$P_{izg,TR} = P_{Fe} + P_{Cu} \quad (2)$$

Za izgube v železu transformatorja (3) velja, da so odvisne od efektivne vrednosti napetosti $|U|$, nazivne napetosti U_N in izgub, določenih pri nazivni napetosti (prostem teku) transformatorja P_{Fe0} .

$$P_{Fe} = P_{Fe0} \frac{|U|}{U_N} \quad (3)$$

Izgube v bakru pa so odvisne od toka oziroma od trenutne obremenitve $|S|$, nazivne navidezne moči S_N transformatorja in izgub, določenih pri nazivni moči transformatorja P_{Cu} .

$$P_{Cu} = P_{Cu0} \frac{|S|^2}{S_N^2} \quad (4)$$

V tem delu so v izračunih pretokov energije izgube v železu transformatorja upoštevane kot breme konstantne moči z vrednostjo P_{Fe0} . Razlog za to je, da se napetost na sponkah distribucijskega transformatorja zelo malo spreminja, kar pomeni, da bo imela enačba (3) približno konstantno vrednost. V nasprotju z izgubami v železu so izgube v bakru odvisne od obremenitve transformatorja. Zato so v izračunih pretokov energije zajete s pomočjo kratkostične impedance transformatorja, ki upošteva upornosti navitij in razsipane reaktance transformatorja. Kratkostična impedanca transformatorja je določena s pomočjo kratkostične napetosti u_k , nazivne napetosti U_N in moči S_N transformatorja (5).

$$Z_{TR} = \frac{u_k}{100} \frac{U_N^2}{S_N} \quad (5)$$

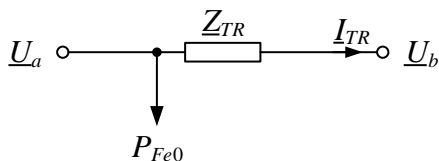
Njen ohmski del R_{TR} je določen s pomočjo izgub pri nazivni moči P_{Cu0} in nazivnega toka transformatorja I_N (6).

$$R_{TR} = \frac{P_{Cu0}}{3I_N^2} \quad (6)$$

Induktivni del ali reaktanca X_{TR} pa je določena z (7)

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - R_{TR}^2} \quad (7)$$

S tako določenimi parametri je določeno nadomestno vezje transformatorja, uporabljeno v izračunu pretokov energije, ki ga prikazuje slika 2.



Slika 2: Nadomestno vezje transformatorja, uporabljeno v izračunu pretokov energije

2.2 Optimalna generacija jalove moči fotovoltaičnih sistemov

PVS lahko na splošno generirajo jalovo moč $|Q_G|$ induktivne ali kapacitivne narave, ki je omejena z njihovo navidezno močjo $S_{G,N}$ in trenutno generirano delovno močjo P_G [10] (8).

$$|Q_G| = \sqrt{S_{G,N}^2 - P_G^2} \quad (8)$$

Ob upoštevanju omejitve (8) bi lahko fotovoltaični sistemi generirali tudi jalovo moč, ki je večja od trenutne generirane delovne moči. Takšno obratovanje po trenutnih navodilih za obratovanje [5] ni predvideno. Zato je v tem delu upoštevana dodatna omejitev generirane jalove moči PVS v skladu s [5], ki pravi, da morajo PVS biti sposobni generirati jalovo moč do $\cos\phi = 0,8$.

Če želimo, da PVS v opazovanem časovnem intervalu PVS generirajo jalovo moč glede na potrebe v omrežju, je treba minimizirati kriterijsko funkcijo (9)

$$q = \min(P_{izg}), \quad (9)$$

v kateri P_{izg} pomeni vsoto izgub v transformatorju in v omrežju (10).

$$P_{izg} = P_{izg,OMR} + P_{izg,TR} \quad (10)$$

S pomočjo (9) so najdene takšne generirane jalove moči PVS, da so izgube v omrežju in izgube v transformatorju minimalne. Ker iskanje ustreznih generiranih jalovih moči poteka s pomočjo izračunov pretokov energije, so pri tem upoštewane še dodatne omejitve. To so omejitve napetostnega profila omrežja, ki mora ustrezati standardu SIST EN 50160 [11], in maksimalne tokovne obremenitve elementov omrežja.

Prihranke energije, dobljene s pomočjo optimalne generacije jalove moči PVS, je mogoče določiti za posamezni časovni interval m kot integral razlike izgub transformatorja in omrežja pred optimizacijo (oznaka 0) in po optimizaciji (oznaka 1) (11).

$$\Delta W_{izg,m} = \int_{t_m}^{t_{m+1}} (P_{izg,m}^0 - P_{izg,m}^1) dt \quad (11)$$

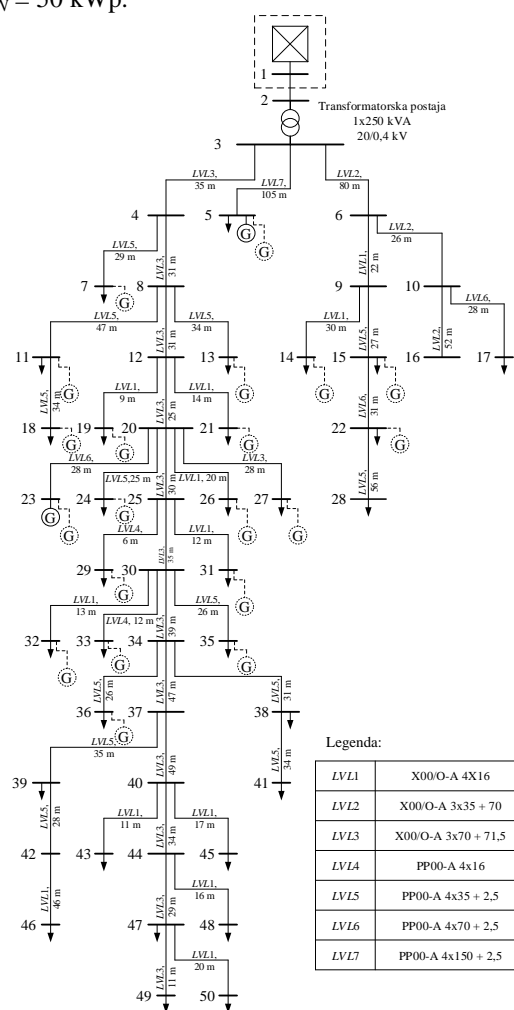
Prihranki energije, doseženi v poljubnem daljšem časovnem obdobju, v katerem je N_t število časovnih intervalov m , so določeni z (12).

$$W_{izg} = \sum_{m=1}^{N_t} \Delta W_{izg,m} \quad (12)$$

Predstavljeni način izračuna prihrankov energije je mogoče uporabiti za kakršno koli časovno obdobje, vendar pa vsaj časovno obdobje enega leta zajame vplive proizvodnje PVS, ki jih povzroči spreminjajoče se sončno obsevanje v enem letu. Podrobneje je obravnavani primer nizkonapetostnega omrežja s priključenimi PVS predstavljen v naslednjem razdelku.

3 OBRAVNAVANI MODEL NIZKONAPETOSTNEGA OMREŽJA

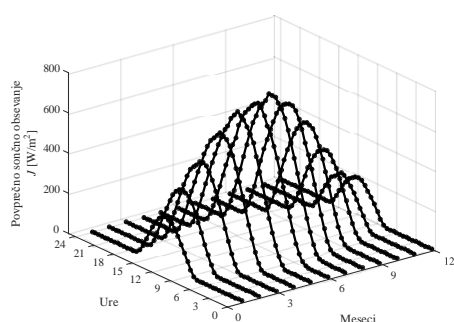
Analiza prihrankov energije, ki je predstavljena v tem delu, je narejena na modelu realnega nizkonapetostnega omrežja, v katerega sta priključena dva PVS z močjo $P_{G,N} = 50$ kWp.



Slika 3: Enočrtna shema realnega nizkonapetostnega omrežja z obstoječimi in manjšimi (črtkanimi) PVS

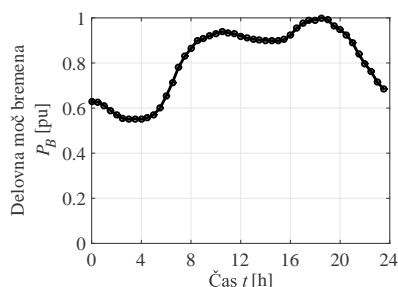
Omenjena PVS sta na enočrtni shemi omrežja na sliki 3 priključena v vozlišče 5 in 23. Ta dva PVS sta uporabljena v prvem delu analize. V drugem delu analize sta omenjena PVS nadomeščena z manjšimi enotami z močjo $P_{G,N} = 5$ kWp, katerih priključitev je na

sliki 3 označena s črtkanimi oznakami. Predstavljeno omrežje je vključeno v sredjenapetostno omrežje prek 250 kVA transformatorja Dyn5, 20kV/0.4 kV, $u_k = 4,0\%$, $P_{Fe0} = 0,6$ kW in $P_{Cu0} = 3,25$ kW. Dolžine in tipi povezav omrežja so prikazani na sliki 3. V omrežje je priključenih tudi 31 porabnikov, katerih lokacija je označena s puščicami na sliki 3. Njihova skupna konična moč znaša 115 kWp. V obravnavanem obdobju enega leta so vhodni podatki moči sončnih elektrarn določeni na podlagi 10-letnih meritev sončnega obsevanja J , ki so na sliki 4 prikazane kot 12 karakterističnih dni, pripadajočih posameznemu mesecu v letu. Posamezen dan je razdeljen na polurne intervale, pri tem pa so upoštewane povprečne vrednosti osončenja v vsakem polurnem intervalu.



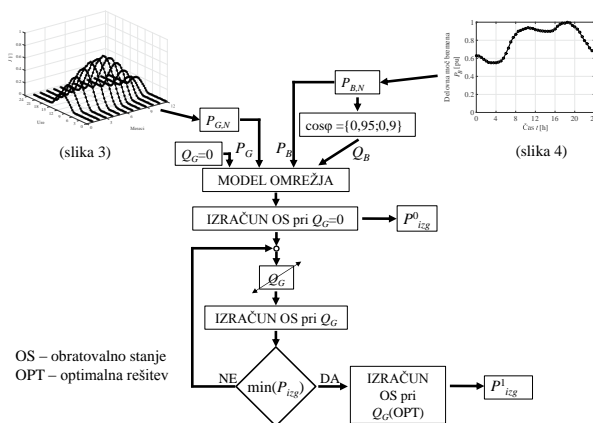
Slika 4: Povprečne izmerjene vrednosti sončnega obsevanja

V izračunu letnih prihrankov so prihranki energije, doseženi v posameznem karakterističnem dnevu, pomnoženi s številom dni v pripadajočem mesecu. Zaradi nepoznavanja časovne funkcije porabnikov v omrežju so pri analizi prihrankov energije le-ti določeni glede na posamezne priključne moči z upoštevanjem faktorja istočasnosti. Časovna funkcija posameznih porabnikov pa je določena z uporabo profila obremenitve [12], prikazanega na sliki 5.



Slika 5: Profil obremenitve, uporabljen pri analizi

V izračunih je upoštevana tudi jalova moč bremen, ki je določena s pomočjo $\cos\phi$, ki zavzame vrednost 0,95 ali 0,9. Ko so tako določeni vhodni podatki posameznih PVS in porabnikov v omrežju, je mogoče določiti prihranke energije v enem letu. Potek izračunov za posamezni časovni interval je shematično prikazan na sliki 6.



Slika 6: Potek izračuna optimalne generacije jalove moči PVS za posamezni časovni interval

Potek izračunov, ki je prikazan na sliki 6, je enak pri obstoječih PVS kot tudi tedaj, ko so PVS porazdeljeni po omrežju. Tako izračunani prihranki energije so prikazani v naslednjem razdelku.

4 REZULTATI ANALIZE

V tem razdelku so prikazani prihranki energije, ki bi jih bilo mogoče doseči z generiranjem jalove moči PVS v omrežju, prikazanem na sliki 4. Pri tem so analizirani prihranki, ki bi jih bilo mogoče doseči z obstoječima PVS in PVS, ki so porazdeljeni po omrežju a skupno enake moči kot obstoječa PVS. Zaradi analiziranega obdobja enega leta so v karakterističnih dneh moči PVS določene na podlagi povprečnih karakteristik sončnega obsevanja na sliki 4. Vrednosti porabe v omrežju so določene glede na priključno moč z upoštevanjem faktorja istočasnosti in profila porabe na sliki 5. Pri tem sta analizirana dva primera. V prvem primeru obratujejo bremena s $\cos\phi = 0,95$, v drugem pa s $\cos\phi = 0,9$. Prihranki energije za primer, ko bremena obratujejo s $\cos\phi = 0,95$ za obstoječe in manjše PVS, so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Prihranki energije, doseženi v enem letu z optimalno generacijo jalove moči in $\cos\phi$ bremen 0,95

| | W_{izg} [kW h] | $W_{izg,OMR}$ [kW h] | $W_{izg,TR}$ [kW h] |
|---------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Obstoječi PVS | 736,0 | 554,2 | 181,8 |
| Manjši PVS | 1078,9 | 890,1 | 188,8 |

V tabeli 2 pa so prikazani prihranki energije za primer, ko bremena obratujejo s $\cos\phi = 0,9$.

Tabela 2: Prihranki energije, doseženi v enem letu z optimalno generacijo jalove moči in $\cos\phi$ bremen 0,9

| | W_{izg} [kW h] | $W_{izg,OMR}$ [kW h] | $W_{izg,TR}$ [kW h] |
|---------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Obstoječi PVS | 1354,7 | 1012,4 | 342,3 |
| Manjši PVS | 2000,8 | 1642,0 | 358,8 |

Iz rezultatov v tabelah 1 in 2 vidimo, da so bili v obeh primerih doseženi večji prihranki energije na račun

zmanjšanja izgub v omrežju $W_{izg,OMR}$ kot v transformatorju $W_{izg,TR}$. Takšni prihranki so lahko doseženi le, če so PVS priključeni stran od transformatorske postaje. Če so PVS priključeni v transformatorsko postajo, bi njihova generacija jalove moči lahko vplivala le na izgube v transformatorju, ki so posledica zagotavljanja jalove moči prek srednjenapetostnega omrežja. V omrežju pa bi bil učinek tako generirane jalove moči zanemarljiv. Lokalno generiranje jalove moči je lahko učinkovito le, če so v omrežju prisotne potrebe po jalovi moči. Če primerjamo rezultate, dobljene z obratovanjem bremen s $\cos\phi = 0,95$ in $\cos\phi = 0,9$, vidimo, da so pri $\cos\phi = 0,9$ prihranki energije skoraj dvakrat večji zaradi večjih potreb po jalovi moči v omrežju. Iz rezultatov je tudi razvidno, da na prihranke energije ugodno vpliva inštalacija manjših PVS.

5 SKLEP

V nizkonapetostna omrežja Slovenije je že zdaj priključenih večje število PVS, ki pa na obstoječi način obratovanja pomenijo motnjo za omrežje. V tem delu sta prikazana dva ukrepa (generacija jalove moči PVS in inštalacija manjših PVS), ki bi lahko pripomogla k temu, da bi PVS pomenili korist za omrežje. Z njimi bi torej bilo mogoče popravljati napetostni profil omrežja, hkrati pa zmanjševati izgube v omrežju. Omejitve predlaganega obratovanja PVS pomeni odjem, ki vedno ne sledi proizvodnji PVS, prav tako pa so v nekaterih nizkonapetostnih omrežjih potrebe po jalovi moči tako majhne, da s predlaganim načinom obratovanja ne bi bilo mogoče doseči opaznih prihrankov. Uporaba predlaganega obratovanja bi omogočala uvedbo net meteringa, s katero bi lahko v omrežje priključili večje število PVS. Tem bi se v obdobjih, ko bi bili problemi z napetostnimi profili, proizvodnja ustrezno omejila, njihova proizvodnja skozi leto pa bi še vedno pokrivala porabo. Tako bi bile dosežene koristi tako za upravljavce omrežja kot tudi za porabnike oz. proizvajalce električne energije.

LITERATURA

- [1] A. Vilman, "Vključevanje razpršenih virov v distribucijsko elektroenergetsko omrežje. Izkušnje pri vključevanju v omrežje Elektro Gorenjske," v Enajsta konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRÉ - CIREC, Laško, 27.–29. maj 2013.
- [2] Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, "Sončne elektrarne v Sloveniji, Stanje na dan 1.12.2014," PVportal, Slovenski portal za fotovoltaike, 2015. [Online]. Available: <http://pv.fe.uni-lj.si/SEvSLO.aspx>. [Accessed: 11-Mar-2015].
- [3] Agencija za energijo, "Register deklaracij za proizvodne naprave," Spletna stran agencije za energijo, 2015. [Online]. Available: <https://porocila.agenrs.si/deklaracije/RegisterDeklaracij.aspx>. [Accessed: 11-Mar-2015].
- [4] P. P. Barker and R. W. de Mello, "Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems," Power Eng. Soc. Summer Meet. 2000. IEEE, vol. 3, pp. 1645–1656, 2010.

- [5] SODO sistemski operater distribucijskega omrežja, Priloga 5: Navodila za priključevanje in obratovanje elektrarn do moči 10 MW. Maribor: SODO sistemski operater distribucijskega omrežja, 2010.
- [6] S. Weckx, C. Gonzalez, and J. Driesen, "Combined Central and Local Active and Reactive Power Control of PV Inverters," IEEE Trans. Sustain. Energy, vol. 5, no. 3, pp. 776–784, 2014.
- [7] S. Gašperič and I. Volf, "Primerjava izračunanih in izmerjenih izgub delovne energije v nizkonapetostnem omrežju," v Deseta konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRÉ - CIREC, Ljubljana, 30. maj–1. junij 2011.
- [8] D. Thukaram, H. M. Wijekoon Banda, and J. Jerome, "A robust three phase power flow algorithm for radial distribution systems," Electr. Power Syst. Res., vol. 50, no. 3, pp. 227–236, Jun. 1999.
- [9] A. Vargas and M. E. Samper, "Real-time monitoring and economic dispatch of smart distribution grids: High performance algorithms for DMS applications," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 3, no. 2, pp. 866–877, 2012.
- [10] M. Braun, "Reactive power supply by distributed generators," 2008 IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet. - Convers. Deliv. Electr. Energy 21st Century, pp. 1–8, Jul. 2008.
- [11] SIST EN 50160:2011, „Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih - Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks," SIST, Ljubljana, 2011.
- [12] F. Gubina, S. Gašperič, and D. Gerbec, Izdelava nadomestnih obremenitvenih diagramov za slovensko distribucijsko omrežje," Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko. Študijska naloga, Ljubljana, 2004.

Ernest Belič je diplomiral (2010) in magistriral (2013) na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Mariboru. Zaposlen je kot raziskovalec na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Njegovo raziskovalno področje obsega modeliranje, obratovanje in optimizacijo nizkonapetostnih distribucijskih omrežij v okviru pametnih omrežij.

Katarina Dežan je diplomirala (2006) in magistrirala (2011) na Ekonomsko-poslovni fakulteti Univerze v Mariboru. Zaposlena je v Laboratoriju za energetiko na Fakulteti za elektrotehniko računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, kjer sodeluje pri koordiniranju in vodenju domačih in mednarodnih projektov. Raziskovalno se ukvarja predvsem z investicijskim načrtovanjem, tržnim raziskovanjem in ekonomsko analizo na področju elektroenergetike.

Niko Lukač je diplomiral (2010) in magistriral (2012) na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. Trenutno je zaposlen kot mladi raziskovalec na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Njegovo raziskovalno delo obsega računanje z uporabo grafičnih procesnih enot, obdelavo daljinsko pridobljenih podatkov in modeliranje ter simulacijo obnovljivih virov električne energije.

Gorazd Štumberger je diplomiral (1989), magistriral (1992) in doktoriral (1996) na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. Zaposlen je kot redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Njegovo raziskovano področje obsega prenos električne energije in modeliranje, analizo ter vodenje elementov elektroenergetskega sistema.