

IZKORISTEK SOLARNIH RAZSMERNIKOV PRI PROIZVODNJI JALOVE MOČI

Primož SUKIČ, Dušan DREVENŠEK, Ernest BELIČ, Gorazd ŠTUMBERGER

POVZETEK

Članek opisuje možnost generiranja jalove moči z razsmerniki sončnih elektrarn. Na osnovi meritev izvedenih na razsmerniku sončne elektrarne pri različnih vrednostih delovne in jalove moči je določena karakteristika izkoristka. Slednja je aproksimirana s ploskvijo, ki opisuje izkoristek razsmernika v odvisnosti od generirane delovne in jalove moči. Omenjena karakteristika je uporabljena za ovrednotenje povečanja izgub v razsmerniku zaradi generacije jalove moči in analizo potenciala za generacijo jalove moči v razsmernikih sončnih elektrarn.

ABSTRACT

The paper discusses possibilities for reactive power generation using inverters for solar power plants. Measurements performed on an inverter for solar systems were performed for different values of generated active and reactive power in order to determine the efficiency characteristic. The obtained characteristic is approximated with a surface. It is applied to evaluate increase of inverter losses due to reactive power generation as well as to evaluate the potential of inverters in solar power plants for reactive power generation.

1. UVOD

V zadnjem obdobju je zaradi političnih in ekonomskih interesov (20-20-20) [1] zelo porasla razpršena proizvodnja električne energije. Zaradi subvencioniranega odkupa električne energije je naraslo predvsem število sončnih elektrarn. Te omogočajo, da se proizvodnja električne energije vsaj delno preseli tja, kjer se jo tudi porablja, torej v urbana območja. S tem se zmanjšajo prenosne izgube na vodih od konvencionalnih elektrarn do oddaljenih porabnikov električne energije.

Dodatno lahko zmanjšamo prenosne izgube, če lokalno potrebno jalovo moč Q v omrežju v točki priključitve sončne elektrarne proizvedejo razsmerniki sončnih elektrarn, ki to omogočajo. Še več, razsmerniki sončnih elektrarn lahko omogočajo prilagajanje trenutnim potrebam v omrežju po jalovi moči Q tako po amplitudi kot tudi po predznaku.

Količina jalove moči, ki jo lahko proizvaja razsmernik sončne elektrarne, omejuje maksimalni dovoljeni tok $i_{\max}$ razsmernika. Ker večina sončnih elektrarn deluje na

maksimalni moči malo časa, obstaja precejšen potencial, da se, v primeru potreb po jalovi moči, preostale kapacitete razsmernika izkoristijo za proizvodnjo jalove moči.

Članek obravnava spreminjanje izkoristka razsmernika sončne elektrarne v odvisnosti od generacije jalove moči. Osnova za to je izmerjena karakteristika izkoristka razsmernika sončne elektrarne, ki je podana kot funkcija delovne moči P in jalove moči Q . Omenjena karakteristika je aproksimirana s ploskvijo, slednja pa je uporabljena za ovrednotenje vpliva jalove moči na zmanjšanje izkoristka razsmernika in za ovrednotenje potenciala, ki ga razsmerniki sončnih elektrarn predstavljajo za generacijo jalove moči.

2. OMEJITVE RAZSMERNIKA

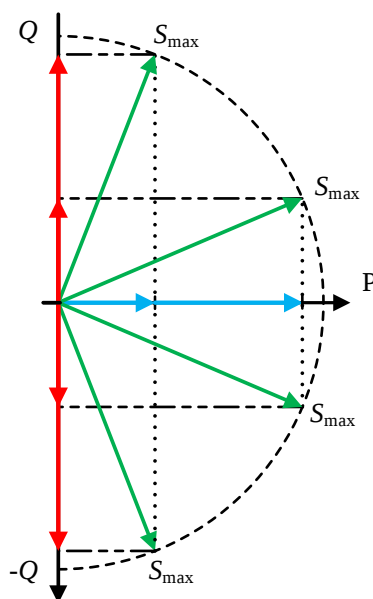
Razsmernik sončne elektrarne je v osnovi namenjen za pretvorbo energije iz sistema enosmernega toka in napetosti v sistem izmeničnega toka in napetosti. Ob tem mora poskrbeti še za impedančno prilagoditev sončnih celic, kar zagotavlja pretvorbo razpoložljive energije sončnega sevanja, ki doseže površino sončnih celicah, v električno s čim večjim izkoristkom.

Moč razsmernika omejujejo elementi močnostne elektronike iz katerih je zgrajen. Slednji mu določajo tudi glavno omejitev, to je maksimalna efektivna vrednost izhodnega toka $I_{\max}$ razsmernika. Ob upoštevanju zgolj osnovnih harmonskih komponent toka in napetosti, lahko ob upoštevanju efektivne vrednosti napetosti U_{ef} in maksimalna efektivna vrednost izhodnega toka pridemo do maksimalne navidezne moči $S_{\max}$ razsmernika sončne elektrarne, kot kaže enačba (1) [2].

$$S_{\max} = U_{\text{ef}} \cdot I_{\max} \quad (1)$$

Maksimalna vrednost jalove moči $Q_{\max}$, ki jo lahko da razsmernik, je izražena z izrazom (2). Odvisna je od maksimalne navidezne moči $S_{\max}$ razsmernika in od trenutne oddane delovne moči razsmernika P . Z večanjem oddane delovne moči se vrednost maksimalna možna generacija jalove moči $Q_{\max}$ zmanjšuje, kar kaže tudi slika 1.

$$Q_{\max} = \sqrt{S_{\max}^2 - P^2} \quad (2)$$



Slika 1: Razmerja med navidezno močjo S , delovno močjo P in jalovo močjo Q

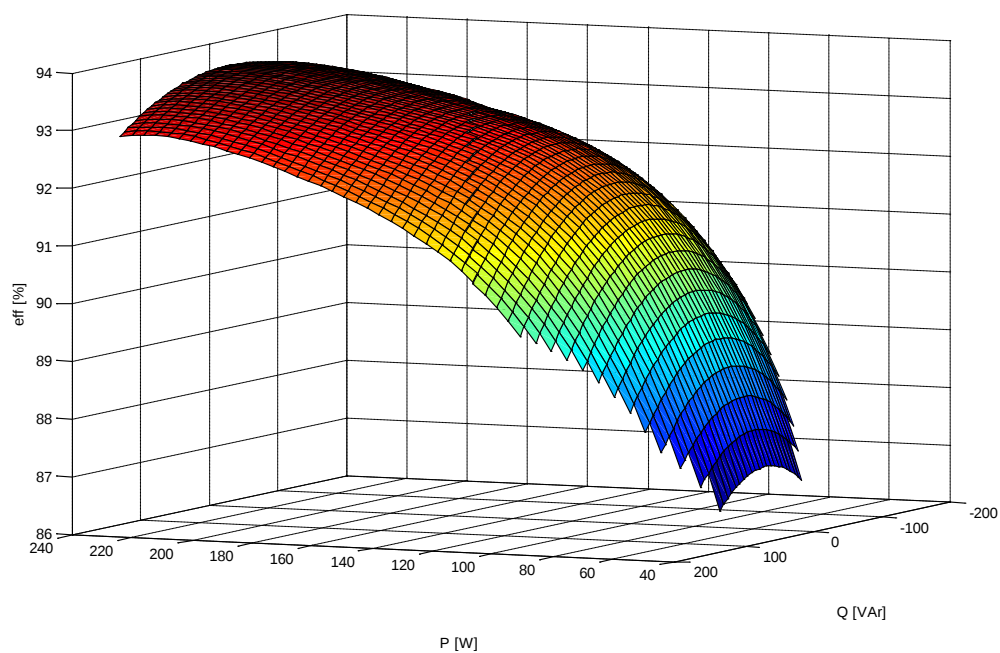
1 jasno kaže, da sta tako delovna kot tudi jalova moč na izhodu razsmernika omejeni z maksimalno navidezno močjo $S_{\max}$. Delovna moč predstavlja pretok energije iz sončnih celic v omrežje in je zato odvisna od gostote moči sončnega sevanja na površini sončnih celic, impedančne prilagoditve delovni točki sončnih celic, ki je zagotovljena s sledenju točki največje moči in z izkoristkom razsmernika. V skladu z enačbo (2) maksimalna jalova moč, ki jo lahko generira razsmernik odvisna od trenutne oddane delovne moči P . Manjša kot je moč sončnega sevanja na površini sončnih celic, manjša je tudi oddana delovna moč razsmernika. Z manjšanjem oddane delovne moči razsmernika se večja delež jalove moči, ki bi jo lahko generiral razsmernik. Slednja je kapacitivnega ($-Q$) ali induktivnega ($+Q$) značaja.

Večina razsmernikov ima trenutno določeno s kakšnim faktorjem $\cos(\varphi)=P/S$ mora delovati. V večini primerov je ta vrednost konstantna z možnostjo samonastavitve glede na napetostne razmere v točki priključitve sončne elektrarne na električno omrežje.

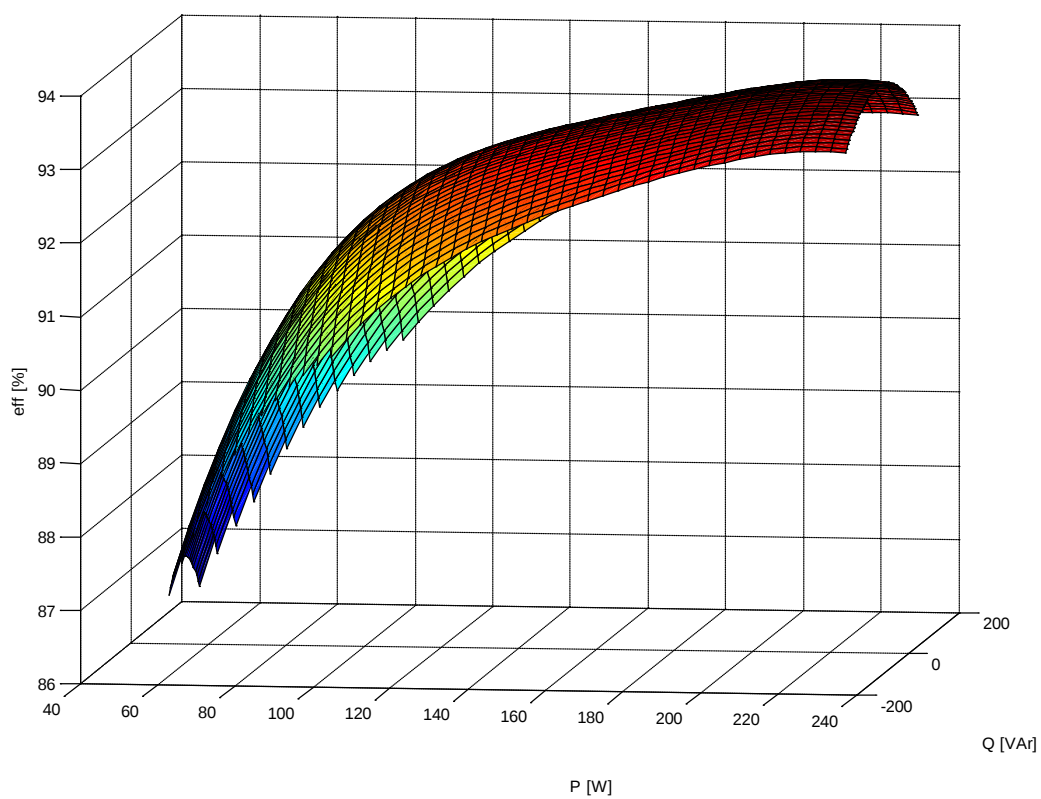
3. MERITVE RAZSMERNIKA

Da bi ovrednotili generacijo jalove moči na izkoristek razsmernika sončne elektrarne so bile narejene meritve. Opravljene so bile meritve razsmernika pri različnih delovnih točkah po korakih. Iskana je bila odvisnost izkoristka razsmernika pri spremembi delovne moči P in jalove moči Q . Merjen razsmernik je bil Mikro razsmernik 260 podjetja Letrika nazivne moči 260 VA.

Iz dobljenih meritvenih točk so bile narejene interpolacije krivulj izkoristka ter iz teh aproksimacija ploskve, ki je prikazana na sliki 2 in 3 in predstavlja izkoristek razsmernika v odvisnosti od generiranja različnih vrednosti delovne moči P in jalove moči Q .



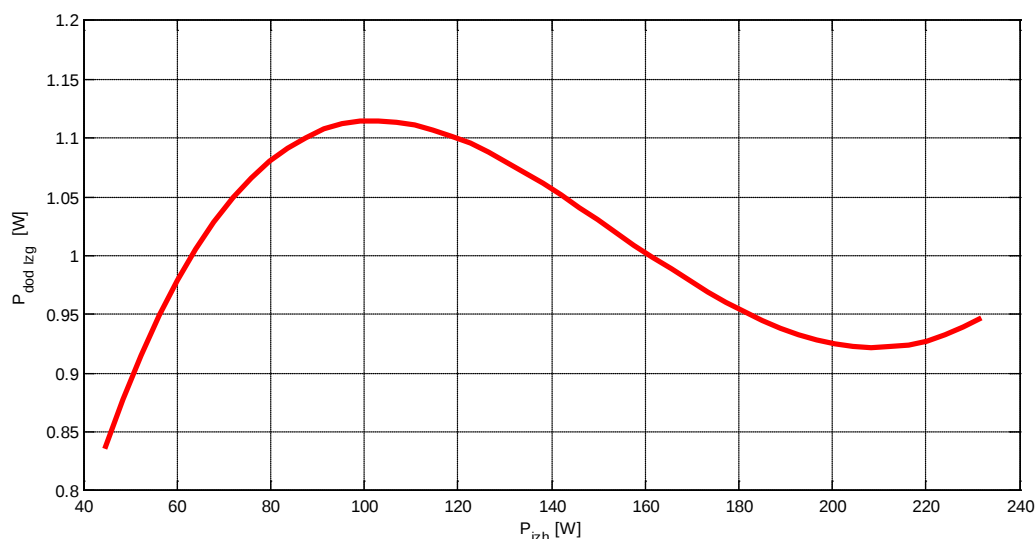
Slika 2: Karakteristika izkoristka razsmernika v odvisnosti od delovne in jalove moči



Slika 3: Karakteristika izkoristka razsmernika v odvisnosti od delovne in jalove moči

Iz slike 2 in 3 se vidi, da pri višanju jalove moči Q in konstantni vrednosti delovne moči P izkoristek pada. Pri nižjih vrednostih delovne moči P se ta giblje malo čez 1 %, pri višjih vrednostih delovne moči P pa za precej manj kot en odstotek. Torej se izgube pri generaciji jalove moči povečajo za relativno majhen delež, to je reda 1 %.

Isto grafično kaže slika 4 kjer je prikazan primer nastajanja dodatnih izgub v vatih pri konstantni generaciji jalove moči $Q = 100 \text{ VAr}$ in spreminjanju delovne moči P .



Slika 4: Prikaz dodatnih izgub ob generiranju konstantne vrednosti jalove moči $Q = 100 \text{ VAr}$ in spreminjanju delovne moči P

Na sliki 4 v točki največjih izgub pri generaciji delovne moči $P = 100 \text{ W}$ (jalove moči $Q = 100 \text{ VAr}$) je na razsmerniku dodatnih izgub le $P_{dod_izg} = 1,12 \text{ W}$ in to pri navidezni moči $S = 140 \text{ VA}$.

4. MOŽNOST GENERIRANJA JALOVE MOČI IZ SOLARNIH RAZSMERNIKOV

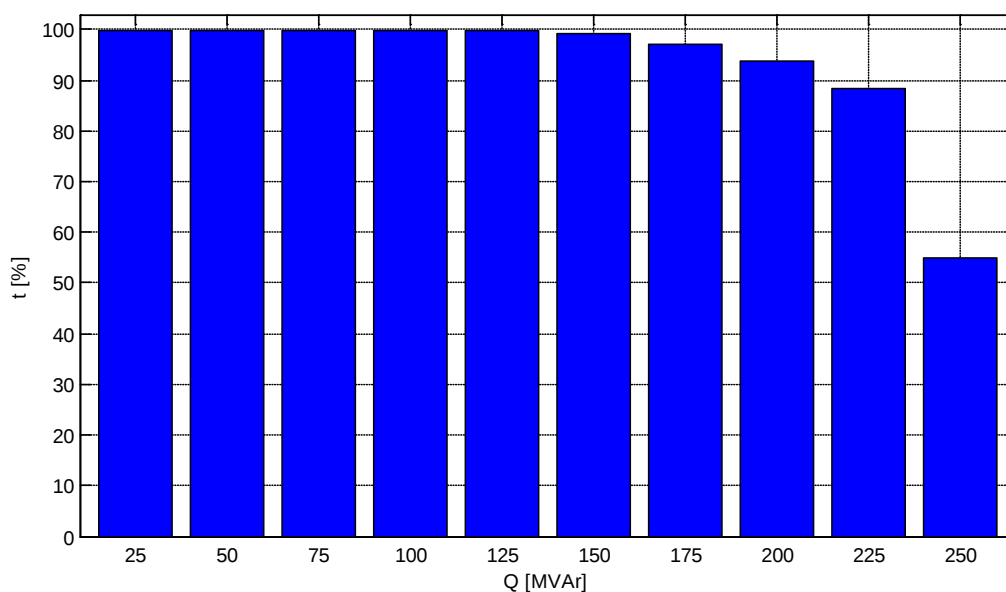
V [3] so podani podatki glede na realno obsevanost s soncem koliko časa v odstotkih lahko razsmerniki sončnih elektrarn generirajo določeno vrednost jalove moči Q . Zapisano je da je mogoče da solarni razsmerniki generirajo jalovo moč Q vse do 60 % dimenzionirane navidezne moči S , 99 % časa. Torej lahko 99% časa delujejo z vsaj $\cos(\varphi) \leq 0,8$. Če so razsmerniki predimenzionirani za 10 % pa lahko zagotavljajo ~80% razpoložljive moči za generacijo jalove moči Q , 98 % časa. Kar pomeni da za 10 % predimenzionirani razsmerniki lahko delujejo 98 % časa s $\cos(\varphi) \leq 0,6$. Do teh podatkov se pride ob upoštevanju celoletnega sončnega obsevanja po urah in teoretični predpostavki, da v nočnem času, ko ni sončnega obsevanja in proizvodnje delovne moči P , da se vse izgube, ki nastanejo za lastno delovanje razsmernika in generacijo jalove moči Q pokrijejo iz omrežja.

Tabela 1 prikazuje časovno zmožnost generiranja jalove moči Q v odstotkih časa [3]. Torej koliko časa lahko razsmernik zagotavlja določeno jalovo moč Q . Podana sta dva primera razsmernikov. Prvi je razsmernik nazivne navidezne moči $S_1 = 100$ kVA in za 10 % predimenzioniran razsmernik torej $S_2 = 110$ kVA.

Tabela 1: Časovna zmožnost generiranja jalove moči Q za primer razsmernika z nazivno navidezno močjo $S = 100$ kVA in za 10 % predimenzioniran razsmernik [3]

Q [kVAr]	Možnost generiranja jalove moči v [%] časa	
	$S_1 = 100$ kVA	$S_2 = 110$ kVA
100	55,0 %	89,1 %
90	88,4 %	94,7 %
80	93,7 %	98,3 %
70	97,1 %	99,8 %
60	99,3 %	>99,9 %
50	99,9 %	>99,9 %
40	>99,9 %	100 %
30	>99,9 %	100 %
20	>99,9 %	100 %
10	>99,9 %	100 %

Tabela 1 prikazuje, da obstaja velik potencial generiranja jalove moči Q z razsmerniki sončnih elektrarn. Če teoretično obravnavamo za vse sončne elektrarne v Sloveniji, ki trenutno obratujejo, da bi omogočale poljubno nastavljanje jalove moči Q , bi lahko glede na zgornje ugotovitve in predpostavke ter glede na podatek, da je v Sloveniji do konca leta 2013 instalirana moč vseh sončnih elektrarn čez 250 MVA [4], bi lahko razsmerniki 99% časa generirali jalovo moč $Q = 150$ MVar, kot kaže slika 5. Ob posplošitvah, kot so na primer, da imajo vsi razsmerniki enak izkoristek in možnost poljubnega spreminjanja jalove moči Q .



Slika 5: Časovna razpoložljivost generacije jalove moči vseh slovenskih sončnih elektrarn skupaj.

5. ZAKLJUČEK

Članek predstavlja zanimiv potencial variabilnega generiranja jalove moči Q z razsmerniki sončnih elektrarn. S tem se lahko zmanjša prenosne izgube ob zagotavljanju jalove moči blizu porabnikov. Razsmerniki so se že sedaj s trenutno razpoložljivo tehnologijo sposobni v nekaj milisekundah prilagoditi razmeram omrežja. Z razvojem tehnologije in z nižanjem cen razsmernikov bo v bodoče ta potencial še rasel. Zato je smiselno v bodoče usmeriti zanimanje na to področje.

6. VIRI

- [1] A. Tolón-Becerra, X. Lastra-Bravo in F. Bienvenido-Bárcena, „Proposal for territorial distribution of the EU 2020 political renewable energy goal,“ *Renewable Energy*, Izv. 36, pp. 2067-2077, 2011.
- [2] K. Turitsyn, P. Šulc, S. Backhaus in M. Chertkov, „Local Control of Reactive Power by Distributed Photovoltaic Generators,“ v *Smart Grid Communications*, Gaithersburg, 2010.
- [3] M. Braun, „REACTIVE POWER SUPPLIED BY PV INVERTERS -,“ v *22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, Milan, Italy, 2007.
- [4] „<http://www.energetika-portal.si/>,“ Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, [Elektronski]. Available: <http://www.energetika-portal.si/novica/n/pregled-fotovoltalnega-trga-v-sloveniji-8700/>. [Poskus dostopa 4 2014].

NASLOV AVTORJEV

Primož Sukič, mag. inž. el.

dr. Dušan Drevenšek, univ. dipl. inž. el.

Ernest Belič, mag. inž. el.

red. prof. dr. Gorazd Štumberger, univ. dipl. inž. el.

Univerza v Mariboru, Fakulteta, za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija

Tel: + 386 2 220 71 59

Elektronska pošta: primoz.sukic@um.si