

Solarno-električna konverzija

Tehnička škola, Kula
7. maj 2015. godine
Autor: Dr Nándor Burány

1

Domet korišćenja energije sunca

- Moguće je **na krovu svoje kuće** proizvesti “svoju struju” (mesečna potrošnja na nivou mesečne proizvodnje)
- **Koliko m²** foto-naponskih ćelija je potrebno?
Sa 30m² dobija se oko 500 kWh za mesec dana.
<http://www.sma.de/en/home-systems/solar-calculator.html>
- Broj sunčanih sati u godini se može naći na meteorološkim sajtovima.
<http://www.currentresults.com/Weather/Europe/Cities/sunshine-annual-average.php>

2

Upoređenje sa vetrenjačama

- Velika i skupa konstrukcija
- Problematična je bezbednost
- Potreban je dodatni stepen konverzije – električni generator
- Malo ima pogodnog vetra na našem terenu



Fotonaponski paneli

- Direktno pretvaraju energiju sunca u električnu energiju.
- Ne mešati sa termalnim panelima!
- Karakteristike:
 - insolacija $\sim 1\text{kW}/\text{m}^2$
 - COP $\sim 15\%$
 - snaga $\sim 150\text{ W}/\text{m}^2$
 - cena panela $\sim 1\text{ €/W}$

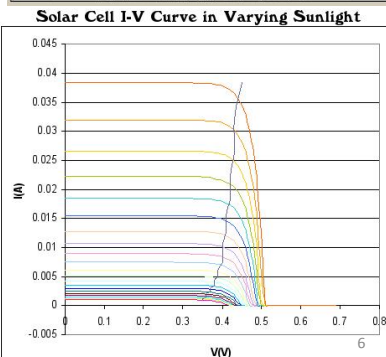
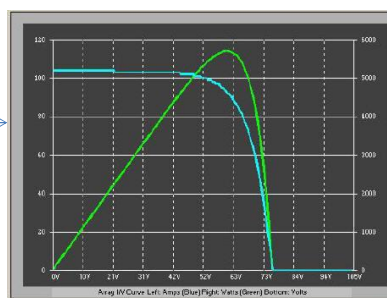
Orijentacija panela

- Fiksna – jeftino rešenje ali manja ukupna energija se dobije. →
- Praćenje sunca (po azimutu i/ili elevaciji) – složena i skupa tehnika, retko se primenjuje
- Fiksni paneli se postavljaju s orijentacijom na jug i sa elevacijom koja daje maksimalnu energiju u toku godine.
<http://www.solarpaneltilt.com/>



MPPT

- Električna snaga koju može da odaje panel pri određenoj insolaciji zavisi od radne tačke – zavisi kojom strujom teretimo panel – potrebna je regulacija. →
- Dovođenje u optimalnu radnu tačku – maximum power point tracking – MPPT. →
- Optimalna radna tačka varira i sa insolacijom.

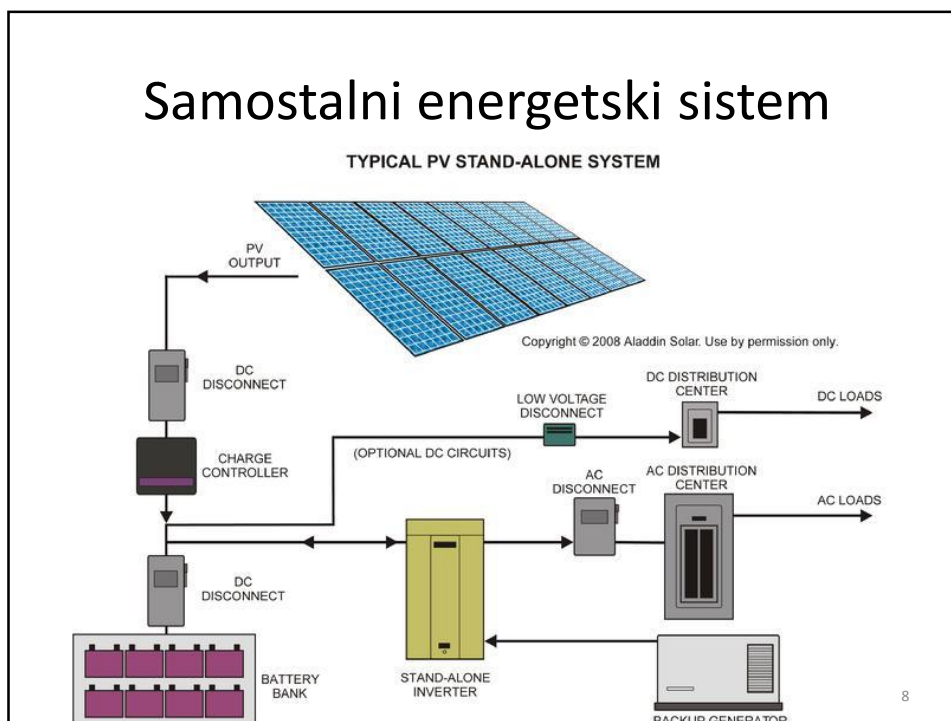


Korišćenje dobijene električne energije

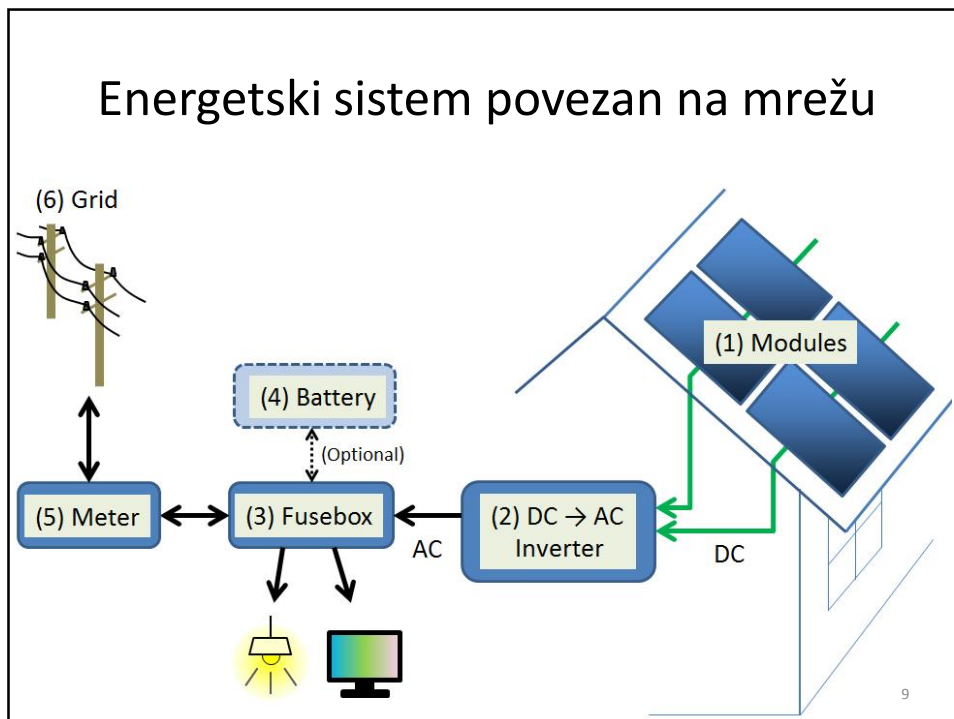
- **Ubacivanje u mrežu** (grid connected solar system) – više popularno u svetu
 - ugovor sa državom – subvencionisana cena, teško dobiti status
 - ugovor sa snabdevačem – prodaja na slobodnom tržištu (cena oko 100 €/MWh)
 - crne varijante?
- **Samostalni elektro-energetski sistem** (off-grid system) – uglavnom se koristi samo ako nema mreže na datoj lokaciji – skuplje je zbog baterija i zbog dodatnog stepena konverzije – bilo popularno kod nas ali se polako menja svest.

7

Samostalni energetski sistem

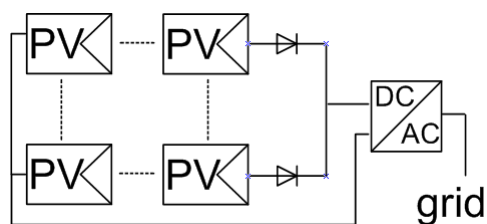


Energetski sistem povezan na mrežu

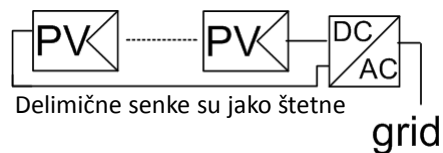


Veze panela i invertora

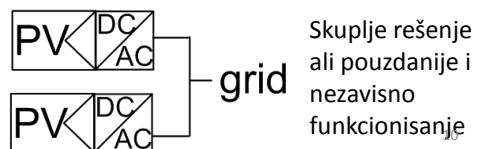
1. Centralni inverter sa redno- paralelnom vezom panela – velika snaga invertora



2. String invertori – redna veza panela daje veći napon, lakše je podizati napon na nivo mrežnog napona



3. Mikro invertori – svaki panel ima svoj inverter - male snage



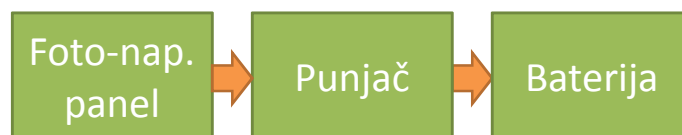
Elektronski uređaji u oblasti konverzije energije solarnih panela

- Za posebne funkcije (možemo ih naknadno kombinovati po želji):
 - regulator punjenja akumulatora
 - inverter – samostalni (off-grid) i mrežom vođeni (on-grid)
- Kombinovani/univerzalni uređaji:
 - UPS sa solarnim punjačem

11

Solarni punjači akumulatora - regulatori -

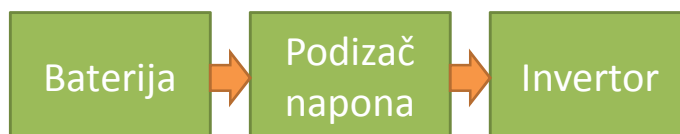
- Regulacija struje akumulatora
- MPPT, ako ima potrebe za maks. snagom
- Regulacija napona punjenja
- Zaštita od potpražnjenja



12

Samostalni (off-grid) inverter

- Pravougaoni ili sinusni izlaz
- Izlaz uglavnom izolovan od ulaza
- Kod ovakvih sistema većinom je neophodna **baterija** – dobar deo potrošača traži stalno napajanja, a solarna energija je jako varijabilna
- Baterija je redovno niskog napona, potreban je **DC/DC pretvarač** koji **podiže napon** do nivoa koji je dovoljan za rad direktno spregnutog invertora (350Vdc ili 2x350Vdc)



13

Kombinovani uređaji

U jednom sklopu više funkcija:

- Solarni punjač
- Mrežni punjač
- Unutrašnja i spoljna baterija
- Sinusni inverter
- DC izlazi (USB - 5V, car connector - 12V)



14

Mrežom vođeni invertori

- Klasifikacija
- Topologije
- MPPT
- Standardizacija tehničkih zahteva prema inverterima

15

Klasifikacija invertora

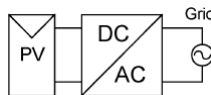
Kriterijumi:

- Broj energetskih modula
- U kom stepenu se vrši filtracija? (panel daje konstantnu struju a inverter povlači pulsirajuću struju osnovne frekvencije od 100Hz)
- Da li je izlaz izolovan od ulaza? (ukidanje galvanske sprege pomoću transformatora nije neminovno)
- Broj faza

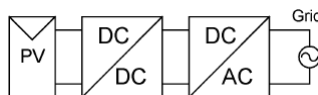
16

Broj energetskih modula

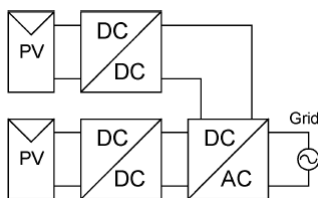
- Jedan jedini modul obavlja sve funkcije: MPPT, podizanje napona, DC-AC pretvaranje i kontrolu struje injektovane u mrežu.



- Dvostepeni sistem: DC-DC konvertor je odgovoran za MPPT a DC-AC konvertor kontroliše struju mreže. Podizanje napona može biti realizovano bilo u prvom, bilo u drugom modulu.



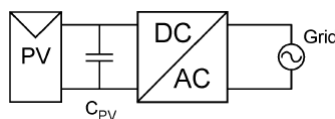
- Dvostepeni sistem u kome svaki niz panela je spojen na poseban DC-DC pretvarač, a inverter je zajednički.



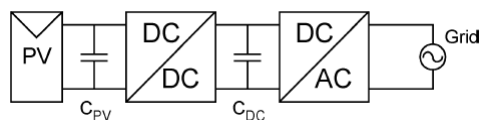
17

Pozicija glavnog filterarskog kondenzatora

- Kod panela. Panel ne radi dobro sa pulsirajućom strujom.



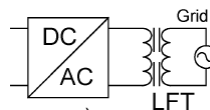
- Između DC-DC pretvarača i invertora. Tu je redovno veći napon, dovoljna je mnogo manja kapacitivnost.



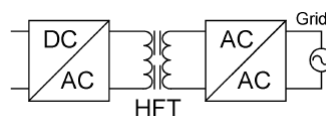
18

Da li da se koristi transformator?

- Transformator na 50Hz – sigurno rešava problem injekcije DC struje u mrežu ali je skup i glomazan.



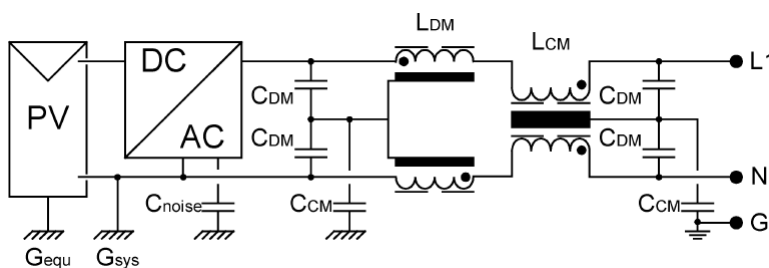
- U savremenim rešenjima uglavnom se koriste VF transformatori u DC-DC pretvaraču radi izolacije panela od mreže i radi postizanja visokog stepena iskorišćenja u malom gabaritu.



19

Beztransformatorsko rešenje

- Transformator nije neophodan za postizanja visokog stepena iskorišćenja ako je ulazni napon relativno velik (slične vrednosti kao što je mrežni napon).
- Topologija treba da je takva da se neka tačka panela (obično minus ili sredina) može povezati na nulu mreže.



20

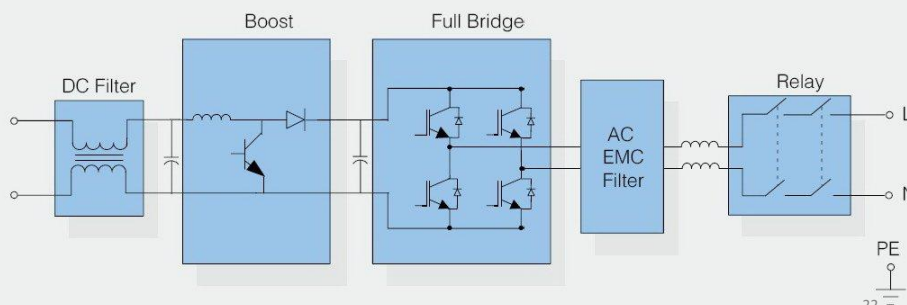
Poznate topologije

- U literaturi postoji veliki izbor šema po kojima se mogu realizovati solarni invertori – aktuelna tema u nauci
- Odluka u vezi izbora topologije zavisi od zahteva i ciljeva projekta: da li je potrebna izolacija panela od mreže, koji je nivo snage, minimalan broj komponenti, maksimalan stepen iskorišćenja itd.
- Na narednim slajdovima su prikazane razne poznate topologije.

21

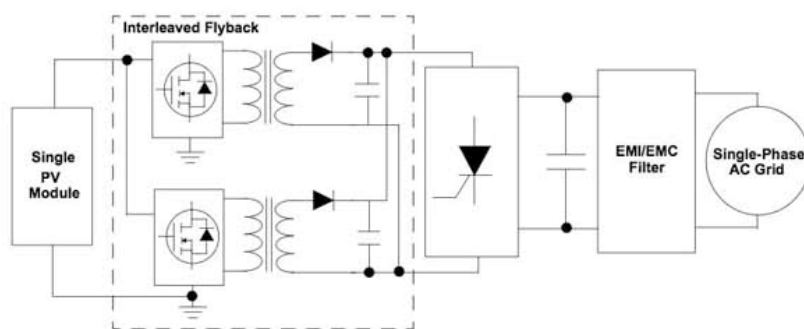
Topologije - 1

- Podizanje jednosmernog napona boost konvertorom
- Formiranje naizmjeničnog napona mostnim PWM invertorom



Topologije - 2

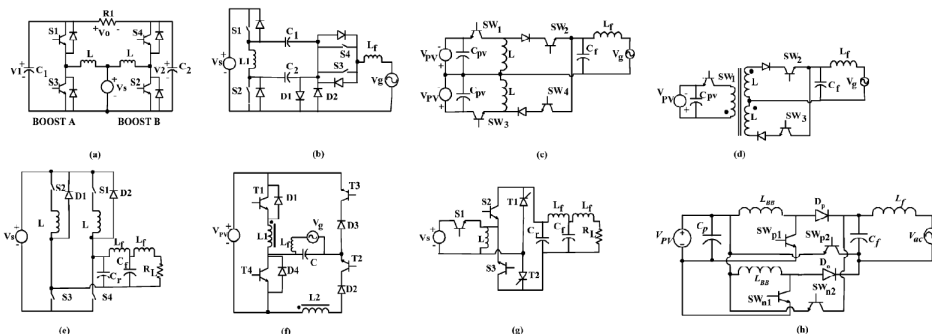
- Mikroinverter sa podizačem napona dvostruke flyback topologije + inverter na 50Hz



23

Topologije - 3

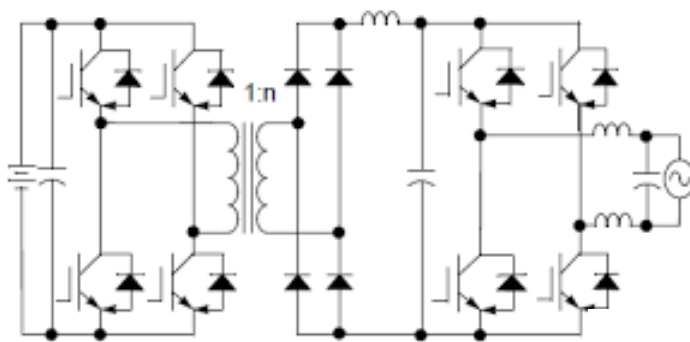
- Razne jednostepene topologije, dobrim delom neizolovane



24

Topologije - 4

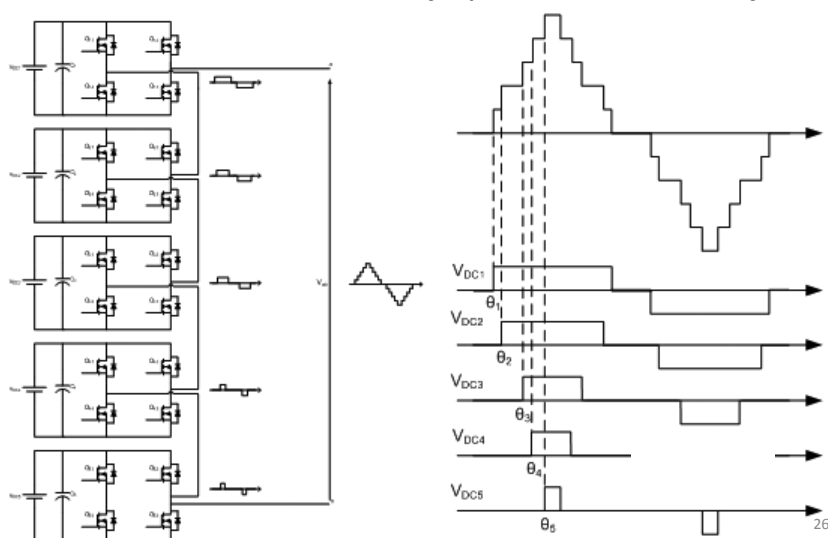
- Podizač napona sa mostnim DC-DC konvertorom
- Invertor mostne topologije



25

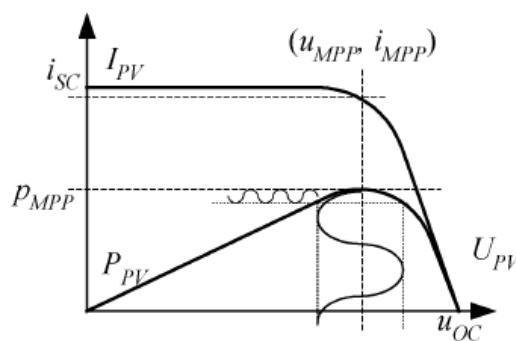
Topologije - 5

- Multilevel inverter – manja potreba za filtracijom



Zahtevi u vezi MPPT-a

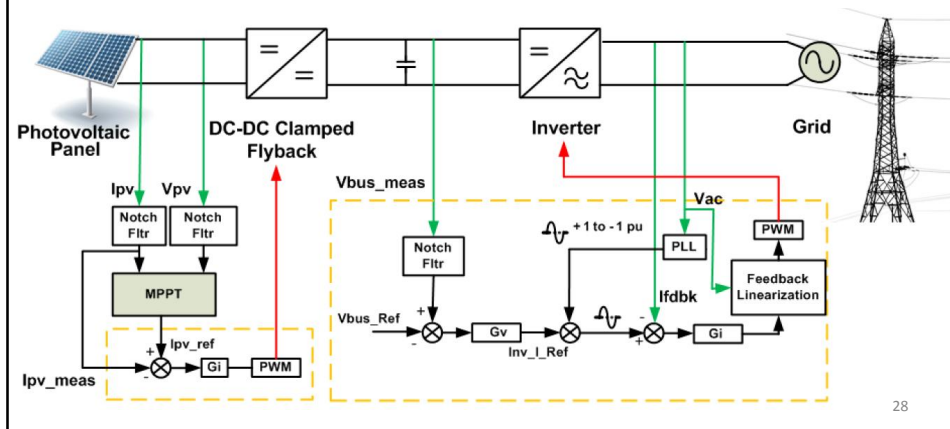
- Traženje radne tačke sa maksimalnom snagom dovodi do namernog pomeranja istog
- Ne smeju se vršiti velike promene da ne bi bilo velikog odstupanja od maksimuma (u proseku)
- Mali koraci uvode nesigurnost u odlučivanje



27

Realizacija MPPT kod solarnih invertora

- MPPT algoritam implementiran u prvom stepenu



28

Standardizacija solarne opreme

- Generalni zahtevi za električne uređaje: **bezbednost, RF smetnje...**
- Propisan je maksimalni sadržaj **viših harmonika** struje koja sme da se ubacuje u mrežu
- Limitirana je **DC komponenta** struje koja sme da se ubacuje u mrežu (izbegava se zasićenja distributivnih transformatora)
- Invertor treba da detektuju **nestanak mrežnog napona** i da prekine svoj rad radi bezbednosti serviseru
- Uzemljavanje panela pri većim naponima i detekcija eventualnog **zemljospoja**

29

Viši harmonici struje

- Razni standardi propisuju razne maksimalne vrednosti
- Propisani su i uslovi merenja

SUMMARY OF THE MOST INTERESTING STANDARDS DEALING WITH INTERCONNECTIONS OF PV SYSTEMS TO THE GR

ISSUE	IEC61727 [3]	IEEE1547 [5]	EN61000-3-2 [4]
Nominal power	10 kW	30 kW	16 A × 230 V = 3.7 kW
Harmonic currents (Order – h) Limits	(3-9) 4.0% (11-15) 2.0% (17-21) 1.5% (23-33) 0.6%	(2-10) 4.0% (11-16) 2.0% (17-22) 1.5% (23-34) 0.6% (> 35) 0.3%	(3) 2.30 A (5) 1.14 A (7) 0.77 A (9) 0.40 A (11) 0.33 A (13) 0.21 A (15-39) 2.25/h
	Even harmonics in these ranges shall be less than 25% of the odd harmonic limits listed.		Approximately 30% of the odd harmonics -see standard.
Maximum current THD	5.0%		-
Power factor at 50% of rated power	0.90	-	
DC current injection	Less than 1.0% of rated output current.	Less than 0.5% of rated output current.	< 0.22 A -corresponds to a 50 W half-wave rectifier.
Voltage range for normal operation	85% - 110% (196 V – 253 V)	88% - 110% (97 V – 121 V)	-
Frequency range for normal operation	50 ± 1 Hz	59.3 Hz to 60.5 Hz	-

30

Detekcija ispada mreže – zaustavljanje invertora

- Važna osobina mrežom vođenih invertora - propisano standardima radi bezbednosti servisera
- Pasivne metode: na bazi praćenja napona
- Aktivne metode: primenjuju se namerne perturbacije injektovane struje i prati se odziv – gleda se impedansa mreže.

31

Želim vam puno sreće i uspeha u korišćenju sunčeve energije!

