

Primjena elektroničkih energetske pretvarača u sustavima obnovljivih izvora energije

Špoljarić, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:256074>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

Sveučilišni studij

**PRIMJENA ELEKTRONIČKIH ENERGETSKIH
PRETVARAČA U SUSTAVIMA OBNOVLJIVIH IZVORA
ENERGIJE**

Diplomski rad

Mario Špoljarić

Osijek, 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Zadatak diplomskog rada.....	1
2. ENERGIJA.....	2
2.1. Energetska učinkovitost.....	2
2.1.1. Učinkovita uporaba energije	3
2.2. Klasifikacija energetskih izvora	4
2.3. Energija sunca.....	4
2.3.1. Sunčevo zračenje	6
2.4. Energija vjetra.....	6
2.5. Prednosti obnovljivih izvora energije.....	7
3. ELEKTRONIČKI ENERGETSKI PRETVARAČI.....	8
3.1. Pretvarači koji povezuju izmjeničnu mrežu i istosmjerno trošilo	8
3.1.1. Neupravljivi ispravljači.....	8
3.1.2. Upravljivi ispravljač.....	10
3.1.3. Diodni ispravljač s uzlaznim pretvaračem u kaskadnom spoju	14
3.1.4. Upravljivi ispravljač s pulsno-širinskom modulacijom (PWM upravljivi ispravljač).....	15
3.2. Pretvarači koji povezuju istosmjernu mrežu i istosmjerno trošilo	17
3.2.1. Silazni pretvarač.....	18
3.2.2. Uzlazni pretvarač	19
3.2.3. Uzlazno-silazni pretvarač.....	21
3.3. Pretvarači koji povezuju istosmjernu mrežu i izmjenično trošilo	22
3.3.1. Sinusna pulsno-širinska modulacija (SPWM)	22
3.3.2. Rad jednofaznog izmjenjivača	24
3.3.3. Rad trofaznog izmjenjivača	26
3.4. Pretvarači koji povezuju izmjeničnu mrežu i izmjenično trošilo	27
3.4.1. Sklopna kontrola	28
3.4.2. Fazna kontrola.....	28
4. PRIMJENA ELEKTRONIČKIH ENERGETSKIH PRETVARAČA U SUSTAVIMA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	29
4.1. Fotonaponski sustavi	29
4.1.1. Osnove fotonaponskih ćelija.....	29

4.1.2. Osnovni dijelovi fotonaponskog sustava	30
4.1.3. Mrežni fotonaponski sustavi	31
4.1.4. Otočni fotonaponski sustavi.....	32
4.1.5. Regulator punjenja	33
4.1.5.1. Baterije u fotonaponskim sustavima	34
4.1.5.2. Šant regulator punjenja.....	35
4.1.5.2.1. Pulsirajući šant regulator punjenja	36
4.1.5.2.2. Linearni šant regulator punjenja	36
4.1.5.3. Serijski regulator punjenja	36
4.1.5.3.1. Pulsirajući serijski regulator punjenja	37
4.1.5.3.2. Pulsirajući serijski dvokoračni regulator punjenja s konstantnom strujom....	37
4.1.5.4. Regulator punjenja, pulsno-širinski moduliran (PWM).....	37
4.1.5.5. Izbor regulatora punjenja	38
4.1.5.6. Rad bez regulatora punjenja	39
4.1.5.7. Korištenje niskonaponskih samoregulirajućih modula	39
4.1.5.8. Korištenje velikih baterija ili malih fotonaponskih sustava	39
4.1.6. Izmjenjivači fotonaponskih sustava	40
4.1.6.1. Centralni izmjenjivač	41
4.1.6.2. String izmjenjivači	42
4.1.6.3. Multi-string izmjenjivači.....	43
4.1.6.4. Mikro-izmjenjivači	44
4.1.6.5. Topologija izmjenjivača	45
4.1.6.5.1. Pravokutni i modificirani pravokutni izmjenjivači.....	45
4.1.6.5.2. Sinusni izmjenjivači	48
4.1.6.5.3. Višerazinski pretvarači	51
4.1.6.6. Princip rada izmjenjivača	52
4.1.6.7. Izvedbe izmjenjivača.....	53
4.1.6.7.1. Izmjenjivači s niskofrekventnim transformatorom.....	54
4.1.6.7.2. Izmjenjivači s visokofrekventnim transformatorom.....	54
4.1.6.7.3. Izmjenjivači bez transformatora	55
4.2. Vjetroelektrane	57
4.2.1. Karakteristike vjetra.....	57
4.2.2. Vjetroturbina	57

4.2.3. Spajanje vjetroagregata na mrežu	63
4.2.3.1. Vjetroelektrane s fiksnom brzinom vrtnje.....	63
4.2.3.2. Asinkroni generator s elektronički upravljivim vanjskim djelatnim otporom	64
4.2.3.3. Asinkroni generator s dvostranim napajanjem.....	65
4.2.3.4. Generator povezan s mrežom preko frekventnog pretvarača.....	66
4.2.3.5. Sinkroni generator s pretvaračem brzine i momenta.....	66
4.2.4. Pretvarači za vjetroagregate	67
4.2.4.1. Sinkroni generator s permanentnim magnetom	67
4.2.4.1.1. Tiristorski izmjenjivač.....	67
4.2.4.1.2. Izmjenjivač s tvrdim sklapanjem.....	68
4.2.4.1.3. Izmjenjivač s istosmjernim međukrugom.....	68
4.2.4.1.4. Dvostrano napajani pretvarači	69
4.2.4.1.5. Nekonvencionalne sheme	70
4.2.4.2. Dvostruko napajani asinkroni generator	71
4.2.4.2.1. Kramer pogon i tiristorski pretvarači.....	71
4.2.4.2.2. Dvostrano napajani pretvarači	71
4.2.4.2.3. Matrični pretvarač.....	73
4.2.4.3. Asinkroni generatori.....	74
4.2.4.4. Sinkroni generatori	74
4.2.4.5. Frekvencijski pretvarači u vjetroagregatima	74
4.2.4.6. Upravljanje mrežnim pretvaračem	75
4.2.5. Spajanje na mrežu	76
4.3. Hibridni sustavi.....	80
4.3.1. Hibridni sustav s vjetroagregatom i FN sustavom.....	81
4.3.1.1. Ćuk-SEPIC pretvarač	81
4.3.2. Hibridni sustav s fotonaponskim sustavom i dizel-agregatom	84
4.3.3. Fotonaponski izmjenjivač	85
4.4. Gorivne ćelije	86
4.4.1. Tehnologija gorivnih ćelija	86
4.4.1.1. Važnost gorivnih ćelija.....	87
4.4.1.2. Vrste gorivnih ćelija	88
4.4.1.3. Električno ponašanje gorivnih ćelija	90
4.4.1.4. Potreba za elektroničkim pretvaračima	91

4.4.1.5. Istosmjerni pretvarači	93
4.4.1.5.1. Vrste istosmjernih pretvarača	94
4.4.1.6. Uzlazni pretvarač.....	94
4.4.1.7. Kaskadni uzlazni istosmjerni pretvarač.....	96
4.4.1.8. Miješani uzlazni istosmjerni pretvarač.....	98
4.4.1.9. Izolirani pretvarači	101
4.4.1.10. Flyback pretvarač	101
4.4.1.11. Izravni pretvarač.....	102
4.4.1.12. Protutaktni pretvarač	104
4.4.1.13. Polumosni pretvarač	105
4.4.1.14. Mosni pretvarač.....	106
4.4.2. Izmjenjivači.....	107
4.4.2.1. Jednofazni izmjenjivač	107
4.4.2.2. Polumosna konfiguracija.....	107
4.4.2.3. Polumosna konfiguracija s omskim teretom	108
4.4.2.4. Polumosna konfiguracija s radnoinduktivnim teretom	108
4.4.2.5. Mosna konfiguracija.....	108
4.4.2.6. Mosna konfiguracija s omskim teretom	109
4.4.2.7. Mosna konfiguracija s radno-iduktivnim teretom	110
4.4.2.8. Trofazni izmjenjivač	110
4.4.2.9. Z izmjenjivač.....	111
4.4.2.10. Rezonantni izmjenjivač	113
5. ZAKLJUČAK	114
LITERATURA.....	116
SAŽETAK.....	118
ABSTRACT	119
ŽIVOTOPIS	120

SAŽETAK

Diplomski rad opisuje pojam energiju i iz kojih obnovljivih izvora se može proizvesti energija. Opisani su elektronički energetske pretvarači i dana je njihova podjela. Elektronički energetske pretvarači se dijela na pretvarače koji povezuju izmjeničnu mrežu i istosmjerno trošili, pretvarači koji povezuju istosmjernu mrežu i istosmjerno trošilo, pretvarači koji povezuju istosmjernu mrežu i izmjenično trošilo i na pretvarače koji povezuju izmjeničnu mrežu i izmjenično trošilo. Također je svaka podjela pretvarača opisana. U zadnjem dijelu opisana je primjena elektroničkih energetske pretvarača u fotonaponskim sustavima, vjetroelektranama, hibridnim sustavima i gorivnim ćelijama.

Ključne riječi: energija, pretvarač, izmjenjivač, ispravljач, obnovljivi izvori energije, fotonaponski sustavi, vjetroelektrane, hibridni sustavi, gorivne ćelije.

ABSTRACT

Paper describes energy and renewable energy sources. It contains descriptions of power converters for connecting AC source with DC load, DC source with AC load, AC source with AC load and DC source with DC load. Paper also describes applications of power converters in PV systems, wind turbines, fuel cells and hybrid systems.

Key words: energy, converter, inverter, rectifier, renewable energy source, photovoltaic system, wind-turbines, hybrid systems, fuel cells