

**UNIVERZITET „PRIVREDNA AKADEMIJA“
BRČKO DISTRIKT
BOSNA I HERCEGOVINA**

**FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
STUDIJSKI PROGRAM: ELEKTROTEHNIKA
MODUL: ELEKTROENERGETIKA**



**TEMA: PRIKLJUČENJE I UTICAJ
FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KVALITET
ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNE MREŽE
- DIPLOMSKI RAD-**

Mentor

Doc. dr. Amir Softić, dipl. ing. el.

Student

Jelena Stajić, OE-013/25

Brčko, jul 2026. godine

SADRŽAJ

1. UVOD	5
1.1. Predmet i značaj istraživanja	5
1.2. Ciljevi rada.....	6
1.3. Metodologija istraživanja.....	6
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I RAZVOJ FOTONAPONSKIH ELEKTRANA.....	7
2.1. Globalni energetske izazovi i dekarbonizacija	7
2.2. Istorijski razvoj solarne energije.....	9
2.3. Uloga fotonaponskih elektrana u energetskom sistemu.....	10
2.4. Međunarodni sporazumi i klimatska politika (Kyoto protokol)	12
3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA.....	14
3.1. Konstrukcija i komponente fotonaponskih elektrana	14
3.1.1. Solarni moduli	14
3.1.2. Invertori	15
3.1.3. Zaštitna oprema	15
3.1.4. Mjerni uređaji	15
3.2. Princip rada fotonaponskih ćelija.....	17
3.3. Vrste fotonaponskih sistema.....	18
3.3.1. Autonomni (samostalni / "Off-Grid") fotonaponski sistemi	19
3.3.2. Mrežni ("On-Grid" / "Grid-Tied") fotonaponski sistemi	19
3.3.3. Hibridni fotonaponski sistemi	20
3.4. Proizvodnja električne energije iz FNE	21
3.4.1. Mehanizam fotoelektrične konverzije	21
3.4.2. Matematički model proračuna proizvodnje energije	22
3.4.3. Faktori koji utiču na efikasnost proizvodnje	22
4. PRIKLJUČENJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU.....	24
4.1. Distributivna elektroenergetska mreža – osnovne karakteristike	24
4.2. Tehnički uslovi za priključenje FNE	24
4.2.1. Kriterij dozvoljene snage.....	25
4.2.2. Kriterij snage kratkog spoja.....	26
4.2.3. Kriterij flikera	26
4.2.4. Kriterij dozvoljenih struja viših harmonika.....	27
4.3. Postupak priključenje proizvođača na distributivnu mrežu	27

4.3.1.	Podnošenje zahtjeva za priključenje.....	28
4.3.2.	Tehnička analiza i studija priključenja	30
4.3.3.	Izdavanje elektroenergetske saglasnosti.....	31
4.3.4.	Izgradnja i tehnička realizacija priključka.....	32
4.3.5.	Ispitivanje i puštanje u rad.....	34
4.3.6.	Ugovor o korištenju mreže i eksploatacija	35
4.4.	Zahtjevi za zaštitu i upravljanje	36
4.4.1.	Električna zaštita sistema.....	37
4.4.2.	Prenaponska zaštita i uzemljenje.....	37
4.4.3.	Zaštita od ostrvskog rada (anti-islanding)	37
4.4.4.	Upravljanje radom fotonaponske elektrane.....	38
4.4.5.	SCADA i sistemi daljinskog nadzora	38
4.4.6.	Upravljanje snagom i stabilnost mreže.....	38
4.5.	Mrežni kodeksi i tehnička regulative	38
5.	KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA.....	42
5.1.	Pojam kvaliteta električne energije.....	42
5.2.	Parametri kvaliteta električne energije	42
5.2.1.	Mrežna frekvencija	43
5.2.2.	Veličina napona napajanja.....	43
5.2.3.	Jakost treperenja (eng. Flicker)	43
5.2.4.	Nesimetrija napona napajanja.....	44
5.2.5.	Viši harmonici	44
5.2.6.	Naponski propadi.....	45
5.2.7.	Kratkotrajni i dugotrajni prekidi u napajanju	45
6.	UTICAJ FOTONAPONSKIH ELEKTRANA NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE	46
6.1.	Pozitivni efekti integracije FNE.....	46
6.2.	Uticaj na naponski profil mreže.....	47
6.3.	Povratni tokovi snage.....	48
6.4.	Uticaj na gubitke u mreži.....	48
6.5.	Harmonijska izobličenja usljed rada invertora	49
6.6.	Flikeri i promjene napona	50
6.7.	Uticaj na zaštitne sisteme distributivne mreže.....	50
6.8.	Problemi pri velikom udjelu distribuirane proizvodnje	51

7. STUDIJA SLUČAJA	52
7.1. Opis analizirane distributivne mreže	52
7.2. Tehničke karakteristike fotonaponske elektrane.....	52
7.3. Model mreže i simulacioni alat.....	53
7.4. Analiza stanja prije priključenja FNE.....	53
7.5. Analiza stanja nakon priključenja FNE	53
7.6. Poređenje rezultata sa zahtjevima EN 50160.....	54
7.7. Diskusija rezultata.....	54
8. MJERE ZA POBOLJŠANJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE	55
8.1. Regulacija napona.....	55
8.2. Upravljanje reaktivnom snagom invertora.....	55
8.3. Filtriranje harmonica.....	56
8.4. Sistemi za skladištenje energije	56
8.5. Napredne funkcije pametnih mreža	57
9. PRIMJER PRIKLJUČENJA SOLARNE ELEKTRANE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU	58
9.1. Analiza rezultata mjerenja	58
9.2. Mrežna frekvencija	59
9.3. Veličina napona napajanja	60
9.4. Nesimetrije napona napajanja	60
9.5. Kratkotrajni i dugotrajni prekidi napona napajanja	61
9.6. Naponski propadi	61
9.7. Jakost treperenja (eng. Flicker).....	62
9.8. Viši harmonici.....	63
9.9. Prikaz zbirnih rezultata mjerenja	65
ZAKLJUČAK.....	67
LITERATURA	69
SPISAK SLIKA.....	70
SPISAK TABELA.....	71