

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Diplomski studij**

**PRORAČUN STRUJA KRATKOG SPOJA U  
DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA PRIKLJUČENIM  
FOTONAPONSKIM ELEKTRANAMA**

**Diplomski rad**

**Ivan Rolj**

**Osijek, 2015.**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>5</b>
1.1 ZADATAK DIPLOMSKOG RADA.....	5
<b>2. USPOREDBA SINKRONOG GENERATORA I FOTONAPONSKIH MODULA.....</b>	<b>6</b>
2.1 SINKRONI GENERATOR.....	6
2.2 FOTONAPONSKE ELEKTRANE.....	8
2.2.1 Uvod.....	8
2.2.2 Opis tehnološkog procesa.....	9
2.2.3 Električne sheme i I-U karakteristike FN sustava.....	10
<b>3. PRORAČUN STRUJA KRATKOG SPOJA PREMA NORMI IEC 60909.....</b>	<b>13</b>
3.1 UVOD.....	13
3.2 METODA SIMETRIČNIH KOMPONENATA.....	16
3.3 DEFINIRANJE IMPEDANCIJA KRATKOG SPOJA SIMETRIČNIH MREŽA.....	17
3.4 NADOMJESNI IZVOR NAPONA NA MJESTU KRATKOG SPOJA.....	19
3.5 RELATIVNA I APSOLUTNA IMPEDANCIJA ELEMENATA EES.....	20
3.6 OPĆE SMJERNICE PRI PRORAČUNU STRUJE KRATKOG SPOJA.....	20
3.7 MATEMATIČKI MODELI RAZLIČITIH VRSTA KRATKIH SPOJEVA.....	23
3.7.1 Opći pristup.....	23
3.7.2 Trofazni kratki spoj.....	24
3.7.3 Jednofazni kratki spoj, zemljospoj.....	26
<b>4. SINKRONI GENERATORI I FOTONAPONSKI SUSTAVI -UTJECAJ KRATKIH SPOJEVA.....</b>	<b>29</b>
4.1 PRILIKE U GENERATORU ZA VRIJEME TRAJANJA KRATKOG SPOJA.....	29
4.2 PRILIKE U FOTONAPONSKOM SUSTAVU ZA VRIJEME TRAJANJA KRATKOG SPOJA.....	34
<b>5. EKSPERIMENTALNI DIO RADA.....</b>	<b>41</b>
5.1 FOTONAPONSKA ELEKTRANA SNAGE 10 kW NA LOKACIJI (A).....	43
5.2 FOTONAPONSKA ELEKTRANA SNAGE 30 kW NA LOKACIJI (A).....	48
5.3 FOTONAPONSKA ELEKTRANA SNAGE 300 kW NA LOKACIJI (B).....	50
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>58</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>59</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>60</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>61</b>

## SAŽETAK

### PRORAČUN STRUJA KRATKOG SPOJA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA SA PRIKLJUČENIM FOTONAPONSKIM ELEKTRANAMA

U ovome radu obrađena je problematika proračuna struja kratkoga spoja u distributivnim mrežama s priključenim fotonaponskim elektranama. U prvome dijelu rada napravljen je teorijski opis proizvodnje električne energije pomoću tradicionalnih sinkronih generatora i pomoću fotonaponskih modula. U drugome poglavlju detaljno je obrađen proračun struja kratkog spoja prema normi IEC 60909. Nakon teorijskog uvoda u prvome poglavlju, u trećem poglavlju glavnog dijela rada opisano je ponašanje sinkronih generatora i FN elektrana prilikom kratkih spojeva u mreži. U posljednjem poglavlju napravljene su simulacije trofaznih i jednofaznih kratkih spojeva u simulacijskom softveru DIGsilent PowerFactory, na ucrtanoj testnoj mreži. Rezultati simulacija prikazani su u tablicama i s prikladnim grafovima. Rezultati simulacija su očekivani i potvrđuju da fotonaponske elektrane ne pridonose značajno strujama kratkog spoja u distributivnim mrežama.

**KLJUČNE RIJEČI:** Kratki spojevi, IEC 60909, fotonaponske elektrane

## ABSTRACT

### CALCULATION OF FAULT CURRENTS IN DISTRIBUTION GRIDS WITH PHOTOVOLTAIC UNITS CONNECTED

In this study has been proceeded the problem of calculating fault currents in distribution grids with photovoltaic units connected. In first part of this study, the theoretical explanation of producing electrical energy with traditional synchronous machines and photovoltaics was made. In second part, the calculating of fault currents with IEC 60909 norm was proceeded. After the theoretical explanations in first part, in third part of study, the behavior of synchronous machines and photovoltaics during the faults in grid was theoretically explained. In the last part of study, there were made a different simulations of 3-phase and 1-phase faults in distribution test grid, simulated with DIGsilent PowerFactory simulation software. The results of simulations have been shown in tables and graphs. Results of simulations are as expected, and they confirm that photovoltaics don't have a large contribution in distribution fault currents.

**KEY WORDS:** Short circuit, IEC 60909, photovoltaics