

# Uklapanje vjetroelektrana u elektroenergetski sustav

---

Krmek, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:200:573261>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**

Repository / Repozitorij:

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



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

**Sveučilišni studij**

**UKLAPANJE VJETROELEKTRANA U ELEKTROENERGETSKI  
SUSTAV**

**Diplomski rad**

**Tomislav Krmek**

**Osijek, 2016.**



**Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada**

Osijek,

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada**

|   |   |
|---|---|
| <b>Ime i prezime studenta:</b>  | Tomislav Krmek  |
| <b>Studij, smjer:</b>   | Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika  |
| <b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>   | D-725 , 2013  |
| <b>Mentor:</b>  | Prof.dr.sc Zoran Baus, dipl.ing   |
| <b>Sumentor:</b>  |   |
| <b>Predsjednik Povjerenstva:</b>  | Prof.dr.sc Srete Nikolovski, dipl.ing   |
| <b>Član Povjerenstva:</b>   | Doc.dr.sc. Goran Knežević, dipl.ing.  |
| <b>Naslov diplomskog rada:</b>  | UKLAPANJE VJETROELEKTRANA U ELEKTROELENERGETSKI SUSTAV  |
| <b>Primarna znanstvena grana rada:</b>  | Elektrotehnika  |
| <b>Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:</b>  | Elektroenergetika   |
| <b>Zadatak diplomskog rada:</b>   | U radu je potrebno dati teorijski pregled vjetroagregata. Pomoću dostupne literature, obraditi vjetroelektrane i utjecaj na karakteristične varijable. Pomoću simulacijskog alata analizirati utjecaj vjetroelektrane na mrežu. |
| <b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):</b>                                 | IZVRSTAN (5)  |
| <b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b> | Primjena znanja stečenih na fakultetu:(2)<br>Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka:(2)<br>Jasnoća pismenog izražavanja:(2)<br>Razina samostalnosti:(2)   |

Potpis sumentora:

Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

U Osijeku,                      godine

Potpis predsjednika Odbora:



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek,

**Ime i prezime studenta:**

Tomislav Krmek

**Studij :**

Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

D-725 , 2013

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom:  
Uklapanje vjetroelektrana u elektroenergetski sustav

izrađen pod vodstvom mentora :

Prof.dr.sc Zoran Baus, dipl.ing

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | UVOD .....   | 1  |
| 2.    | VJETROAGREGATI - OSNOVNI POJMOVI .....                       | 2  |
| 2.1   | Vjetroturbina .....  | 3  |
| 2.1.1 | Vjetroturbine s horizontalnom osi vrtnje ili VSHO .....      | 3  |
| 2.1.2 | Vjetroturbine s vertikalnom osi vrtnje ili VSVO.....         | 5  |
| 2.2   | Generator .....  | 7  |
| 2.2.1 | <i>Asinkroni kavezni i klizno-kolutni generator.....</i>     | 7  |
| 2.2.2 | <i>Asinkroni dvostrani napajani generator.....</i>           | 9  |
| 2.2.3 | <i>Sinkroni generatori.....</i>                              | 10 |
| 2.3   | Potporna konstrukcija .....                                  | 12 |
| 2.4   | Sustav upravljanja .....                                     | 13 |
| 2.5   | Pretvorba energije vjetra .....                              | 15 |
| 2.5.1 | <i>Teorija aktuatorskog diska.....</i>                       | 15 |
| 2.5.2 | <i>Model rotirajućeg diska.....</i>                          | 17 |
| 2.5.3 | <i>Teorija segmenta lopatica.....</i>                        | 18 |
| 2.6   | Upravljanje brzinom vrtnje.....                              | 20 |
| 2.6.1 | <i>Pasivna regulacija.....</i>                               | 21 |
| 2.6.2 | <i>Aktivna regulacija.....</i>                               | 23 |
| 3.    | UVOĐENJE VJETROELEKTRANA U MREŽU .....                       | 25 |
| 3.1   | Povjerenje u snagu vjetroelektrane .....                     | 28 |
| 3.1.1 | <i>Kratkoročne varijacije.....</i>                           | 28 |
| 3.1.2 | <i>Dugoročne varijacije.....</i>                             | 30 |
| 3.1.3 | <i>Efekt geografske disperzije.....</i>                      | 31 |
| 3.2   | Prognoziranje proizvodnje električne energije iz VE.....     | 33 |
| 3.3   | Planiranje rada i vođenje EES .....                          | 35 |
| 3.3.1 | Utjecaj distributivnih izvora na distribucijski sustav ..... | 38 |
| 3.3.2 | <i>Vjetroelektrana na distribucijskoj mreži.....</i>         | 40 |
| 3.3.3 | <i>Vjetroelektrana na prijenosnoj mreži.....</i>             | 42 |
| 3.4   | Flikeri i harmonici .....                                    | 47 |
| 4.    | ANALIZA MODELA VJETROPARKA .....                             | 51 |
| 4.1   | Modeliranje mreže i definiranje komponenti .....             | 51 |
| 4.2   | Pogonska karta vjetroagregata i vjetroelektrane.....         | 52 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.3   | Krivulja brzine .....                                 | 56 |
| 4.4   | Prolaz vjetroelektrane kroz stanje kvara .....        | 57 |
| 4.4.1 | Utjecaj vjetroelektrane na struje kratkog spoja ..... | 60 |
| 4.5   | Utjecaj ispada vjetroelektrane .....                  | 61 |
| 5.    | ZAKLJUČAK.....  | 64 |
|       | SAŽETAK.....  | 67 |
|       | ŽIVOTOPIS.....  | 68 |
|       | PRILOZI .....   | 69 |

## SAŽETAK

Ključne riječi: vjetroelektrana, elektroenergetski sustav, kvaliteta električne energije, analiza utjecaja.

U ovom radu izložen je pristup problematici vjetroelektrane u elektroenergetskom sustavu. Kako se mijenjao kroz povijest i fizikalnu osnovu pretvorbe energije vjetra u energiju vrtnje rotora i upravljanje vjetroagregatom. Temeljna podjela napravljena je da li vjetroelektrana radi samo kao proizvođač električne energije ili sudjeluje pri regulaciji. Razmatrana je varijabilnost proizvodnje električne energije, mrežna pravila za vjetroelektrane, te utjecaj vjetroelektrana na kvalitetu električne energije. Predstavljeni su rezultati analize pomoću simulacije. Obrađeni su utjecaji vjetroelektrane na kratki spoj i promatrane su karakteristične varijable pri ispadu vjetroelektrane. Analizirana je ovisnost promjene brzine vjetra na proizvodnju i mogućnosti vjetroelektrane u regulaciji.

## SUMMARY

Key words: wind farm, electro-energetic system, electric energy quality, influence analysis

In this study are shown issues of wind farm in electro-energetic system. How it developed in history and physical basis of wind energy transformation into rotor energy and wind turbine management. Basic classification of wind farms divides wind farms in two groups. First type are those which only work as an electric energy manufacturers, and second are wind farms which also participate in regulation. This study considered electric energy production variability, wind power network regulations, and the influence of wind power on electric energy quality. Results are shown using simulation. The influence of wind power on short circuit are processed, and characteristic variables in wind power falling out are observed. Dependence of wind speed alteration on production, and wind powers ability in regulation, are analysed.