

# Proračun elektromagnetskih polja korištenjem numeričkih postupaka

---

Schoblocher, Kristijan

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:200:086231>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-14**

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**PRORAČUN ELEKTROMAGNETSKIH POLJA  
KORIŠTENJEM NUMERIČKIH POSTUPAKA**

**Diplomski rad**

**Kristijan Schoblocher**

**Osijek, 2015.**

1. UVOD .....	1
1.1 Zadatak diplomskog rada.....	1
2. MAXWELLOVE JEDNADŽBE .....	2
2.1. Maxwellove jednadžbe u integralnom obliku .....	2
2.1.1. Prva Maxwellova jednadžba – Gaussov zakon .....	2
2.1.2. Druga Maxwellova jednadžba – Gaussov zakon za magnetizam .....	3
2.1.3. Treća Maxwellova jednadžba – Faradayev zakon .....	4
2.1.4. Četvrta Maxwellova jednadžba – Prošireni Amperov zakon.....	5
2.2. Diferencijalni oblik Maxwellovih jednadžbi.....	7
2.2.1. Gaussov zakon u diferencijalnom obliku .....	7
2.2.2. Gaussov zakon za magnetsko polje u diferencijalnom obliku .....	8
2.2.3. Faraday - Maxwellov zakon elektromagnetske indukcije u diferencijalnom obliku ....	8
2.2.4. Amperov zakon u diferencijalnom obliku.....	8
3. SKIN EFEKT .....	10
3.1. Objašnjenje sa stajališta različite reaktancije unutar vodiča .....	10
3.2. Objašnjenje sa stajališta elektromagnetskih valova .....	11
4. NUMERIČKI PRORAČUNI U PROGRAMU MAXWELL - ANSYS.....	15
4.1. Općenito o programu.....	15
4.2. Modeliranje Skin efekta .....	16
4.2.1. Modeliranje u 3D .....	16
4.2.2. Modeliranje u 2D .....	18
4.3. Modeliranje blizinskog efekta .....	27
4.4. Modeliranje električnog polja oko dalekovoda.....	31
4.5. Modeliranje magnetskog polja oko dalekovoda.....	35
5. ZAKLJUČAK .....	38
POPIS UPOTREBLJENE LITERATURE I IZVORA INFORMACIJA .....	39
SAŽETAK.....	40
ABSTRACT .....	40
ŽIVOTOPIS .....	41
PRILOZI.....	42
Prilog P.4.....	42
P.4.1 Detaljnije upute za izvođenje simulacije skin efekta .....	42
P.4.2. Detaljnije upute za modeliranje električnog polja oko 110 kV dalekovoda .....	51

**SAŽETAK**

U diplomskom radu najprije su opisane Maxwellove jednačbe u integralnom obliku. Zatim su napisane Maxwellove jednačbe u diferencijalnom obliku budući da ih program Maxwell Ansoft koristi pri proračunu. Objasnjen je skin efekt sa 2 stajališta. Sa stajališta različitih reaktancija strujnica i sa stajališta elektromagnetskih valova. Nakon teorijskog dijela, izvedeni su numerički proračuni u programu Maxwell Ansoft. Modelira se skin efekt okruglog vodiča, blizinski efekt 3 vodiča pri različitim frekvencijama i materijalima. Zatim se modelira električno i magnetsko polje oko 110 kV dalekovoda.

**Ključne riječi:** Maxwell Ansys, skin efekt, efekt blizine, metoda konačnih elemenata, Maxwellove jednačbe

**ABSTRACT**

In final thesis Maxwell equations in diferencial form is firstly described. Then, Maxwell equations in differential form are described because Maxwell Ansoft using them doing calculations. Skin effect is explained from two points of view. From streamline different reactance point and from electromagnetic waves point. After theoretical part, numerical calculation are done in Maxwell Ansys software. Skin effect of round wire and proximity effect with 3 wires are modeled at different frequencies and materials. Then electric and magnetic field from 110 kV overhead line are modeled.

**Key words :** Maxwell Ansys, skin effect, proximity effect, finite element method, maxwells Equations