

# Postupak uklanjanja/smanjenja značajnih harmonika upravljanjem frekvencijskog pretvarača u srednjenaponskim industrijskim pogonima

---

Sarajlić, 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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:478539>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-18**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**POSTUPAK UKLANJANJA/SMANJENJA ZNAČAJNIH  
HARMONIKA UPRAVLJANJEM FREKVENCIJSKOG  
PRETVARAČA U SREDNENAPONSKIM  
INDUSTRIJSKIM POGONIMA**

**Diplomski rad**

**Mario Sarajlić**

**Osijek, 2015.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Harmonici u električnim sustavima .....	1
1.2. Industrijski pogoni .....	1
1.3. Princip rada .....	4
1.4. Upravljanje i modulatorske tehnike višerazinskih pretvarača .....	7
1.5. Cilj rada .....	7
2. SELEKTIVNA ELIMINACIJA ZNAČAJNIH HARMONIKA PULSNO ŠIRINSKOM MODULACIJOM .....	9
2.1. Uvod .....	9
2.2. Fourierov niz SHE PWM valnog oblika .....	9
2.3. Rješavanje SHE PWM transcendentnih jednadžbi primjenom Newton-Raphsonove metode .....	10
2.3.1. Primjer .....	13
3. UPRAVLJANJE ZATVORENOM PETLJOM USMJERIVAČA ZA SELEKTIVNU ELIMINACIJU HARMONIKA .....	18
3.1. Uvod .....	18
3.2. Glavne osobine usmjerivača .....	18
3.3. <i>dq</i> teorija upravljanja .....	19
3.4. Sinkronizacija sa naponom mreže .....	24
3.5. Kontrola povratne petlje .....	25
3.6. Linearizacija .....	26
4. SIMULACIJA UPRAVLJANJA USMJERIVAČA SREDNJONAPONSKOG INDUSTRIJSKOG POGONA POMOĆU PLECS-a .....	28
4.1. Pregled poglavlja .....	28
4.2. Postavka simulacije .....	28
4.3. Simulacijski koraci .....	30
4.4. Rezultati simulacije .....	30
4.4.1. Rezultati simulacije u sabirničkoj točki .....	30
4.4.2. Rezultati simulacije kod usmjerivača .....	42
4.4.3. Rezultati simulacije u kondenzatorskoj grani .....	51
4.5. Usporedba rezultata .....	53
5. ZAKLJUČAK .....	56
LITERATURA .....	57
SAŽETAK .....	58
ABSTRACT .....	58



## SAŽETAK

Svi električni sustavi sa elektroničkim energetske pretvaračima imaju problem pojave harmonika. Za rad industrijskih pogona takvi energetske pretvarači su neophodni te se nameće problem umanjena štetnog djelovanja nelinearnih trošila na distributivnu mrežu.

Pulsno-širinska modulacija je jedno od mogućih rješenja tog problema. Proračunom kutova sklapanja sklopki usmjerivača moguće je postići željeni valni oblik napona koji će umanjiti negativna djelovanja nelinearnih trošila na mrežu. Kutovi se proračunavaju Newton-Rapsonovom matematičkom metodom koja može biti pojednostavljena korištenjem računalnih programa poput MATLAB-a.

Upravljanje radom usmjerivača vrši se pomoću zatvorene petlje koja kontrolira vrijednosti struja i napona u sinkrono rotirajućem  $dq$  sustavu. Predložen je model sustava za upravljanje koji upravlja amplitudom i fazom usmjerivača.

Model je zatim predstavljen u softveru PLECS, te je njegova funkcionalnost potvrđena rezultatima simulacije.

## ABSTRACT

### **CLOSED LOOP CONTROL OF ACTIVE FRONT END WITH SELECTIVE HARMONICS ELIMINATION/REDUCTION MODULATION TECHNIQUE FOR LARGE INDUSTRIAL MV DRIVES APPLICATIONS**

In every electrical system with non-linear loads the problem of harmonics exists. For large industrial motor drives power electronics equipment is needed to operate them properly, so a solution on how to minimize the effects that they have on the utility network is highly needed.

Selective Harmonics Elimination Pulse-width modulation (SHE PWM) represents one possible solution to the problem. By calculating switching angles for the Active Front End (AFE) rectifier it is possible to obtain a desired voltage wave form that will diminish some of the negative impacts nonlinear equipment cause to the supply network. Switching angles are calculated using the Newton-Rapson mathematical method which can be simplified by using a computer software program like MATLAB.

To control the AFE a closed-loop control system that operates in a synchronous rotating  $dq$  frame is used. A model of the system that controls the amplitude and phase of the AFE voltage is suggested.

The model is then presented in a software environment called PLECS, and its functionality is confirmed in the simulation results.