

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду

На 732. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду одржаној 24.05.2011. године именовани смо за чланове комисије за оцену услова и прихватање предложене теме докторске дисертације мр Срђана Срдиха, дипл. инж. електротехнике, под насловом "Регулација струје електролучне пећи за једносмјерну струју предиктивном методом без коришћења модела електричног лука". Након увида у достављени материјал подносимо Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме: Регулација струје електролучне пећи за једносмјерну струју
предиктивном методом без коришћења модела електричног лука

1. Подаци о кандидату

Срђан Срдих рођен је у Ливну, БиХ, 15. 06. 1977. године. Основну школу завршио је у Гламочу, а XII Београдску гимназију "Димитрије Туцовић" у Београду. Основне студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 1997. године, а дипломирао је 2004. године на Енергетском одсеку, смер Енергетски претварачи и погони, са укупном просечном оценом 8.28 и оценом 10 на дипломском раду на тему "Анализа рада управљачких кола сервопојачавача *DBM03*". Магистарске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 2004. године, а магистрирао је 2010. године на Одсеку за енергетику, смер Енергетски претварачи и погони, са просечном оценом 10 и магистарским радом на тему "Предиктивни струјни регулатор за тиристорске исправљаче".

Од 2005. године запослен је на Катедри за енергетске претвараче и погоне, Електротехничког факултета Универзитета у Београду у звању асистента-приправника. Ангажован је на предметима Енергетски претварачи 1 (рачунске и лабораторијске вежбе), Енергетски претварачи 2 (рачунске и лабораторијске вежбе) и Управљање енергетским претварачима (рачунске и лабораторијске вежбе).

Аутор је рада "*Predictive Fast DSP-Based Current Controller for Thyristor Converters*" који је прихваћен за објављивање у часопису "*IEEE Transactions on Industrial Electronics*" са импакт фактором 4.678, и биће објављен у августу 2011. године (vol 58., no 8.).

2. Предмет и циљ истраживања

Електролучне пећи су оптерећења веома велике инсталисане снаге, при чему тренутна снага пећи може са великим амплитудама да варира у времену. Као последица ових великих флукуација активне и реактивне снаге, електролучне пећи великих инсталисаних снага могу да изазову поремећаје у функционисању преносне и дистрибутивне мреже, поготово у случају слабијих мрежа када су ови поремећаји израженији. Најизраженији поремећаји који се појављују у мрежи као последица рада електролучних пећи су појава фликера (*Flicker*), и појава нежељених виших хармоника и интерхармоника који се инјектују у преносну мрежу. Пракса је показала да електролучне пећи за једносмерну струју имају низ предности у односу на пећи за наизменичну струју. Због ових предности се електролучне пећи за једносмерну струју све чешће користе за топљење метала, као и у процесима за добијање легура метала из одговарајућих руда.

С обзиром на то да се електролучне пећи све чешће примењују у индустрији, њихови негативни утицаји на функционисање преносних мрежа на које су прикључене постају све израженији. Због тога је неопходно управљати радом пећи тако да се поменути негативни утицаји потисну у што већој мери, а да се при томе обезбеди стабилно и поуздано функционисање пећи. Практично, ови захтеви се свode на имплементацију брзог поузданог и робусног регулатора струје електричног лука. Електролучне пећи за једносмерну струју данас се скоро искључиво напајају тиристорским исправљачима, при чему се струја електричног лука регулише променом угла паљења тиристора, док се напон лука регулише електромеханичким путем—подешавањем растојања између катоде и шарже. Са друге стране, регулација и струје и напона електричног лука код пећи за наизменичну струју врши се електромеханички: променом преносног односа трансформатора и подешавањем растојања између катоде и шарже. Посебан проблем код електролучних пећи за наизменичну струју представљају транзијенти приликом укључења трансформатора (након пуњења пећи), који су последица магнећења трансформатора.

Имајући у виду изразито нелинеарну зависност између струје и напона електричног лука, као и чињеницу да је ту зависност веома тешко аналитички одредити, класични регулатори струје са пропорционалним и интегралним дејством (ПИ регулатори) не могу довољно брзо да компензују честе и нагле поремећаје изазване брзим променама карактеристика електричног лука, тј. не могу довољно брзо да одржавају струју лука на задатој вредности.

Због немогућности реализације брзог регулатора струје електричног лука, електролучне пећи за једносмерну струју великих снага су и даље главни извор поремећаја који у електроенергетском систему доводе до појаве фликера. Према томе, постоји потреба за брзим регулатором струје електричног лука код електролучних пећи за једносмерну струју напајаних тиристорским исправљачима, који би омогућио смањење или потпуну елиминацију поремећаја у мрежи, насталих радом електролучне пећи. На основу информација из доступне литературе, може се закључити да овакав регулатор још увек не постоји.

У предметној дисертацији биће предложена предиктивна метода за регулацију струје електричног лука напајаног из тиристорских исправљача, која није базирана на познавању модела електричног лука. На основу предложене методе биће реализован брзи и робусни регулатор струје електричног лука, који ће затим бити тестиран на

лабораторијском прототипу. Очекује се да ће развијени регулатор имати добре динамичке особине: квалитетан и најбржи могући одзив, практично без прескока; да ће моћи да компензује нагле промене напона електричног лука (укључујући ту и честе кратке спојеве између електрода), као и евентуалне нагле промене напона напојне мреже, тако да се струја електричног лука (па чак и струја при кратко спојеним електродама) одржава на задатој вредности. На овај начин биће омогућено смањење поремећаја у електроенергетском систему који су последица рада електролучних пећи, а који доводе до нежељене појаве фликера.

3. Полазне хипотезе

Зависност између струје и напона електричног лука је изразито нелинеарна, и скоро је немогуће одредити је аналитички. Због нелинеарности карактеристике електричног лука, регулатори струје електричног лука са пропорционалним и интегралним дејством не могу довољно брзо да компензују честе и нагле поремећаје изазване брзим променама карактеристика електричног лука, тј. не могу довољно брзо да одржавају струју лука на задатој вредности. Са друге стране, примена брзих предиктивних регулатора струје електричног лука практично је онемогућена због тога што не постоји примењив динамички модел електричног лука. Наиме, параметри који карактеришу електрични лук зависе од: дужине електричног лука, материјала електрода, особина гаса у коме се електрични лук успоставља, и притиска гаса. Чак и када су ови услови познати, параметре електричног лука веома је тешко одредити јер се геометрија лука непрестано мења.

Основна идеја о регулацији струје електричног лука методом предложеном у предметној дисертацији састоји се у томе да се струја електричног лука предвиђа на основу површине напона на пригушници у једносмерном колу исправљача, и мерене струје електричног лука. Наиме, управљање тиристорима врши се тако што се одговарајући тиристори укључују у тренутку када збир тренутне вредности струје лука и прираштаја струје лука предвиђеног на основу површине напона на пригушници, изједначи са задатом вредношћу струје. Предикција струје електричног лука врши се, дакле, на основу мерења три величине: напона на крајевима електрода, струје електричног лука, и напона напајања (напона мреже).

4. Научне методе истраживања

Приликом израде докторске дисертације биће комбиноване теоријске и експерименталне методе истраживања. На основу изложеног концепта методе за регулацију струје електричног лука у електролучним пећима за једносмерну струју, биће развијен и симулациони модел предложеног система са упрошћеним моделом електричног лука. Узимајући у обзир резултате добијене симулацијом рада система са предложеним регулатором, биће реализован лабораторијски прототип трофазног тиристорског исправљача са предложеним предиктивним регулатором.

Експерименталним путем биће затим верификоване очекиване перформансе предложеног регулатора.

5. Очекивани научни допринос

За разлику од уобичајених предиктивних метода регулације које су засноване на познавању модела објекта управљања (*Model Reference Adaptive Control-MRAC*), предложена предиктивна метода не користи модел објекта управљања (тј. електричног лука). Ова чињеница је веома значајна због тога што још увек не постоји довољно прецизан динамички модел електричног лука који би могао да се искористи у *model-based* регулаторима струје. У дисертацији ће бити показано да предложени предиктивни регулатор веома брзо компензује нагле промене напона електричног лука, као и кратке спојеве између електрода пећи, чиме је омогућено смањење нежељених флукуација снаге које доводе до појаве фликера. Поред тога, струјна напрезања тиристора при кратким спојевима су једнака номиналним, што као последицу има мањи број отказа тиристора, а самим тим и већу расположивост постројења и мање трошкове одржавања.

6. План истраживања и структура рада

У уводном поглављу биће дат кратак историјски преглед примене електричног лука у постројењима за обраду метала и неметала. Посебно ће се обратити пажња на примену електричног лука у електролучним пећима за једносмерну струју, као и на основне разлике између пећи за једносмерну струју и пећи за наизменичну струју. Затим ће бити описана појава електричног лука и анализиране основне карактеристике електричног лука. Биће дат и детаљан преглед постојећих модела електричног лука. Након тога биће дат преглед основних конфигурација електролучних пећи, као и типови и топологије енергетских претварача за њихово напајање. Потом ће бити дат преглед основних метода за регулацију струје електролучних пећи за једносмерну струју. Затим ће бити изложена и анализирана нова предиктивна метода за регулацију струје електричног лука, која није заснована на познавању модела електричног лука, као и експериментална верификација очекиваних перформанси предложеног регулатора.

7. Закључак и предлог

На основу претходно изложеног, можемо да закључимо да тема пријављене докторске дисертације под насловом

"Регулација струје електролучне пећи за једносмјерну струју предиктивном методом без коришћења модела електричног лука"

кандидата Срђана Срдиха

омогућава остваривање научних и практичних доприноса у области енергетских претварача веома великих инсталираних снага.

Због тога, комисија констатује да мр Срђан Срдих испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације. У складу с тим, предлажемо Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату мр Срђану Срдиху одобри израду докторске дисертације под насловом "Регулација струје електролучне пећи за једносмјерну струју предиктивном методом без коришћења модела електричног лука".

У Београду
07. 06. 2011. године

Комисија:

Др Зоран Радаковић, редовни професор

Др Милош Недељковић, доцент

Др Слободан Вукосавић, редовни професор

Др Зоран Лазаревић, редовни професор

Др Жељко Деспотовић, научни сарадник
(Институт "Михајло Пупин")