

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ ДРУГОГ СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На својој седници од 02 јуна 2015. Комисија за студије другог степена нас је одредила за чланове Комисије за преглед и оцену мастер рада кандидата **Александра Ерцега**, дипл. инж. електротехнике, под насловом „**Самопобудни асинхрони генератори**“. После прегледа достављеног материјала, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци о кандидату

Александар Ерцег, дипломирани инжењер електротехнике, је рођен 20. септембра 1984. године у Земунуришту, где је завршио основну и средњу школу, као носилац дипломе Вук Караџић. Електротехнички факултет Универзитета у Београду, енергетски одсек, уписао је школске 2003/2004. Дипломирао је на смеру за Електроенергетски системи 26. јуна 2013. године. Након завршених основних студија уписао је мастер студије и положио све испите. Запослен је у ЈП Електромрежа Србије, Дирекција за управљање преносним системом. Говори енглески и немачки језик.

2. Приказ и анализа мастер рада

Научна област којом се бави предметни рад обухвата анализу генераторског режима трофазне асинхроне машине. У постојећој литератури теорије електричних машина готово по правилу је анализиран моторни режим рада, док су основе рада трофазне асинхроне машине као генератора електричне енергије често пута запостављане. Разлог лежи у чињеници да је трофазна асинхрона машина до краја прошлог века експлицитно по правилу само у моторном режиму. Примена обновљивих извора електричне енергије иницијала је и масовну употребу трофазне асинхроне машине у генераторском режиму рада. Прегледом бројних радова објављених у стручним часописима и научним скуповима, мастер рад је остварио циљ да се на једном месту систематизују постојећа знања из наведене области.

Мастер рад се састоји из 11 поглавља и 3 прилога:

Увод и подела асинхронних генератора

У овом поглављу мастер тезе наведене су основне карактеристике и разлози примене асинхронних генератора у светлу њихове све масовније примене у обновљивим изворима електричне енергије. Приказана је подела асинхронних генератора у зависности од конструкције на кавезне генераторе и генераторе са намотаним ротором, уз кратак осврт на њихове конструкционе особине и експлоатационе специфичности. Такође је наведена и детаљно описана подела асинхронних генератора у зависности од брзине обртања ротора и фреквенције рада.

Моделовање асинхроне машине

На основу доступне литературе у овом поглављу је приказан традиционалан математички модел незасићене асинхроне машине у оригиналном трофазном домену као и у произвољном систему оса, уз уважавање уобичајених претпоставки као што су равномерност ваздушног зазора, синусна расподела магнетнопобудне силе, константност термогених отпора и реактанси намотаја статора и ротора, итд. Како је за квалитет анализа стационарних и прелазних стања асинхроног генератора неопходно и адекватно моделовање ефекта засићења магнетног кола машине, приказано је неколико начина апроксимације криве магнећења, а који су коришћени у анализираној литератури. Због специфичности у анализи стационарних режима самопобудног асинхроног генератора, на крају овог поглавља је приказан модел машине за стационарна стања, који је добијен полазећи од стандардне шеме асинхроне машине.

Режим рада асинхроне машине

У трећем поглављу дат је кратак преглед могућих радних стања асинхроне машине као и биланса снага за сваки режим, са акцентом на генераторски режим рада. Приказан је опис генераторског режима рада код машине која реактивну енергију црпи из мреже на коју је прикључена, уз појашњење преласка из моторног режима рада у генераторски. Уз еквиваленту шему, усвојене смерове струја у моделу машине нацртан је векторски дијаграм напона у машини за генераторски режим рада.

Процес самопобуђивања асинхроне машине

Користећи доступну литературу, у четвртном поглављу детаљно је описан процес самопобуђивања трофазне асинхроне машине када се на њеним крајевима прикључи батерија кондензатора. Наведени су основни предуслови неопходни за почетак процеса самопобуђивања, где се пре свега мисли на постојање заосталог магнетизма у машини. Математички је представљена формулација проблема, као и под којим условима је процес самопобуђивања могућ и чиме је ограничен. Коришћењем динамичког модела генератора, приказан је одзив напона на крајевима машине приликом самопобуђивања. Симулација транзијентног процеса је урађена за три типичне вредности капацитивности батерије кондензатора. Закључак који јасно проистиче из добијених дијаграма је да су брзина успостављања стационарног стања и вредност стационарног напона на крајевима машине већи што је вредност прикључене капацитивности већа. Код програма који је написан у MATLAB-у и који је коришћен у овом раду је дат у Прилогу 1.

Анализа стационарног стања самопобудног асинхроног генератора

Пето поглавље даје кратак преглед потребних улазних података који се добијају из личне карте машине, потрошача и турбине. Прегледно и јасно у табели су наведене све променљиве које се овде јављају. Непознате величине у анализи су брзина обртања машине, фреквенција, реактанса магнетнења и реактанса побудног кондензатора. Показано је да се ове непознате могу одредити из биланса активних и реактивних снага, односно из система од две једначине са четири непознате. Две, од наведене четири величине се прорачунавају, уз претпостављене вредности преостале две величине. У зависности од начина решавања електричног кола којим се репрезентује систем између генератора, кондензатора и потрошача разликује се метода импеданси и метода адмитанси. Ове две методе, које масовно доминирају у литератури, као и њихова практична примена, описани су у наредним поглављима.

Асинхрони генератор погоњен регулисаном турбином

У шестом поглављу пажња је посвећена прорачунавању реактансе магнетнења и фреквенције применом три методе анализе: метода импедансе, методе адмитансе и методе клизања. Свака од наведених метода анализе стационарних садржи детаљан теоретски приказ, јасан опис проблема праћен одговарајућим еквивалентним шемама, уз симулациону подршку у рачунарском моделу. Систематизован је и репродукован велики број стручних радова, од којих сваки користи бар једно од три наведене и анализираних методе.

Одређивање критичних вредности капацитивности самопобудног кондензатора

Седмо поглавље се, слично претходном, бави стационарним стањима, са том разликом што се сада уместо реактансе магнетнења и фреквенције рачуна реактанса самопобудног кондензатора и фреквенције. Дата је теоретска основа коришћених модела анализе кола засноване на методи импедансе и методи адмитансе. Поред тога у овом поглављу изнете су могућности побољшања напонских прилика на крајевима машине везивањем батерија кондензатора на ред са потрошачем. Детаљно су анализирани две могућности ове, редне компензације: *short shunt* и *long shunt*, применом метода адмитансе. Коришћењем симулационих програма за стационарна стања у раду су приказани карактеристични дијаграми промене напона при промени оптерећења на крајевима машине, као и дијаграми зависности минималне вредности прикључене капацитивности од брзине обртања, потребне како би услов самопобуђивања машине био испуњен.

Управљање самопобудним трофазним асинхроним генератором

У осмом поглављу акценат је стављен на могућност контроле самопобудног генератора и то преко оних величина које је могуће мењати. У раду је контрола анализирана са аспекта промене капацитивности и аспекта промене брзине. Обе анализе су урађене применом импедансне методе, уз додатну анализу неких специфичних случајева, као што је напајање чисто термогених потрошача или чисто индуктивних. Рад је показао да је при оваквим условима математичка формулација проблема нижег степена. Коришћењем програма који је дат у Прилогу 2, добијени су графици зависности излазног напона генератора у функцији промене капацитивности при константној брзини, за неколико вредности импедансе оптерећења.

Асинхрона машина погоњена нерегулисаним турбином

У деветом поглављу показане су могућности анализе радних режима који уважавају непостојање турбинског регулатора. Наведене су две методе: метода адмитанси и метода сечице. Јасно је показана промена која настаје у математичкој формулацији проблема, када се уважи непостојање регулатора на турбини генератора.

Транзијентна анализа трофазног асинхроног генератора

Десето поглавље овог рада посвећено је анализи транзијентних одзива асинхроног генератора, за различите услове рада и различите типове оптерећења. Комплетан код програма који је коришћен при овој анализи је написан у програмском пакету MATLAB, коришћењем претходно описаног динамичког модела генератора. Анализа прикључења термогеног оптерећења је показала благи пад напона на крајевима генератора, док је овај пад знатно већи при прикључењу претежно индуктивног оптерећења. На крају овог поглавља описан је процес демагнетизације машине, односно губитка напона на њеним крајевима при

прикључењу потрошача чије су снаге веће од дозвољених, чиме је у раду доказана самозаштита самопобудних генератора од прикључења потрошача великих снага или кратког споја на његовим крајевима.

Закључак

У закључку су наведене предности и недостаци самопобудног трофазног асинхроног генератора на основу добијених резултата при анализи стационарних и динамичких стања. Приказана су поређења свих коришћених метода за анализу стационарних стања, као и ситуације у којима поједине методе имају предности.

Прилог 1

У Прилогу 1 приказан је комплетан код написан у програмском пакету MATLAB који је коришћен за приказ свих добијених транзијентних одзива самопобудног асинхроног генератора.

Прилог 2

У Прилогу 2 је приказан комплетан код написан у програмском пакету MATLAB који је заснован на методи импедансне анализе стационарних стања

Прилог 3

У Прилогу 3 је приказан комплетан код написан у програмском пакету MATLAB који је заснован на методи адмитанси анализе стационарних стања.

Литература

У овом делу наведен је списак од 39 референци на које се аутор мастер рада позива.

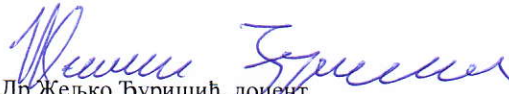
3. Закључак и предлог

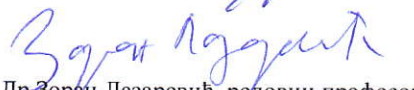
Мастер рад Александра Ерцега представља самостални истраживачки научни рад у коме је у потпуности реализован предвиђени програм научног истраживања. Кандидат је систематски проучио резултате истраживања других аутора, дефинисао предмет и програм истраживања, поставио циљ истраживања и основне хипотезе, формирао узорак, обавио испитивања, прикупио резултате и применио адекватне методе за анализу добијених резултата. Мастер рад је својим садржајем покрила све методе које се у литератури примењују приликом анализе стационарних режима самопобудних асинхроних генератора за различите услове рада. Метода импеданси и метода адмитанси су поред теоријског извођења, интерпретирани и одговарајућом симулацијом на рачунару. Резултати анализе прелазних процеса у самопобудном асинхроном генератору су приказани при различитим радним условима, уз одговарајући симулациони програм и адекватно теоријско обрзложење.

Имајући у виду садржај и квалитет рада, актуелност и сложеност изабране теме, резултате и закључке до којих је кандидат Јован Доброта, дипл. инж. електротехнике у свом самосталном раду дошао, чланови Комисије за преглед и оцену мастер рада сматрају да рад кандидата испуњава све услове да буде прихваћен као мастер рад и са задовољством предлажу Комисији за други степен студија Електротехничког факултета Универзитета у Београду, да мастер рад Александра Ерцега, дипл. инж. електротехнике, под насловом „Самопобудни асинхрони генератори“, прихвати као мастер рад и кандидату омогући усмену одбрану.

У Београду,
28. септембар 2015. године

Чланови комисије


Др Жељко Ђуришић, доцент


Др Зоран Лазаревић, редовни професор