

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Датум и орган који је именовao комисију 31.05.2018. решењем бр. 012-199/89-2015, Наставно-научно веће Факултета техничких наука 2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ol style="list-style-type: none"> 1. др Драган Поповић, редовни професор, уно Електроенергетика, изабран у звање 13.10.2004. год., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду 2. др Зоран Стојановић, ванредни професор, уно Електроенергетика, изабран у звање 04.02.2018. год., Електротехнички факултет, Универзитет у Београду 3. др Борис Думнић, доцент, уно Енергетска електроника, машине и погони, изабран у звање 12.09.2013. год., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду 4. др Предраг Видовић, доцент, уно Електроенергетика, изабран у звање 10.07.2015. год., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду 5. др Раде Дорословачки, редовни професор, уно Математика, изабран у звање 01.04.2000. год., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду 6. др Владимир Стрезоски, редовни професор, уно Електроенергетика, изабран у звање 06.06.1997. год., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Никола, Раде, Војновић 2. Датум рођења, општина, држава: 08.11.1987., Нови Сад, Република Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, електротехника и рачунарство – електроенергетика, мастер инжењер електротехнике и рачунарства 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2012., Енергетика, електроника и телекомуникације 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: –
<ol style="list-style-type: none"> 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра: –
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Прорачун токова снага неуравнотежених мрежа са енергетским ресурсима прикљученим на мрежу преко уређаја енергетске електронике</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација је написана на 138 страна. Садржи 10 поглавља, 20 табела, 54 слике и 86 навода из литературе. Кључна документација је написана на српском и енглеском језику.

Дисертација се састоји од следећих глава:

1. Увод
2. Линеарни и нелинеарни системи алгебарских једначина
3. Математички модели електроенергетских кола
4. Традиционални поступци за прорачун токова снага
5. Енергетски ресурси
6. Несиметрични токови снага савремених неуравнотежених мрежа великих димензија
7. Верификација развијених метода за прорачун токова снага и дискусија резултата нумеричких експеримената
8. Закључак
9. Прилози
10. Литература

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Научна расправа која је изложена у дисертацији бави се проширењем традиционалне класификације чворова са одговарајућим типовима чворова којима се моделују управљачке стратегије традиционалних наизменичних машина и енергетских ресурса који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике у несиметричним режимима. Нов математички модел токова снага је заснован на новим типовима чворова и генерализованом традиционалном принципу инспекције. Нови математички метод за прорачун несиметричних токова снага се односи на преносне и дистрибутивне мреже које садрже традиционалне наизменичне машине и енергетске ресурсе који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике.

Комисија сматра да је наслов дисертације јасно формулисан и да јасно указује на предмет истраживања и садржај рада у оквиру дисертације.

Прва глава

Ова глава представља увод у којем је кандидат указао на тренутно стање у области истраживања. Затим, кандидат је указао на значај и потребу проширивања традиционалне класификације чворова којима се моделују управљачке стратегије традиционалних електричних машина и енергетских ресурса који су на мрежу прикључени на дистрибутивну и преносну мрежу преко уређаја енергетске електронике. Режији тих мрежа су начелно несиметрични. Дефинисани су предмет и циљ истраживања, са нагласком на очекиване резултате.

Комисија сматра да су проблем, предмет и циљ истраживања у дисертацији постављени концизно и јасно и да су успешно водили кандидата кроз рад на изабраној теми. Такође, дат је свеобухватан и користан приказ научне литературе у области. Наведене су постојеће процедуре за прорачун несиметричних токова снага дистрибутивних и преносних мрежа који не уважавају управљачке стратегије енергетских ресурса који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике.

Друга глава

У другој глави дисертације кандидат је дао преглед постојећих математичких метода за решавање система линеарних и нелинеарних алгебарских једначина. У првом делу главе обрађен је Гаусов

метод елиминација за решавање система линеарних једначина. Затим је обрађена примена декомпозиције матрице на горњу и доњу матрицу – LU факторизација матрице. Она се такође примењује у решавању система линеарних једначина. У другом делу главе обрађени су математички методи за решавање система нелинеарних једначина. Прво је обрађен Њутнов метод, затим његове модификоване варијанте – фиксни Њутнов метод и метод апроксимираног јакобијана. Други и трећи метод се користе ради уштеде рачунарског времена. Фиксни Њутнов метод користи јакобијан из прве итерације. Код метода апроксимираног јакобијана се поједностављују аналитички изрази првих извода функција. За сва три метода су наведене предности и мане када се примењују за решавање проблема токова снага, у зависности од тога да ли су мреже слабо, нешто више или јако оптерећене. Ако су мреже јако оптерећене други и трећи метод се користе у комбинацији са генеричким Њутновим методом. Код примене метода апроксимираног јакобијана за решавање једне класе система нелинеарних једначина матрица јакобијана се може приказати као производ дијагоналне матрице текућих апроксимација непознатих величина и једне константне матрице. Тиме се добија робусан метод који значајно скраћује време решавања система нелинеарних једначина. На крају, обрађен је општи итеративни метод (Јакобијев) метод и Гаус-Зајделово побољшање општег итеративног метода (Гаус-Зајделов метод). На крају јасно је указан повећан квалитет Гаус-Зајделовог метода у односу на Јакобијев метод.

Комисија сматра да обрађени математички методи омогућавају да се у потпуности сагледају и разумеју сви математички поступци који се примењују за решавање система линеарних и нелинеарних једначина који се примењују у методима за прорачун токова снага електроенергетских мрежа. Јасно је указана разлика метода који се примењују за решавање система линеарних једначина и метода који се примењују за решавање система нелинеарних једначина.

Трећа глава

У трећој глави кандидат је детаљно обрадио три математичка модела електроенергетских кола којима се моделују електроенергетске мреже у простопериодичним режимима. У првом делу је обрађена директна примена Кирхофових закона. Користећи се струјним и напонским Кирхофовим законима може да се напише довољан број једначина за моделовање и решавање кола. Примене два Кирхофова закона јасно је показана на примеру два кола. У првом колу све гране су линеарне што модел кола чини такође линеарним. Друго коло је изведено из првог тако што је једна линеарна грана замењена нелинеарном. Тиме је показано да модел кола са нелинеарном граном постаје нелинеаран и да је најповољније да се примени Јакобијев или Гаус-Зајделов метод за решавање система нелинеарних једначина. Затим је дата примена Кирхофових закона на примеру једног лествичастог кола којим се моделују радијалне мреже. Модел тог кола је такође нелинеаран. У другом делу ове главе обрађен је метод независних потенцијала чворова. На примеру једног кола демонстрирана је примена метода независних напона чворова. Затим је дата формулација математичког модела кола применом метода независних напона чворова у општем случају. У трећем делу ове главе обрађен је метод независних контурних струја. Као и метод независних напона чворова и метод независних контурних струја представља синтезу два Кирхофова закона. На примеру два кола који садрже струјне и напонске идеалне генераторе демонстрирана је примена метода контурних струја.

На основу изнетих опсежних теоријских разматрања које се односе на примену Кирхофових закона и два метода који представљају њихову синтезу – метод независних напона чворова и метод независних контурних струја, кандидат је успешно обрадио све математичке методе погодне за моделовање кола електроенергетских мрежа

Четврта глава

У четвртој глави прво је постављен проблем токова снага. Затим, после формулације традиционалног модела токова снага користећи се принципом инспекције, обрађени су традиционални методи за прорачун симетричних токова снага дистрибутивних и преносних мрежа. Прво је обрађен метод за прорачун симетричних токова снага слабоупетљаних активних дистрибутивних мрежа сагласно с процедуром сумирања струја и корекција напона који је заснован на гранамa. Процедура је у дисертацији унапређена симултаном компензацијом за чворове прекида петљи и генераторске чворове типа PV. Затим, обрађени су поступци засновани

на методу независних напона чворова. Међу њима, прво је обрађен поступак заснован на генеричком Њутн-Рафсоновом методу, а затим су изложени поступак заснован на методу константног јакобијана израчунатог у првој итерацији и брзи распрегнути метод. На крају изложен је поступак заснован на методу контурних струја. После поставке проблема симетричних, постављен је проблем несиметричних токова снага и обрађени су традиционални методи за њихов прорачун у фазном домену и у домену симетричних компоненти. Прво је изложен прорачун заснован на директној примени Кирхофових закона – генерализована процедура сумирања струја и корекција напона. Овај метод токова снага је обрађен у фазном домену. Затим су обрађени прорачуни засновани на методу независних напона чворова. Прво су изложени прорачуни у фазном, а затим у домену симетричних компоненти. Међу методима који се обрађују у домену симетричних компоненти истакнут је распрегнути компензациони метод. У овом методу врши се „распрезање“ погонских кола сва три редоследа тако што се спреге унутар неуравнотежених водова с голим проводницима (којих има мало у мрежи) компензују инјектирањем компензационих струја чворова у којима су ти водови прикључени. Модел токова снага може да се запише у виду три „независне“ релације (погонска кола сва три редоследа су појединачно – распрегнуто моделована методом независних напона чворова). За решавање дела модела директног редоследа прво се користио имплицитни Zbus метод, а затим је изложен метод који за решавање истог дела модела користи генерички Њутн-Рафсонов метод. На крају, дефинитивна варијанта метода за прорачун несиметричних токова снага преносних мрежа користи брзи распрегнути метод за решавање дела модела директног редоследа.

Комисија је мишљења да су детаљно изложени традиционални методи за прорачун симетричних и несиметричних токова снага. Јасно је постављен проблем токова снага, а затим су прецизно изложени прво модели симетричних токова снага, а затим несиметричних токова снага. Методи за прорачун несиметричних токова снага су детаљно обрађени у фазном и у домену симетричних компоненти. На крају, истакнута је предност домена симетричних компоненти.

Пета глава

У петој глави се детаљно разматрају енергетски ресурси који се данас користе у преносним и дистрибутивним мрежама. У тој глави истакнуто је да енергетски ресурси могу бити традиционални као што су синхроне и асинхроне машине које су директно прикључене на мрежу и ресурси који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Затим је јасно указано да је природа преносних и дистрибутивних мрежа драстично промењена у последње две деценије. Главни разлог је убрзани развој енергетске електронике. У првом делу ове главе јасно су изложени проблеми који се могу јавити у погону синхроних и асинхроних машина. Несиметрично оптерећење ових машина узрокује проблеме загревања статорских намотаја ових традиционалних ресурса због различитих струја појединих фаза. Такође, указано је да већа несиметрија оптерећења фаза узрокује већу разлику између актуалне и номиналне снаге машине. Код синхроних машина при несиметричним оптерећењима јасно су изложени проблеми који се јављају у ротору. У другом делу пете главе обрађени су енергетски ресурси који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Прво је урађена класификација уређаја енергетске електронике и јасно је класификована њихова улога у трансформисању енергије једног квалитета у други квалитет. Такође, наведени су типови уређаја енергетске електронике. Затим, јасно су изложени енергетски ресурси који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Прво су обрађене фотонапонске електране, ветроелектране, микро-турбине, горивне ћелије и мотори с унутрашњим сагоревањем. За све ресурсе су приказане различите конфигурације њиховог прикључења на мрежу. На крају су изложена дистрибуирана складишта која су заснована на батеријама акумулатора и замајцима. Јасно је формулисана њихова функција а то је да дистрибуирана складишта служе за складиштење вишка енергије која се производи традиционалним електранама и системима који су засновани на обновљивим изворима енергије. Ускладиштена енергија по потреби се може користити да би се покрио део потрошње потрошача. Као и у случају енергетских ресурса који су интермитентног погона за све врсте дистрибуираних складишта приказане су различите конфигурације њиховог прикључења на мрежу. Такође је истакнута и конфигурација хибридних система који интегришу ветроелектране и дистрибуирана складишта.

Комисија сматра да су јасно дефинисани проблеми који се јављају код погона традиционалних машина у несиметричним режимима и детаљно обрађене конфигурације енергетских ресурса који

су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Јасно је указано на улогу дистрибуираних складишта као и на хибридне системе које чине различити енергетски ресурси интермитентног погона и дистрибуирана складишта.

Шеста глава

У шестој глави обрађене су прво управљачке стратегије традиционалних машина и енергетских ресурса који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. У зависности како су енергетски ресурси прикључени на мрежу, они су генерално подељени на три типа. Енергетски ресурси директно прикључени на мрежу, затим енергетски ресурси који су делимично и потпуно прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике. Други и трећи тип енергетских ресурса су сврстани под енергетским ресурсима који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Затим, су изложене све основне и изведене фазне величине које описују режиме енергетских ресурса који су прикључени на мрежу. Извршена је трансформација величина из фазног домена у домен симетричних компоненти и уведене су инјектиране снаге у домену симетричних компоненти. Истакнуто је да енергетски ресурси у несиметричним режимима преносних и дистрибутивних мрежа могу имати широку лепезу управљачких стратегија. Прво су обрађене управљачке стратегије традиционалних наизменичних машина. Код синхроних машина контролишу (специфицирају) се трофазна активна снага и модул директне компоненте напона или трофазна реактивна снага. Код асинхроних машина контролише (специфицира) се трофазна активна снага. Трофазна реактивна снага се преузима из мреже. Она зависи од (познате) импедансе магнетнећа и напона на њеним прикључцима на мрежу. На основу претходне изложене материје јасно је указано да традиционална класификација чворова (θV , PQ , и PV) није довољна да би се моделовали токови снага неуравнотежених мрежа. Због тога, из литературе су преузете управљачке стратегије традиционалних наизменичних машина у несиметричним режимима и уведени нови (трофазни) типови чворова [$(\theta V)_\Sigma$, $P_\Sigma Q_\Sigma$ и $P_\Sigma V$]. Затим, у истом делу ове главе јасно је показано да претходна класификација чворова мора даље да се прошири зато што само делимично покрива управљачке стратегије енергетских ресурса који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Детаљно су изложене управљачке стратегије ових ресурса у несиметричним режимима преносних и дистрибутивних мрежа и дат је доказ да традиционална класификација чворова, уз претходно уведене трофазне типове чворова, није довољна да се прецизно формулишу и прорачунавају несиметрични токови снага тих мрежа. После доказа уведена су четири нова типа трофазних чворова ($P_\Sigma Q_\Sigma V_{sim}$, $P_\Sigma V_{sim}$, $P_\Sigma Q_\Sigma I$ и $P_\Sigma VI$) за потребе моделовања нових управљачких стратегија енергетских ресурса. Затим је извршена нова класификација чворова која се састоји од три традиционална типа чвора и девет трофазних типова чворова. На крају, прецизно је изведен модел и изложена процедура несиметричних токова снага користећи се генерализованим принципом инспекције.

Комисија сматра да предложена нова класификација чворова у потпуности одговара управљачким стратегијама енергетских ресурса у несиметричним режимима дистрибутивних и преносних мрежа. Прецизно је изведен модел и процедура за прорачун несиметричних токова снага користећи се генерализованим принципом инспекције.

Седма глава

У седмој глави анализирани су резултати прорачуна токова снага активних (слабоупетљаних) дистрибутивних и (упетљаних) преносних мрежа. Они су добијени коришћењем развијених метода. Предложени модел и прорачуни токова снага савремених преносних и дистрибутивних мрежа који су засновани на новој класификацији чворова потврђени су софтвером који је развијен и написан у програмском језику FORTRAN 2013. У првој класи прорачуна су приказани резултати добијени применом развијеног софтвера на примеру мреже IEEE 13. Друга и трећа класа нумеричких тестова односила се на прорачун токова снага слабоупетљаних дистрибутивних и упетљаних преносних мрежа великих димензија. Број трофазних чворова се кретао од 1000 до 10000. У тим класама прорачуна генератори свих типова прикључени су у 20% од укупних бројева чворова мрежа. Такође приказане су и перформансе прорачуна развијених метода токова снага. На основу бројних нумеричких тестова закључено је да перформансе прорачуна развијених метода токова снага не зависе од односа X/R редних параметара грана све док је задовољен услов да су модули импеданси константни. У другом делу седме главе отворен је пут за дефинитивни избор

метода за прорачун токова снага дистрибутивних мрежа: методи засновани на чворовима или они засновани на гранама. Поређење тих метода се урадило нумерички само за симетричне режиме дистрибутивних мрежа. У том делу главе седам користиле су се две процедуре које су оријентисане на чворове и унапређена процедура сумирања струја и корекција напона. На крају, у трећем делу ове главе, на примеру мале радијалне дистрибутивне мреже, додавањем петљи, показано је да број итерација прорачуна токова снага може да се преполови у односу на мрежу пре додавања петљи. Дакле очигледно је показано да се не може прихватити начелан став да се бројеви итерација прорачуна токова снага оријентисаних на гране повећавају с бројевима петљи. Односно, врло је тешко утврдити квантитативну дефиницију слабоупетљане дистрибутивне мреже.

На основу извршених експерименталних провера и спроведене свеобухватне анализе и дискусије добијених резултата, комисија сматра да је предложена процедура за прорачун несиметричних токова снага робусна, те да су верификовани сви нови типови чворова којима су моделоване нове управљачке стратегије енергетских ресурса.

Осма глава

У осмој глави су изнети закључци о оствареним резултатима истраживања. Такође, дате су смернице за даља истраживања у области.

Комисија сматра да су закључци донети на бази изложених резултата и да потврђују значај предложене нове класификације и развијених метода за прорачун несиметричних токова снага преносних и дистрибутивних мрежа.

Девета глава

У деветој глави дати су прилози који су важни за материју која се обрађује али су издвојени да се не би оптерећивао основни део дисертације. Обрађени су општи модел индуктивно и капацитивно спрегнутих редних елемената у фазном домену и модел трофазног вода у домену симетричних величина.

Комисија сматра да рилози у потпуности употпуњавају основни део дисертације.

Десета глава

Десета глава садржи списак коришћене литературе.

Комисија сматра да је коришћена литература актуелна и правилно изабрана. Ослањајући се на референтну литературу, кандидат је успешно усмерио своје истраживање према теми дисертације, тј. на проширењу традиционалне класификације чворова и на методу за прорачун несиметричних токова снага преносних и дистрибутивних мрежа.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у међународном часопису (M23)

1. Strezoski VC, **Vojnović NV**, Vidović PM. New bus classification and unbalanced power flow of large-scale networks with electronically interfaced energy resources. International transactions on electrical energy systems 2017; 28: e2502. DOI: <https://doi.org/10.1002/etep.2502>

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Strezoski C. Vladimir, **Vojnović R. Nikola**, Vidović M. Predrag. Proračun nesimetričnih tokova snaga aktivnih trofaznih distributivnih mreža. 10 jubilarno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije, Vrnjačka Banja, 26-30 Septembar 2016. (награђен рад).

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Фокус научне расправе изложене у дисертацији усмерен је на проблем прорачуна несиметричних токова снага неуравнотежених дистрибутивних и преносних мрежа великих димензија, које садрже традиционалне енергетске ресурсе и енергетске ресурсе који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. При томе су постигнути сви циљеви који су постављени у овој дисертацији.

Дат је доказ да традиционална класификација чворова није довољна да се прецизно моделују и реше несиметрични токови снага неуравнотежених савремених преносних и активних дистрибутивних мрежа с традиционалним наизменичним машинама, а нарочито са енергетским ресурсима који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Због тога је традиционална класификација чворова радикално проширена са три на дванаест типова чворова. Нова класификација чворова састоји се од три традиционална типа чворова: 1) θV – балансни чвор, 2) PQ, 3) PV; седам трофазних типова чворова: 4) $(\theta V)_{\Sigma}$ – прва варијанта трофазног балансног чвора, 5) $P_{\Sigma}Q_{\Sigma}$, 6) $P_{\Sigma}V$, 7) $P_{\Sigma}Q_{\Sigma}V_{sim}$, 8) $P_{\Sigma}V_{sim}$, 9) $P_{\Sigma}Q_{\Sigma}I$, 10) $P_{\Sigma}VI$; такође и два трофазна типа која су изведена из традиционалних типова чворова: 11) $3\theta V$ – друга варијанта трофазног балансног чвора и 12) тип чвора $3PQ$.

Нови математички модел токова снага, иако прилично сложен, утврђује се врло једноставно користећи се принципом инспекције који је у овој дисертацији генерализован на основу принципа примењеног код традиционалних модела токова снага. Нови математички модел токова снага развијен је у домену симетричних компоненти. На основу нове класификације чворова, развијени су одговарајући нови математички методи за прорачун несиметричних токова снага преносних и активних дистрибутивних мрежа. Одговарајући модел мреже је заснован на чворовима (на методу независних напона чворова). Предложене су две варијанте за решење математичког модела у делу који се односи на симетрију директног редоследа. То су генерички Њутн-Рафсонов метод и метод који користи константни јакобијан из прве итерације. То је урађено због тога што се тим методима могу прорачунавати токови снага како преносних тако и дистрибутивних мрежа. Брзи распрегнути метод није коришћен пошто није употребљив за прорачун токова снага дистрибутивних мрежа. Новом класификацијом чворова и развијеним методом токова снага омогућена је врло прецизна формулација и on-line прорачун модела несиметричних токова снага преносних и дистрибутивних мрежа које садрже традиционалне наизменичне машине, а нарочито енергетске ресурсе који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике. Та прецизност метода токова снага је резултат тога што су новом класификацијом чворова обухваћене све практично примењене управљачке стратегије традиционалних наизменичних машина и енергетских ресурса који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике. Пошто је за прорачун дела модела токова снага који се односи на директни редослед, коришћен традиционални Њутн-Рафсонов метод, робусност предложеног метода је директно пренета из традиционалног метода примењеног за прорачун симетричних токова снага.

Предложена нова класификација чворова и одговарајући метод за прорачун несиметричних токова снага верификовани су софтвером који је развијен користећи се програмским језиком FORTRAN 2013. Пошто је време потребно за прорачун токова снага предложеним методом веома мало, он се може успешно применити за on-line прорачуне како преносних, тако и активних дистрибутивних мрежа.

За прорачун токова снага слабоупетљаних савремених активних дистрибутивних мрежа предложено је унапређење процедуре сумирања струја и корекција напона која је заснована на гранама. То унапређење је учињено имајући у виду све већи број енергетских ресурса који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике у активним дистрибутивним мрежама, чији се напони и струје могу контролисати. Оно је верификовано само за симетричне токове снага дистрибутивних мрежа. Тиме је отворен пут ка анализи перформанси и избору дефинитивног метода за прорачун слабоупетљаних активних дистрибутивних мрежа. Предложена нова класификација чворова представља врло квалитетну основу за стандардизацију типова чворова метода токова снага савремених неуравнотежених преносних и дистрибутивних мрежа, као што је традиционална класификација чворова (θV , PQ и PV) стандардизована за традиционалне методе прорачуна симетричних токова снага уравнотежених преносних и дистрибутивних мрежа.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Прегледом докторске дисертације Комисија закључује да је приказ дисертације јасно структуриран, прегледан, систематичан и у складу са темом дисертације. Тумачење резултата је аргументовано, а изведени закључци проистичу из добијених резултата истраживања. Извршена је софтверска провера докторске дисертације на плагијаризам у библиотеци ФТН софтвером за детекцију плагијаризма iThenticate.

У складу са наведеним Комисија **ПОЗИТИВНО** оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Да. Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да. Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења тих резултата садржи све битне елементе који се захтевају у радовима овакве врсте.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Анализирајући доступну литературу из области, кандидат је систематично и јасно приказао традиционалне методе за прорачун несиметричних токова снага неуравнотежених преносних и дистрибутивних мрежа као и недостатак традиционалне класификације чворова за меделовање нових управљачких стратегија енергетских ресурса који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике. Кандидат је дао доказ да за мреже које садрже традиционалне наизменичне машине и енергетске ресурсе који су на мрежу прикључени преко уређаја енергетске електронике није довољна традиционална класификација да би се формулсао модел токова снага неуравнотежених преносних и дистрибутивних мрежа.

Новом класификацијом чворова и одговарајућим методом токова снага омогућена је врло прецизна формулација и on-line прорачун модела несиметричних токова снага преносних и дистрибутивних мрежа великих димензија, које садрже традиционалне наизменичне машине, а нарочито енергетске ресурсе који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике. Та прецизност метода токова снага је резултат тога што су новом класификацијом чворова обухваћене све практично примењене управљачке стратегије традиционалних наизменичних машина и енергетских ресурса који су прикључени на мрежу преко уређаја енергетске електронике. Предложена нова класификација чворова представља врло квалитетну основу за стандардизацију типова чворова метода токова снага савремених неуравнотежених преносних и дистрибутивних мрежа

Предложена нова класификација чворова и одговарајући метод за прорачун несиметричних токова снага верификовани су развијеним софтвером. Пошто је време потребно за прорачун токова снага предложеним методом веома мало, он се може успешно применити за on-line прорачуне како преносних, тако и активних дистрибутивних мрежа.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Дисертација нема недостатке који би значајније утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација кандидата Николе Војновића под насловом “Прорачун токова снага неуравнотежених мрежа са енергетским ресурсима прикљученим на мрежу преко уређаја енергетске електронике” прихвати, а кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Драган Поповић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије

Др Зоран Стојановић, ванредни професор,
Електротехнички факултет, Београд, члан

Др Борис Думнић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

Др Предраг Видовић, доцент,
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

Др Раде Дорословачки, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

Др Владимир Стрезоски, редовни професор,
Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.