

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

„МОДЕЛИ ОБЕЗБЕЂЕЊА ПОУЗДАНОСТИ СЛОЖЕНИХ ПОСТРОЈЕЊА У
ТЕРМОЕЛЕКТРАНАМА”,

КАНДИДАТ: мр Драган А. Милошевић

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none">1. Датум и орган који је именовано комисију Наставно-научно веће Техничког факултета „Михајло Пупин“ у Зрењанину је именовало комисију за оцену подобности теме и кандидата мр Драгана А. Милошевића на својој седници одржаној 26.08.2015. године.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:<ul style="list-style-type: none">• Председник: Проф. др Мирослав Ламбић, редовни професор, уже научна област: Индустијско инжењерство, 1997. год., Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин.• Члан: Проф. др Бранко Шкорић, редовни професор, уже научна област: Технологија обликовања површина, 2010. год., Факултет техничких наука, Нови Сад.• Члан: Проф. др Драган Д. Милановић, редовни професор, уже научна област: Индустијско инжењерство, 2010. год., Машински факултет, Београд.• Члан: Проф. др Славица Првуловић, ванредни професор, уже научна област: Индустијско инжењерство, 2012. год., Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин.• Ментор: Проф. др Живослав Адамовић, редовни професор, уже научна област: Индустијско инжењерство, 1995. год., Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Драган Аца Милошевић2. Датум рођења, општина, држава: 22. 08. 1979. год., Пожаревац, Србија3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Технички факултет, Зрењанин, Дипломирани инжењер производног менаџмента4. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин, „Софтвер за праћење поузданости машина у процесу експлоатације“, Управљање развојем – Технологија одржавања, 28.10.2009. год.5. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Управљање развојем – Технологија одржавања 28.10.2009.
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: „Модели обезбеђења поузданости сложених постројења у термоелектранама”
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл. Докторска дисертација је изложена у 9 поглавља. Грађа докторске дисертације је презентована на 260 страна, у оквиру које је наведено 179 слика, 62 табеле и 167 референци. Садржај докторске дисертације је следећи:

ПРЕДГОВОР
РЕЗИМЕ
1. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА
2. МЕТОДОЛОШКИ КОНЦЕПТ
3. ТЕОРИЈСКА ИСТРАЖИВАЊА
4. ЕКСПЛОАТАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА
5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА
6. ЗАКЉУЧАК
ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА
ЛИТЕРАТУРА
ПРИЛОЗИ
БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

РЕЗИМЕ

Уопштено се говори о проблематици истраживања представљеној у докторској дисертацији. Укратко се дефинишу сложени технички системи и важност моделовања њихове поузданости. Изложени су најкраће и проблеми моделовања поузданости сложених техничких система који се разматрају у оквиру докторске дисертације. Указано је на проблеме моделовања који се односе на број компоненти система, прорачуне у разумном временском року, превентивне акције одржавања, имперфектне акције одржавања, интеракције компоненти услед отказа итд.

1. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Наведен је преглед истраживања на пољу поузданости и моделовања са аспекта проблематике која се изучава и посматра у оквиру докторске дисертације. Представљени резултати досадашњих истраживања подељени су у три дела која се односе на оквири одржавања, политику оптимизације одржавања и процену и анализу поузданости чиме је најшире обухваћена проблематика истраживања из докторске дисертације.

1.1. Оквири одржавања

Представљено је да овај аспект одржавања обухвата Reliability-Centred Maintenance (RCM), Total Productive Maintenance (TPM), Business-Centred Maintenance (BCM) и Maintenance Excellence (ME).

1.2. Политика оптимизације одржавања

Дат је преглед три врсте политика оптимизације и то политика оптимизације засноване на трошковима, политика оптимизације заснована на ризику и комбинована политика оптимизације. Оне су даље појединачно појашњене.

1.3. Процена и анализа поузданости

Овај аспект одржавања је изложен кроз дискусију о дијагностици стања и отказа, стаблу отказа и анализи узрока, блок дијаграму поузданости, FMECA методи, Monte Carlo методи, напредним алатима и методама, принципима вероватноће, Марковљевој теорији, Поасоновом процесу, Моделима на бази дијагностике стања, Бајесовој теорији, хибридном и осталим моделима.

2. МЕТОДОЛОШКИ КОНЦЕПТ

Описују се проблем истраживања, предмет истраживања, циљ истраживања, хипотезе, научно друштвену оправданост истраживања, методе истраживања, организацију истраживања. Презентовани задаци су дефинисани циљем истраживања. Дефинисани су такође место, време и начини истраживања.

2.1. Проблем истраживања

Проблем истраживања је дефинисан као **креирање општих модела поузданости сложених техничких система**. Овако дефинисан проблем истраживања је у сврху доласка до информација

о поузданости сложених техничких система путем развоја модела поузданости. Модели поузданости сложених техничких система нису до сада достигли завидан ниво практичне примене због немогућности доброг моделовања превентивно одржаваних техничких система. Проблем је нарочито изражен код вишеструких превентивних акција одржавања пре појединог отказа система и то је управо изражено на системима где је потребно постићи висок ниво поузданости у дугом временском периоду. Проблем примене модела поузданости је такође изражен и код интеракције отказа компоненти који је незаобилазан чињенични фактор. Овако дефинисан проблем истраживања је у дисертацији морао да добије одговоре на наведене изазове.

2.2. Предмет истраживања

Након креирања применљивих модела поузданости сложених техничких система потребно је и одабрати адекватне параметре за конкретне техничке системе који су део истраживања у докторској дисертацији. Тако је предмет истраживања дефинисан као **избор најбољих параметара за формирање сопствених модела за обезбеђење поузданости сложених постројења у термоелектранама**. Технички системи који су узети у обзир су трачни транспортер, роторни багер и блокови електране (цевни систем са напојним пумпама, котлови, турбине, генератори, електро заштита, ложење, допрема угља, допрема мазута итд.). За сваки систем је развијен конкретан модел са адекватним параметрима.

2.3. Циљ истраживања

Циљ истраживања је да се **теоретски и емпиријски, контролисано, систематски и критички испита хипотеза формирања модела за обезбеђење поузданости сложених постројења у термоелектранама ПД "Термоелектране и копови Костолац" доо, Костолац и ПД "Термоелектране Никола Тесла" доо, Обреновац**. Циљ је разложен на задатаке:

- Прикупљање и обрада података о отказима техничких система
- Формирање блок дијаграма
- Повезивање податка о отказима са блок дијаграмом и на бази тога дефинисање теоријских законитости расподеле и параметара дате расподеле за сваки декомпоновани део техничког система а на бази анализе отказа.
- Развијање модела за предикцију и обезбеђење поузданости који уважавају вишеструке корективне и/или превентивне акције одржавања.
- Развијање модела на бази претходног искуства који уважавају постојање интеракције међу деловима техничких система и међусобног утицаја промене поузданости једних на поузданост других.
- Интеграција развијених модела на конкретне техничке системе и анализа на основу података о отказима, те верификација модела и методологије моделовања.

Очекивани резултат истраживања је формирање модела за обезбеђење поузданости који доводи до прецизних података о поузданости моделованог система а последично и до могућности за доношење квалитетнијих одлука о акцијама одржавања, те спречавање појаве отказа, односно, смањивање вероватноће појаве отказа у наредном периоду рада техничких система на којима се модели примењују путем оптимизације садржаја акција превентивног и/или корективног одржавања.

2.4. Хипотезе истраживања

Главна хипотеза истраживања гласи: **"Могуће је формирати моделе за обезбеђење повишеног експлоатационог нивоа поузданости сложених постројења у термоелектранама"**.

Радне – помоћне хипотезе су:

- Могуће је дефинисати моделе који презентују комплексне техничке системе путем блок дијаграма поузданости који се може повезати анализом отказа са одговарајућим законима расподеле за сваки декомпоновани блок те интегрално презентовати кретање поузданости целог система.
- Могуће је у моделе поузданости уврстити поправке подсистема, те даље уважити њихову имперфектност.
- Могуће је дефинисати и у моделе имплементирати утицај отказа једне компоненте на

поузданост других компоненти.

- Могуће је све моделе софтверски реализовати у временски прихватљивим оквирима извршења софтвера који је применљив на конкретна сложена постројења у термоелектранама.
- Путем софтверских симулација модела и излазних података могуће је проверити валидност модела за дате техничке системе упоређујући их са почетним подацима о отказу.

2.5. Научна и друштвена оправданост истраживања

Мали број модела уважава постојање узастопних превентивних акција одржавања и/или реалност интеракције делова техничког система једних на друге и последице које њихови откази изазивају, па су истраживања са применом на постројења из предмета истраживања корисна у смислу постављања темеља за даља моделовања ове врсте. Формирање оваквих модела поузданости дакле имају за сврху да одсликају реално стање ствари на квалитативно нов начин те да имплементацијом створе услове за користи широког обима у смислу доношења најбољих одлука о акцијама одржавања које директно утичу на уштеде, производне процесе, начине сервисирања итд. У најужем смислу посматрано, користи од модела за обезбеђење поузданости техничких система у ПД "Термоелектране и копови Костолац" доо, Костолац и ПД "Термоелектране Никола Тесла" доо, Обреновац, се огледају у могућности планирања застоја, великих уштеда, ефикаснијег одржавања и лакшег планирања акција одржавања. Примена бољих модела доводи до директног смањивања броја отказа а то даље смањује и трошкове одржавања. Крајњи резултат би могао да се огледа у повећању свеукупне сигурности функционисања читавог производног система термоелектрана а тиме и електроенергетског система земље.

Могућност примене очекиваних резултата се огледа у потенцијалу да се модели поузданости примене на сва слична постројења у земљи услед њихове сличности. Дакле и проблематика са којом се сусрећу је слична. Подаци које понуђени модели обезбеђења поузданости сложених постројења пружају омогућују најбоље акције одржавања, па је уз адекватне поставке и корекције параметара модела могуће добити релевантне податке и за друга сложена постројења у термоелектранама у Србији, а потенцијално и шире. Овакви модели воде и ка креирању интегралних модела на нивоу читавих фабрика чак и ван домена термоелектрана па је потенцијално могуће искоришћење модела и на нивоу целокупне Електропривреде Србије па и шире. С обзиром да се ово предузеће од националног значаја налази у процесу реструктурирања, потреба за применом резултата једног оваквог истраживања је потенцијално веома велика.

2.6. Методе истраживања

Модели су резултат различитих метода и полазних претпоставки које се користе емпиријским подацима ради избора параметара коначних решења која обезбеђују највећу поузданост и доношење релевантних одлука о акцијама одржавања. Системски приступ у савременој науци представља специјалну методолошку концепцију, која има за задатак да у системском облику формулише свеукупност метода истраживања. Комплексност проблематике захтева комбиновање различитих истраживачких техника и инструмената. Методолошка основа за рад на докторској дисертацији се заснива на комбинованом методолошком приступу. Методе које су у примени су анализа и синтеза, индукције и дедукције, кибернетска метода, статистичка метода итд. Ради моделовања поузданости сложених техничких система коришћена је и метода теорије вероватноће. Блок дијаграм поузданости је коришћен за презентовање функционалних односа међу компонентама система.

На бази дефинисања математичких модела, креирани су рачунарски (софтверски) модели који су методом алгоритама развијани и презентовани ради лакшег разумевања. У ову сврху су коришћени софтвери MS Excel i Visual Basic. Симулације механизма отказивања су остварене путем псеудо случајних бројева и применом Монте Карло методе. Да би се дошло до валидних модела за обезбеђење поузданости потребно је користити се и моделним експериментима и симулацијама. Верификација се врши коришћењем података прикупљених на лицу места и базе података која је доступна.

2.7. Организација истраживања

Место експерименталног истраживања је ПД "Термоелектране и копови Костолац" доо, Костолац и ПД "Термоелектране Никола Тесла" доо, Обреновац. Време праћења техничких система је трајало у временском периоду од 2011. до 2014. године.

Системи који су праћени у процесу експлоатације су:

- Трачни транспортер система БТО5 на површинском копу Дрмно у ПД „Термоелектране и копови Костолац“ ДОО, Костолац,
- Роторни багер 1200x24/4x0 (400кW) + ВР који ради на површинском копу угља Поље Д РБ Колубара,
- Блокови Б1 и Б2 термоелектране Костолац Б.

Истраживање започиње теоријским разматрањима поузданости, структуре и представљања сложених техничких система и постојећих модела за обезбеђење поузданости интегрално посматраног система а затим и декомпонованог и оног који се превентивно или комбиновано одржава. Након тога се даје преглед модела развијених у свету који су послужили као основа или идеја даљег рада да би уследио развој нових сопствених модела сложених постројења у термоелектранама. Развој модела је усмерен на разматрање сваког од већих проблема моделовања попут декомпоновања система, моделовања непоправљивих и поправљивих компоненти, затим корективног, превентивног или комбинованог одржавања, те примене двопараметарске или тропараметарске Вејбулове расподеле и на крају интеракције отказа компоненти система.

Верификација модела је обављена пре непосредне примене како би се кориговали параметри модела и евентуалне грешке прорачуна тиме анулирале. Метода која је коришћена у ту сврху је Монте Карло.

Након креирања одговарајућих модела са валидним параметрима, приступано је симулацијама рада система.

Довољан број итерација при различитим условима довео је до закључака о томе које је акције одржавања најбоље предузети према дефинисаним критеријумима.

Након низа симулација и добијених резултата извршена је њихова систематизација и представљање у адекватном облику у виду графика и табела. Посебна пажња је посвећена томе да смисао резултата не буде промењен током интерпретације. Након интерпретације резултата изведени су закључци и дати предлози даљих истраживања.

3. ТЕОРИЈСКА ИСТРАЖИВАЊА

Презентована су теоријска истраживања која се односе на проблеме моделовања поузданости сложених техничких система која се односе на докторску дисертацију. Најпре је дат преглед поузданости сложених техничких система а затим преглед до сада развијених модела у свету и код нас. На основу таквог прегледа развијени су сопствени модели поузданости сложених техничких система.

3.1. Поузданост сложених техничких система

Презентована је проблематика поузданости техничких система као и врсте техничких система по питању сложености те проблематика њихове поузданости. Посебно је обрађена предикција поузданости сложених система са аспекта превентивних акција одржавања.

3.2. Развијени модели поузданости сложених постројења у свету

Дат је преглед развијених модела поузданости сложених система. SSA (Split System Approach) концепт је објашњен као модел који обухвата постојање узастопних превентивних акција одржавања. Објашњени су сви релевантни аспекти овог моделовања, претпоставке, предности и недостаци као и аспекти имплементације. Даље је објашњена проблематика моделовања поузданости са акцентом на узастопне превентивне акције одржавања и утицај поузданости

поправљивих компоненти система. На крају обрађена је и тематика интеракције отказа компоненти.

3.2. Развој нових модела поузданости сложених техничких система у термоелектранама

Развијени су нови модели поузданости сложених техничких система који су предмет разматрања докторске дисертације. Ови модели су развијени кроз следећа поглавља:

- Декомпоновање система
- Модел сложеног техничког система са непоправљивим компонентама
- Формирање модела за сложени систем са поправљивим компонентама (корективно одржавање)
- Формирање модела за сложени систем са поправљивим компонентама (комбиновано одржавање)
- Формирање модела са Вејбуловом тропараметарском расподелом
- Формирање модела са постојањем интерактивних отказа

4. ЕКСПЛОАТАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА

У овом поглављу су модели из претходног поглавља примењени на сложена постројења у термоелектранама. То су трачни транспортер, роторни багер и блокови Б1 и Б2 у ТЕ КО Костолац Б које чине бројне компоненте (цевни систем са напојним пумпама, котлови, турбине, генератори, електро заштита, ложење, допрема угља, допрема мазута итд.). Презентовани су сви кораци и проблеми експлоатационих истраживања кроз мноштво прорачуна, симулација и графичких и табеларних приказа. Развијени модели из претходног поглавља су примењени за сваки од три система посебно.

4.1. Историјски подаци и декомпоновање техничких система у термоелектранама

За сваки од три сложена система у термоелектранама су прикупљени подаци и извршено декомпоновање. Први је трачни транспортер система БТО5 на површинском копу Дрмно у „Термоелектране и копови Костолац“ ДОО, Костолац. Ради се о систему са великим бројем компоненти (ваљака) али који припадају једној од 4 препознате врсте ваљака па је и број отказа према врсти компоненте јако велики и теоријска расподела је лакша за идентификацију. Доминантно је корективно одржавање те је то претпоставка модела. Други систем је роторни багер 1200X24/4X0 (400KW) + VR који ради на површинском копу угља поље Д, РБ Колубара. Овде је већ број компоненти значајно мањи а и број отказа па је систем декомпонован на 6 подсистема. Одржавање је комбиновано са доминантним превентивним акцијама одржавања. Трећи систем јесу блокови Б1 и Б2 термоелектране Костолац Б. Овде је PLC технологија послужила скупљању и систематизацији података о отказима али и условила декомпоновање система на 10 компоненти због начина архивирања података који постоји од самог настанка термоелектране.

4.2. Имплементација сопствених модела обезбеђења поузданости сложених постројења у термоелектранама

Имплементација сопствених модела је кључан истраживачки корак јер је управо ово најчешћи проблем са моделима овакве врсте. Примена је извршена за сваки од техничких система посебно. Код трачног транспортера је број отказа према врсти компоненте био довољан да се открију параметри Вејбулове тропараметарске расподеле и приступи симулацији. Симулација је захтевна са аспекта броја компоненти па је алгоритам пажљиво имплементиран са уважавањем свих посебности одржавања транспортне траке и вођењем рачуна о разумном времену извршења симулације. Симулација је обухватала и аспекте цене одржавања и трошкове застоја. Имплементација модела поузданости на роторни багер је подразумевала претпоставке комбинованог одржавања и превентивне акције одржавања. Неке компоненте система су имале и не велики број отказа. Модел обухвата и имперфектне превентивне акције одржавања када се поузданост не враћа на ниво 1 већ мањи. Ту је уведена нова величина C_{wpm} – коефицијент превентивног одржавања као мера елиминације непоузданости система путем превентивног одржавања. Овај коефицијент је први пут примењен. Симулација је итеративно примењена након тога. Када су у питању блокови електране Б1 и Б2 у ТЕ КО Костолац Б, примењени модел је подразумевао примену могућих интеракција отказа компоненти, те да услед отказа једне

компоненте система има промена у нивоу поузданости друге компоненте након обављених акција одржавања током застоја или из потенцијалних других разлога. Сва потенцијалне интеракције компоненти су испитане а онда када су установљене приступило се итеративној примени модела поузданости целог система.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру овог поглавља представљени су сопствени резултати истраживања до којих је дошао кандидат. Детаљно су представљени и коментарисани резултати модела поузданости сложених система (трачног транспортера, роторног багера и блокова електрана). Резултати истраживања до којих се дошло у оквиру докторске дисертације показали су у којој мери модели поузданости могу утицати на смањење укупних трошкова одржавања, броја отказа система као и мањег броја замена и колико модели могу утицати на повишење експлоатационог нивоа поузданости сложених техничких система. Такође, како би се подробније сажела истраживања до којих је кандидат дошао детаљно су наведени кључни резултати истраживања и упоређени су добијени резултати истраживања са резултатима истраживања других аутора.

5.1. Кључни резултати истраживања

5.1.1. Трачни транспортер система БТ5 на површинском копу Дрмно у ПД „Термоелектране и кпови Костолац” ДОО, Костолац

Првим циклусом симулација је узет у обзир сам корективни начин одржавања ваљака трачних транспортера. Као критеријум оптимизације су узети трошкови одржавања. У три сценарија је утврђено да је оптимално вршити замене ваљака новим ваљцима произвођача PRECISMECA. Укупни тршкови су сведени са нивоа од 2.345.221.701 € на ниво од 1.955.881.874 €.

Другим циклусом симулација је узет у обзир комбиновани начин одржавања. Превентивно одржавање је рађено на различитим нивоима поузданости те је праћен ниво укупних трошкова одржавања у складу са тиме. Показало се да је неопходно вршити замене на нивоу превентивног одржавања јер је то најисплативије према критеријуму укупних трошкова одржавања. Овиме су тршкови одржавања сведени на изузетно низак ниво од свега 13.660.952 €.

Трећи циклус симулација се односио на број ваљака који је оптимално заменити превентивно како би укупни трошкови одржавања били минимални. Тако се на пример са 160 замењених ваљака у смени укупни трошкови своде на 16.324.921,90 € а са 1000 замењених ваљака у смени на само 9.690.476,19 €.

5.1.2. Роторни багер 1200X24/4X0 (400KW) + VR који ради на површинском копу угља поље Д, РБ Колубара

Симулација је допринела увиду у кретање поузданости сваког подсистема али и техничког система у целини и то је и графички презентовано током симулационог оперативног времена од 278.278 минута тј. једне године рада. Ефекти превентивног одржавања су даље итеративним симулацијама установљени за компоненте механизам за кружно кретање (МКК) и механизам за дизање стреле ротора (МДС). Повећавањем ефеката превентивног одржавања преко коефицијента недељног превентивног одржавања $C_{врт}$ утврђене су законитости утицаја на поузданост читавог система. Број отказа система у зависности од повећања $C_{врт}$ компоненте МКК опада према функцији $y = 3,4527 x^3 - 5,6845 x^2 - 1,2427 x + 540,57$ а у зависности од повећања $C_{вр}$ компоненте МДС према функцији $y = 0,0357 x^3 - 0,1556 x^2 - 0,4935 x + 540,57$. Оваквим открићем су се створили услови и за закључке о потребном увећању коефицијената $C_{врт}$ компонентата МКК и МДС ради постизања одговарајућег просечног годишњег броја отказа система роторног багера за симулациони период од 30 година што је и планиметријски представљено.

5.1.3. Блокови Б1 и Б2 термоелектране Костолац Б

Након сто итерација за оперативно време система од годину дана створена је слика о кретању поузданости сваке компоненте и целог система на интегралан начин. Сви резултати су графички презентовани за оба блока електране. Симулација је спроведена на основу формиране матрице

коэффицијената облика $Y := (y_{k_1, k_2})_{min}$ где је $y_{k_1, k_2} = a_{k_1, k_2} x^2 + b_{k_1, k_2} x + c_{k_1, k_2}$ која представља функционалну међузависност афектујућих и афектованих отказа компоненти.

Повећавањем ефеката превентивних акција одржавања за по 50% тј. увећавањем параметара који утичу на временски помак тј. подмлађивање или остаривање афектованих компоненти у матрици интеракције дошло се до јасније слике ефеката превентивних акција одржавања. Симулација је спроведена у итерацијама од по 100 за свих седам релевантних утицаја из матрице интеракције те се дошло до заључка да превентивне акције на појединим компонентама доводе до најбољих ефеката у погледу смањења отказа компоненти које афектују. Даљим итеративним симулирањем ефеката побољшаног превентивног одржавања уставнољено је смећење просечног броја отказа блока електране Б1 компоненте услед повећања интеракције компоненти К4 (цевни систем са напојним пумпама) и К6 (турбина) зависно према функцији $y = -0,2097 x^2 - 0,1847 x$. Повећање утицаја отказа компоненте К8 (електро заштита) на отказе компоненте К5 (котао) у оквиру блока електрана Б2 смањује отказе система према регресивној функцији $y = -0,1815 x^2 - 0,7208 x$ а у случају интеракције отказа компоненти К8 и К12 (остали уређаји) према функцији $y = -0,1494 x^2 - 0,367 x$. Последње две су упоредо приказане јер је компонента блока Б2 К8 у оба случаја афектујућа па су могуће одлуке о алокацији ресурса одржавалаца овиме олакшане.

5.2. Доказивање главне хипотезе

Главна хипотеза је доказана путем доказивања 5 радних хипотеза. Доказивањем радних хипотеза долази се до закључка о испуњењу главне хипотезе: **"Могуће је формирати моделе за обезбеђење повишеног експлоатационог нивоа поузданости сложених постројења у термоелектранама"**. Модели дозвољавају да се према одређеним накнадно установљеним критеријумима или различитим начинима одржавања система установе ефекти кретања поузданости чиме се долази до оптималних акција одржавања а тиме и максимизирања поузданости целог система. **Јасно се може извести закључак да је дат и одговор на наслов дисертације.**

5.3. Упоредивање резултата истраживања са сличнима у свету

У овом делу дисертације резултати истраживања су поређени са неколико сличних у иностранству и земљи. Изведени су закључци о предностима креираних модела у дисертацији у односу на сваки од њих са којима је извршено упоређење.

6. ЗАКЉУЧАК

У овом поглављу су вредновани научни допринос, друштвени допринос и универзални допринос дисертације. Развијен је и Интегрални модел поузданости поправљивих сложених техничких система који обједињује све моделе из докторске дисертације. Сви развијени модели у дисертацији су алгоритамски повезани у целину која је логична да одговори на моделовање поузданости огромног броја разноврсних сложених техничких система те створи предуслове даљих истраживања на овакав начин. Интегрални модел је новоформиран, оригиналан и одсликава другачији приступ проблематици моделовања поправљивих сложених техничких система. Презетовани су и кључни резултати дисертације:

- Презентоване су разлике у поузданости система БТО5 уштеде финансијске природе остварене на бази примене модела поузданости на тај систем. Иако су резултати изузетни модел је пружио и палету могућности да се уштеде планирају унапред у складу са алокацијом ресурса одржавања. **Целокупан модел поузданости примењен на трачни транспортер БТО система омогућио је да се пронађу оптималне компоненте којима треба вршити замене и оптималне тренутке замене за критеријуме очекиване поузданости и трошкова одржавања на новом систему.**
- Модел поузданости примењен на роторни багер је довео до закључка о укупном кретању просечне вредности поузданости целог система током годину дана оперативног времена презентоване функцијом $y = -0,04 \ln x + 0,4296$. Увођење појма коефицијента превентивног одржавања добијен C_{wpm} је нови квалитет модела. Он представља проценат елиминације непоузданости компоненте који она има у тренутку почетка акције одржавања. **Модел поузданости примењен на систем роторног багера**

омогућно је да се установе функције зависности броја отказа, а тиме и поузданости од различитих превентивних акција, те нађе оптимална у складу са датим могућностима на терену. Овиме се директно може планирати утицај на поузданост система у целини у зависности од одабраних акција одржавања које су на располагању у датом периоду времена.

- Модел поузданости примењен на систем блокова електрана Б1 и Б2 је омогућно да се установе интеракције компоненти система путем матрица интеракције, те на тој основи моделује поузданост. Полазиште модела је база података о отказима. Формирањем матрице интеракције су се створили услови да се на бази симулације поузданости установе ефекти веће интеракције међу компонентама. Она се заснива на чињеници да је могуће појачати утицај путем превентивних акција одржавања за побројане случајеве интеракције отказа. Да је реч о интеракцији на бази превентивних акција одржавања током међуотказа говоре облици крива функција добијених регресионом анализом. На бази добијених функција могуће је дефинисати утицај ефикасности превентивних акција одржавања током међуотказа афектујућих компонента на смањење броја отказа целог система.

ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

У овом поглављу је дат преглед могућности примене креираних модела поузданости, попут развоја интегралног модела и за остала поља примене, коришћење симулације у сврху укупне сигурности система, питања временске динамике поузданости система, праћења поузданости у реалном времену путем интегралног модела, спецификација модела за посебне системе, планирање ресурса, повезивање модела са отказима.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертације се бави комплексном проблематиком формирања модела сложених техничких система на оригиналан начин.

1. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Вредност овог поглавља се огледа у датом прегледу досадашњих истраживања и тиме је формирана слика истраживања на основу које се могао наћи оригиналан приступ. Прегледом досадашњих истраживања су предочене предности и мане досадашњих покушаја да се дође до модела поузданости. Све је сагледано кроз шири аспект одржавања чиме се ствара боља слика за будућа истраживања. Ово поглавље је створило основу и допринело налажењу модела поузданости који су креирани у даљем научно истраживачком раду.

2. МЕТОДОЛОШКИ КОНЦЕПТ

Вредност овог поглавља се огледа истраживањем проблема, предмета, циља, хипотеза, методологија, организације и научно друштвене оправданости моделовања поузданости сложених постројења у термоелектранама. Сама методологија служи остварењу циља истраживања те пружања одговора на наслов дисертације. Циљ је да се теоретски и емпиријски, контролисано, систематски и критички испита хипотеза формирања модела за обезбеђење поузданости сложених постројења у термоелектранама ПД "Термоелектране и копови Костолац" доо, Костолац и ПД "Термоелектране Никола Тесла" доо, Обреновац. Методолошки концепт је створио основу за теоријска и експериментална истраживања. Теоријска истраживања су омогућила креирање општих модела поузданости сложених техничких система. Експериментална истраживања су имала за последицу стварање конкретних модела поузданости сложених постројења у термоелектранама путем избора оптималних параметара модела.

3. ТЕОРИЈСКА ИСТРАЖИВАЊА

Вредност теоријских истраживања произилази са више аспеката. Дата је дубља слика проблематике истраживања моделовања сложених техничких система која је омогућила да се створе нови модели поузданости и која може послужити као основа и даљих, ширих

истраживања у будућности. Развојем нових модела отворена је широка палета одговора на проблематику истраживања која се може вишеструко преиспитивати у будућности са разних аспеката и давати нове резултате. Обрађена је проблематика декомпоновања система у светлу евиденције отказа, њихове асоцијације за појединачне компоненте, поправљивост или непоправљивост компоненти како би се створила основа развоја модела. Најједноставнији случај је да систем није поправљив и како и такви системи постоје (иако значајно ређи) и овај модел има своју применљивост али је и основа даљег развоја модела сложених система. Развој модела поузданости сложених система са поправљивим компонентама је оригинални допринос и обрађен је са аспекта корективног и комбинованог одржавања као најчешћих у пракси и оних који су у примени ка системима у термоелектранама. Посебно је развијен модел са Вејбуловом тропараметарском расподелом као најопштијом и најефикаснијом да опише кретање поузданости појединачних компоненти постројења у процесу експлоатације. Највећи допринос се огледа у развоју модела са интерактивним отказима компоненти који је далеко најсложенији. Препознати су посебни случајеви интеракције према врсти интеракције пошто је установљена претпостављена функција интеракције као саставни део модела. На крају дошло се до општих функционалних зависности отказа компоненти система које су први пут као такве увршене у један модел поузданости. На бази ових функционалних зависности алгоритамски је развијен нови модел поузданости и начин валидације параметара модела.

4. ЕКСПЛОАТАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА

Вредност овог поглавља се огледа у томе што су развијени оригинални модели поузданости за конкретна постројења у термоелектранама. Овакви модели су први пут развијени и плод су мултидисциплинарног погледа на поузданост комплексних система. Допринос је велики и са аспекта разнородности одабраних постројења која се налазе у истом производном процесу. Модел поузданости примењен на трачни транспортер омогућује примену на свим техничким системима који се могу корективно и/или комбиновано одржавати а имају велики број компоненти. Овакви бројевно сложени системи имају увек проблем имплементације алгоритма у коначном времену извршења. Овај проблем је у оквиру ове дисертације решен па је у томе и њен допринос. Модел поузданости примењен на роторни багер има допринос у чињеници да је избором адекватних тачака калкулације време прорачуна знатно смањено и повећана применљивост модела. Такође он уважава постојање реалности у виду перфектних и имперфектних акција одржавања преко коефицијента превентивног одржавања - $C_{врт}$. Овај модел је стога могуће са малим бројем корекција применити на велики број сличних техничких система где може да пружи нова сазнања и резултате истраживања у будућности. Модел обезбеђења поузданости примењен на блокове термоелектране је далеко најсложенији модел у оквиру овог истраживања. Он даје одговор на најделикатније питање моделовања које се огледа у потенцијалним интеракцијама отказа међу компонентама система у свим релацијама. Зато је допринос овог модела осим што је дао применљив, реалан и релативно једноставан начин интеракције компоненти, у томе што је овим моделом могуће све сличне техничке системе испитати и установити интерактивност отказа компоненти без обзира на којој основи та интеракција постоји.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Вредност овог поглавља се огледа у резултатима сопствених модела поузданости. Они квантификују све поузданости сваког од постројења током оперативних времена али и дозвољавају испитивања свих врста утицаја предвиђених моделима. Сви резултати су квантитативно изражени те се ефекти потенцијалних промена услова одржавања могу испитивати и пре практичне примене у реалности. Допринос модела је такав да они могу да пруже и многа друга истраживања на истим постројењима или применом на разна друга у мање или веће корекције. Доказивањем хипотезе истраживања створени су услови за даљи рад ове врсте.

6. ЗАКЉУЧАК

Допринос овог поглавља се огледа у доношењу закључака изведених на основу резултата истраживања. Она се односе на моделе поузданости и њихове могућности које могу допринети даљој дивергенцији истраживања на истој основи или примени модела поузданости на друге сложене техничке системе. Највећи допринос представља интеграција постојећих модела

поуздансти у интегрални модел поузданости који синергично омогућује да велики број врста сложених постројења буде моделован на овај нови начин. Такође сложеност постројења која се могу моделовати постаје значајно већа јер се сваки од декомпонованих делова система може моделовати применом другог парцијалног модела из докторске дисертације.

ПРЕДЛОГ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА

Допринос овог поглавља се огледа у прегледу најизгледнијих праваца даљег развоја која се ослањају на истраживање спроведено у докторској дисертацији. Истраживања спроведена у дисертацији су основ за даљи допринос у различитим доменима. Допринос је могућ путем примене интегралног модела поузданости на друга постројења чиме се резултати могу очекивати и у другим гранама индустрије као на пример енергетици, рударству, металургији, прехранбеној индустрији, текстилној, дрвној итд. Симулација може бити део даљег моделовања укупне сигурности система и тиме је допринос овог поглавља у томе што предочава могућности модела поузданости. Нарочит допринос представљају закључци о могућностима моделовања поузданости овако сложених система и аспекта временске динамике што је посебно занимљиво питање које није имало одговоре у многим истраживањима те је било веома често апстраховано услед неадекватних могућности за имплементацију у процес моделовања поузданости. Дати су погледи на могућности развоја и у правцима праћења поузданости у реалном времену путем интегралног модела, спецификације модела за посебне системе, планирања ресурса, повезивања модела са отказима.

Научни допринос дисертације:

Допринос дисертације у научном смислу је формирање нових, оригиналних и применљивих модела поузданости сложених техничких система. Посебан допринос се односи на моделовање поузданости приликом превентивних акција одржавања, приликом сложених система према великом броју компонената, приликом малог броја отказа компонената система и нарочито приликом интеракције отказа компоненти система.

Друштвени допринос дисертације:

Применом модела поузданости се дошло до могућности планирања одржавања које доводи до смањења трошкова одржавања, смањења броја отказа, могућности да се боље планирају и алоцирају ресурси одржавања, као и до могућности предикције поузданости система и очекиваног броја отказа, техничких система у Електропривреди Србије.

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] **Milosevic D.**, Janic N., Vulovic M., Adamovic Z., (2015.), Optimization of preventive maintenance of lubrication subsystem by reliability simulation model of V46-6 engine., Journal of the Balkan Tribological Association, Vol 22, Book 1. (ISSN: 1310-4772)

Рад у међународном часопису (M24):

- [1] **Milosevic D.**, Josimovic Lj., Petrov T., Adamovic Z., (2013.), Maintenance planning of btr system belt conveyors using a model based on reliability and maintenance costs, DRUNPP, Sarajevo TTEM - Technics Technologies Education Management, Vol.8, No.3, pp. 1257-1265. (ISSN: 1840-1503)
- [2] **Milošević D.**, Adamović Ž., (2013.), Reliability simulation model for the bucket wheel excavator, Journal Metalurgia International, No.11, pp. 13-20. (ISSN: 1582-2214)
- [3] **Milošević D.**, Adamović Ž., (2013.), Reliability simulation model of complex technical system in thermal power plants, Journal Metalurgia International, No.12, pp. 55-63. (ISSN: 1582-2214)

Монографије националног значаја (M42):

- [1] **Milošević, D.**, Adamović, Ž., Ašonja, A., (2012.), System Reliability in Energetics, The Association of Intellectuals for the Development of Science in Serbia - "The Serbian Academic Center", Novi Sad. (ISBN: 978-86-89087-00-0)
- [2] Адамовић, Ж., Ашоња, А., **Милошевић, Д.**, Пауњорић, П. (2011.), Теледијагностика машина, Друга књига, Сремски Карловци. (ISBN: 978-86-86127-30-3)
- [3] Адамовић, Ж., Ашоња, А., **Милошевић, Д.**, (2013.), Трибодијагностика и вибродијагностика машина, Српски академски центар, Нови Сад. (ISBN: 978-86-89087-04-8)

Радови у часопису (M52):

- [1] **Милошевић, Д.**, Адамовић, Ж., Ашоња, А., (2014.) Дијагностика и прогностика стања машина у електранама и топланама, часопис „Техничка дијагностика“, Бања Лука, бр. 1-2., стр. 66-72 (ISSN 1840-4898)
- [2] **Милошевић, Д.**, Петров, Т., (2013.), Теледијагностика у служби поузданости парних турбогенератора, часопис „Техничка дијагностика“, Београд, бр. 2, стр. 45-51. (ISSN 1451-1975)
- [3] Савановић, Н., Алаковић, Ј., **Милошевић, Д.**, (2011.), Онлајн праћење вибрација и оптерећење на роторним багерима, часопис „Техничка дијагностика“, Бања Лука, бр. 1-2. (ISSN 1840-4898)
- [4] **Милошевић, Д.**, Адамовић, Ж., Станојевић, М., (2011.), Теледијагностика и поузданост техничких система, часопис „Техничка дијагностика“, Бања Лука, бр. 3-4. (ISSN 1840-4898)
- [5] **Милошевић, Д.**, Вељковић, Д., Јосимовић, Љ., Савић, Н., (2012.), Теледијагностика и поузданост турбогенератора, часопис „Техничка дијагностика“, Бања Лука, бр. 1-2. (ISSN 1840-4898)
- [6] Савић, Н., Јосимовић, Љ., Милошевић, Д., (2012.), Елементи развоја и реинжењеринга парног котла типа Служер, часопис „Техничка дијагностика“, Бања Лука, бр. 1-2.

Радови у часопису (M53):

- [1] **Милошевић, Д.**, Спасић, Д., Отић, Г., (2015.), Могућност рада електрана у ванредним условима, часопис „Менаџмент знања“, Смедерево, бр. 1-2., стр. 38-43. (ISSN 1452-9661)
- [2] **Милошевић, Д.**, Адамовић, Ж., (2011.), **Теледијагностика и поузданост машина**, часопис „Менаџмент знања“, Смедерево, бр. 1-2., стр. 23-31. (ISSN 1452-9661)
- [3] **Милошевић, Д.**, Вељковић, Д., Јосимовић, Љ., Савић, Н., (2012.), Планирање превентивног одржавања на бази симулационог модела, часопис „Менаџмент знања“, Смедерево, бр. 1-2., стр. 23-31. (ISSN 1452-9661)
- [4] Савић, Н., Јосимовић, Љ., **Милошевић, Д.**, (2011.), Прогнозирање поузданости техничког система, часопис „Хидраулика и пнеуматика“, Ниш, година VI, број 1-2. (ISSN 1452-967X)
- [5] Савић, Н., Јосимовић, Љ., **Милошевић, Д.**, (2011.), Анализа отказа на турбогенераторима, часопис „Хидраулика и пнеуматика“, Ниш, година VI, број 1-2. (ISSN 1452-967X)
- [6] **Милошевић, Д.**, Јањић, З., Блаженовић, Р., (2013.), Модел поузданости сложеног техничког система са непоправљивим компонентама, часопис „Одржавање машина“, Смедерево, година X, бр. 1-2. стр. 28-33. (ISSN 1452-9688)

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):

- [1] **Милошевић, Д.**, Јосимовић, Љ., Петров, Т., (2012.), Систем за мониторинг и контролу транспортне траке бто система, XXXV конференција „Пословних комуникација и производног инжењерства“, Друштво за техничку дијагностику Србије, 1-2. јун 2012., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-85391-07-1)
- [2] **Милошевић, Д.**, Вујовић, С., Јањић, Н., (2013.), Методе прорачуна параметара вејбулове расподеле, XXXVI конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Мерење перформанси индикатора одржавања техничких система у компанијама“, 31. мај 2013., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-30-8)
- [3] Јосимовић, Љ., Петров, Т., Савић, Н., **Милошевић, Д.**, (2013.), Анализа вибрација турбогенератора, XXXVI конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Мерење перформанси индикатора одржавања техничких система у компанијама“, 31. мај 2013.,

Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-30-8)

- [4] **Милошевић, Д.**, Јосимовић, Љ., Петров, Т., Савић, Н., (2013.), Моделовање поузданости сложених система помоћу SSA метода, XXXVI конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Мерење перформанси индикатора одржавања техничких система у компанијама“, 31. мај 2013., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-30-8)
- [5] **Милошевић, Д.**, Јосимовић, Љ., Петров Т, Савић, Н., (2013.), Теледијагностика у служби поузданости турбогенератора, XXXVI конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Мерење перформанси индикатора одржавања техничких система у компанијама“, 31. мај 2013., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-30-8)
- [6] Петров Т, Савић, Н., **Милошевић, Д.**, Вељковић, Д., (2014.), Техничко одржавање и повећавање капацитета млевења млинова у термоелектранама, XXXVII конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Нова концепција одржавања: вибродијагностичко одржавање техничких системау компанијама“, 30. мај 2014., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-89087-12-3)
- [7] **Милошевић, Д.**, Вељковић, Д., Пауњорић, П., (2014.), Даљинска дијагностика и управљање у енергетским објектима засновани на примени SCADA система, XXXVII конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Нова концепција одржавања: вибродијагностичко одржавање техничких системау компанијама“, 30. мај 2014., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-89087-12-3)
- [8] **Милошевић, Д.**, Вељковић, Д., Адамовић, Ж., (2014.), Прорачун параметара Weibull-ове расподеле поправљивих компоненти сложених техничких система, XXXVII конференција „Мајски скуп одржавалаца Србије“, „Нова концепција одржавања: вибродијагностичко одржавање техничких системау компанијама“, 30. мај 2014., Врњачка Бања. (ISBN 978-86-89087-12-3)
- [9] **Милошевић, Д.**, Адамовић, Ж., Ашоња, А., (2014.), Дијагностика и прогностика стања машина у електранама и топланама, XI конференција „Техничка дијагностика термоелектрана, соларних електрана, топлана и хидроелектрана“, Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-32-2)
- [10] Јосимовић, Љ., **Милошевић, Д.**, Савић, Н., Петров, Т., Пауњорић, П., (2015.), Мере за спречавање оштећења надземних делова гасовода, XXXVIII Мајски скуп одржавалаца Србије „Техничка дијагностика термоелектрана, соларних електрана топлана и хидроелектрана“, Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-36-0)
- [11] Савић, Н., Адамовић, Ж., Петров, Т., **Милошевић, Д.**, (2015.) Модели техничке дијагностике за одређивање оптималног тренутка извођења дијагностике стања клизних лежајева турбогенератора, XXXVIII Мајски скуп одржавалаца Србије „Техничка дијагностика термоелектрана, соларних електрана топлана и хидроелектрана“, Врњачка Бања. (ISBN 978-86-83701-36-0)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Грађа представљена у оквиру докторске дисертације представља допринос истраживања у области моделовања поузданости сложених техничких система. У оквиру ње презентована су бројна истраживања публикована на међународном нивоу на пољу теоријских и експерименталних истраживања. Проблематика истраживања модела поузданости сложених система је јако актуелна у свету поготову у доменима превентивних одржавања и интеракције отказа компоненти система. Последњих година се број радова из ове тематике експоненцијално умножио и све више њих је презеновано у релевантним научним часописима. На основу научних, физичких, материјалних и других доказа презентованих у оквиру ове дисертације, намеће се констатација да се овој проблематици не придаје значајна пажња у пракси и да је применљивост постојећих модела поузданости веома дискутабилна.

Истраживања која су обављена у оквиру ове докторске дисертације имала су теоријски и практични значај. На основу сазнања до којих су дошли други истраживачи, на основу сопствених истраживања дошло се до нових сазнања која ће у знатној мери унапредити моделовање поузданости оставити трага на планирање акција одржавања као начин обезбеђења потребног нивоа поузданости према реалним критеријумима.

На основу прегледа бројне литературе, извршених теоријских и експлоатационих истраживања хипотеза, под називом „Могуће је формирати моделе за обезбеђење повишеног нивоа поузданости сложених постројења у термоелектранама“ је потврђена.

Кључни резултати истраживања у оквиру ове дисертације су:

- Имплементацијом модела који се односи на трачни транспортер БТО5 на површинском копу Дрмно, Костолац остварена су три циклуса симулација за оперативно време од 200.000 часова: први циклус – са корективним, други – са комбинованим и трећи – са превентивним акцијама одржавања. За први циклус симулација који представља тренутни начин одржавања има укупне трошкове (у зависности од ваљака којима се врши замена) у износу од 1.955.881.874 € до 2.345.221.701 €. Применом симулација је добијено да су укупни трошкови применом превентивног одржавања (са максималном експлоатацијом радног века ваљка и заменом најбољом врстом ваљака) сведени на износ од 9.690.476,19 € до 16.324.921,90 € у зависности од броја ваљака који се могу заменити у једној смени.
- Модел поузданости примењен на трачни транспортер БТО система омогућио је да се пронађу оптималне компоненте којима треба вршити замене и оптималне тренутке замене за критеријуме очекиване поузданости и трошкова одржавања на новом систему.
- Имплементацијом модела поузданости који се односи на систем роторног багера који ради на површинском копу угља у Колубари, Лазаревац за оперативни период од 278.278 минута, тј. једне године рада добио се увид у кретање поузданости на реалним основама примене превентивног и корективног одржавања укључујући и имперфектне акције одржавања за свих 6 компоненти система на колико је декомпонован и представљен блок дијаграмом поузданости. Компоненте су анализом времена отказа разврстане на оне код којих превентивне акције одржавања имају утицаја на поузданост и оне на које немају па су у складу са тиме различито и моделоване њихове поузданости. Итеративним понављањем симулације поузданости је добијена функција просечне вредности поузданости целог система $\gamma = -0,04 \ln x + 0,4296$
- Овај модел је увео појам коефицијента превентивног одржавања C_{pm} који дефинише ниво имперфектности акција одржавања тј. за колико је одређена акција одржавања одступила од довођења појединачне компоненте система на ниво поузданости 100%. C_{pm} представља проценат „елиминације“ непоузданости компоненте који она има у тренутку почетка акције одржавања. Претпоставка модела је да су овакве акције одржавања део превентивног одржавања, док корективне акције одржавања где се располаже већим временским интервалима имају перфектан карактер тј. доводе ниво поузданости компоненте на ниво 100%. Симулације поузданости су изведене у серијама које су се односиле на могуће смањење броја отказа целог система роторног багера по основу појединачних превентивних акција одржавања према свакој компоненти. И добијене су регресивне функције смањена броја отказа система у зависности од повећања ефикасности превентивних акција. Овиме је установљен утицај свих могућих алокација ресурса у вези са превентивним деловањем на компоненте система. Тиме су јасно дефинисано у ком смеру је потребно уложити напоре по питању превентивних акција одржавања и на којој компоненти система конкретно како би се очекивали одговарајући ефекти на смањење броја отказа и поузданост система у целини.
- Модел поузданости примењен на систем роторног багера омогућио је да се установе функције зависности броја отказа, а тиме и поузданости од различитих превентивних акција, те нађе оптимална у складу са датим могућностима на терену. Овиме се директно може планирати утицај на поузданост система у целини у зависности од одабраних акција одржавања које су на располагању у датом периоду времена.
- Модел поузданости примењен на систем блокова електрана Б1 и Б2 је омогућио да се установе интеракције компоненти система путем матрица интеракције, те на тој основи моделује поузданост. Полазиште модела је база података о отказима. Формирањем матрице интеракције су се створили услови да се на бази симулације поузданости установе ефекти веће интеракције међу компонентама. Она се заснива на чињеници да је могуће појачати утицај путем превентивних акција одржавања за побројане случајеве интеракције отказа. Да је реч о интеракцији на бази превентивних акција одржавања током међуотказа говоре облици крива функција добијених регресионом анализом. На бази добијених функција могуће је дефинисати утицај ефикасности превентивних акција одржавања током међуотказа афектујућих компонента на смањење броја отказа система.
- Интегрални модел поузданости формиран на бази постојећа три модела је дао могућност да се свака компонента сложеног система посматра засебно и тиме поузданост структурно и бројевно сложених техничких система са превентивним, корективним или комбинованим одржавањем који имају и интеракцију отказа компонента система моделује на ефикасан начин.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

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

Докторска дисертација написана је у складу с образложењем наведеним у пријави теме, она садржи све битне елементе који су утврђени методологијом научно-истраживачког рада. За предвиђена истраживања модела поузданости сложених постројења у оквиру ове докторске дисертације коришћене су теоријска метода, експлоатациона метода и симулациона метода. Теоријска метода је коришћена ради формирања модела који могу да се имплементирају на бројевно и структурно сложене техничке системе са корективним, превентивним и комбинованим акцијама одржавања као и да уврсте интеракцију отказа компоненти компоненти. Све ово је послужило приближавању модела реалним условима али уз могућност примене истих. То је постигнуто применом математичког моделовања, применом статистике, информатичком методом и краирањем софтвера који су класификовали податке, деривирали потребне из базе података итд. Итеративним симулирањем отказа те кориговањем параметара теоријских расподела се дошло до реалних вредности параметара. За верификацију ових вредности су послужиле вредности из база података о отказима. Симулирањем кретања поузданости сложених постројења су се добили основни подаци о тренутном стању сваког система. Тада је симулационим методама испитиван утицај појединих промена начина одржавања компоненти система на кретање поузданости целог система. Сви резултати модела поузданости су графички презентовани тако да приказују временске токове кретања поузданости. Утицаји појединих начина одржавања система на поузданост система су приказани на различите начине (просећним бројем отказа у неком периоду времена, финансијски за одређени период времена или променом броја отказа у зависности од промене параметара који утичу).

Избор наведених метода и начина њихове примене је, у потпуности, прилагођен карактеру проблема који су у дисертацији решавани. Излагање у овој докторској дисертацији је стручно, веома јасно и у потпуности је везано за дефинисане циљеве истраживања. Кандидат је нашао праву меру приказа модела истраживања, обима резултата и њиховог тумачења, а закључна разматрања и предлози су добра основа за наставак истраживања у овој области. Сви делови дисертације и поглавља унутар тих делова, чине организациону целину и на један логичан начин прате све активности које су реализоване у склопу истраживања. Сва поглавља дисертације су усклађена међусобно. Кандидат је конципирао оригиналне моделе и у процесу истраживања дошао до оригиналних закључака, тако да се дисертација одликује оригиналношћу.

Анализом комплетно представљене грађе докторске дисертације може се закључити да су у потпуности постигнута резултата кандидата у анализи проблематике моделовања поузданости сложених постројења у термоелектранама. Начини обраде добијених резултата истраживања указују на адекватан приказ и тумачење остварених резултата. Подробнијом анализом резултата истраживања до којих је кандидат дошао може се закључити следеће: да између постављене хипотезе и предмета истраживања постоје непосредне и посредне везе, са научним циљевима хипотезе су у непосредној вези, између хипотезе и научних истраживања постоје непосредне и посредне везе и између хипотезе и научне оправданости истраживања постоји посредна веза. Из тих разлога комисија сматра да је методолошко и научно истраживање као и приказ резултата извршен у складу са очекивањима.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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:

Докторска дисертација је, у потпуности, написана у складу са образложењем које је наведено у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе:

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

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Разматрајући представљену целокупну грађу докторске дисертације кандидата мр Драгана А. Милошевића, Комисија је закључила да докторска дисертација представља оригиналан научни допринос аутора теорији и пракси формирања модела поузданости сложених постројења у термоелектранама. Оригиналан допринос дисертације науци може се представити формирањем потпуно нових модела поузданости за три различита система: трачни транспортер, роторни багер и блокове електране (цевни систем са напојним пумпама, котлови, турбине, генератори, електро заштита, ложење, дпрема угља, допрема мазута итд.). Сваки од модела је заснован на Monte Carlo симулацијама и оригиналан је. Модели су предвидели и превентивне акције одржавања као и њихов утицај на кретање поузданости која је квантификована и приказана графички за сваки поједини пример. Модел поузданости роторног багера уводи појам коефицијента недељног превентивног одржавања као мере уклањања непоузданости током превентивних акција одржавања. Модел поузданости блокова електране је увео матрицу интеракције као меру интеракције отказа између компоненти система. Сваки модел је довео до конктрентних резултата, кванитификованих финансијски или у промени броја отказа услед примене одређеног начина одржавања система чиме су створени сви предуслови прецизног и јасног планирања акција одржавања.

Ове новине у у дефинисању поузданости су омогућиле формирање новог интегралног модела поузданости који сваку компоненту система посматра засебно са аспекта начина одржавања. Овакав модел би могао наћи примену на веома различитим, структурно и бројевно сложеним техничким системима у више грана индустрије, као на пример енергетици, рударству, металургији, прехрамбеној индустрији, текстилној, дрвној итд.

Истраживања у дисертацији представљају основу за даља истраживања у датој научној области.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања:

Комисија сматра да дисертација нема недостатака.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже:

Наставно-научном већу Техничког факултета „Михајло Пупин” у Зрењанину да се докторска дисертација под насловом „Модели обезбеђења поузданости сложених постројења у термоелектранама ” прихвати, а да се кандидату мр Драгану А. Милошевићу одобри јавна одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

проф. др Мирослав Ламбић, , председник

проф. др Бранко Шкорић, члан

проф. др Драган Д. Милановић, члан

проф. др Славица Првуловић, члан

проф. др Живослав Адамовић, 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.



JOURNAL OF THE BALKAN
TRIBOLOGICAL ASSOCIATION

Scientific
Bulgarian
SCB Communications
Co., Ltd.

Prof., DSc. S.K.Ivanov
Editor-in-Chief
*Journal of the Balkan
Tribological Association*
PO Box 249
7 Nezabravka Street
1113 Sofia
BULGARIA
Tel/Fax: 872 42 65; 978 72 12;
0897 524 944
E-mail: scibulcom2@abv.bg

To: *Mr. Dragan Milosevic*

Technical Faculty "Mihajlo Pupin"

*Zrenjanin
University of Novi Sad*

SERBIA

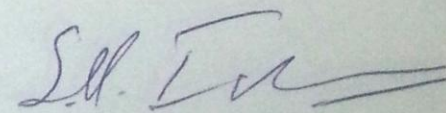
JOURNAL OF THE BALKAN TRIBOLOGICAL ASSOCIATION

It is a pleasure to inform you that your manuscript entitled
"OPTIMIZATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF LUBRICATION
SUBSYSTEM BY RELIABILITY SIMULATION MODEL OF V46-6
ENGINE" by D. MILOSEVIC, N. JANJIC, M. VULOVIC, Z. ADAMOVIC
is accepted for publication and will be included in book 1, Vol. 22 (2016)
of J Balk Tribol Assoc.

The Journal has been awarded by ISI Thomson-Reuters with Impact
Factor 0.443 for 2014.

17.07.2015

Editor-in-Chief


(Prof., DSc. S.K.Ivanov)



Bosnia and Herzegovina

BRUNPP Sarajevo
ttem

Editorial redaction "TTEM"

Bolnička bb 71000 SARAJEVO, BiH

e-mail: ttem_bih@yahoo.com

No: 145./20.6.-2012.

SUBJECT: acknowledgment of paper reviews and publication

According to the archive of reviewed papers of journal **TTEM - Technics Technologies Education Management**, indexed in relevant scientific database of journals: Thomson, Web of science, Web of knowledge, Index Copernicus, Ebsco etc., we confirm that review process has had positive finish for paper which title is:

**MAINTENANCE PLANNING OF BTR SYSTEM BELT
CONVEYORS USING A MODEL BASED ON RELIABILITY
AND MAINTENANCE COST**

Authors :

Dragan Milošević¹, Ljubiša Josimović², Tomislav Petrov³, Živoslav Adamović⁴

¹ Medical School, Požarevac, Serbia

² Polytechnic School, Požarevac, Serbia

³ PD TE-KO "Kostolac" Kostolac, Serbia

⁴ University in Novi Sad, Serbia

and it will be published in TTEM journal in **Vol.8, No. 3,8/9. 2013.**

This paper has been done according to the standards and rules related to the writing of scientific paper and has been reviewed by two reviewers.

The above acknowledgment is issued in order to prove validity of scientific research and professional work.

Sarajevo, jun 20th, 2012.

EDITOR TTEM-11

[Signature]
Dr.sc. Džaber Kudamović, profesor

Calea Grivița, nr.83, Sector 1, D.P. 12, Cod 010705, București
Tel/FAX: +40 21/310.71.30;0311/033089
GSM: 0722 668 071; 0724 537 051; 0722 696 187
E-mail: redactia@metalurgia.ro
www.metalurgia.ro



Conturile F.M.R.:
RON: RIBPO67070666474GRON01
Cod BIC: BPO6ROBU;
BANCPPOST Sucursala Grivița, București
RON : RO03MIND00100007585RO01
USD : RO07MIND 001 00000 7585 U901 ,EURO : RO03 MIND
001 00000 7585EURO1
ATE BANK ROMANIA,SUCURSALA GRIVITA

ACCEPTANCE LETTER

By this acceptance letter we confirm that the authors : **Dragan MILOŠEVIĆ, Živoslav ADAMOVIĆ**, sent us for publishing in *Metalurgia International* journal the article : **RELIABILITY SIMULATION MODEL FOR THE BUCKET WHEEL EXCAVATOR** . The paper sent to *Metalurgia International* editorial board was accepted for publish in year 2013.

BAZE DE DATE INTERNATIONALE ÎN CARE SUNT CUPRINSE REVISTA METALURGIA ȘI REVISTA METALURGIA INTERNATIONAL:

According to paragraph 2.6 of license agreement between ERIC® Publishing Inc. (U.S.A.) and FUNDATIA METALURGIA ROMÂNĂ (ROMÂNIA) the journals METALURGIA and METALURGIA INTERNATIONAL are included in IP® Products, starting from July 1st, 2006.

These journals are included on ERIC®'s site: www.elsevier.com, chapter „Computers and Applied Sciences Complete”, positions 1828 and 1827.

Starting from January 1st, 2007 the journal METALURGIA INTERNATIONAL is also in the SCOPUS database, belonging to ELSEVIER SCIENTIFIC DATABASES – Amsterdam (Netherlands).

We inform our authors and readers that now our magazine “METALURGIA INTERNATIONAL” is introduced in **THOMSON SCIENTIFIC MASTER JOURNAL LIST**, letter M, position 618. For next information please access www.tlsnet.com position <http://scientific.thomson.com/cgi-bin/jrnlst/jrnlsta.cgi>

These journals are included on ISI Web of knowledge-regional JOURNAL EXPANSION EUROPEAN UNION 2010,

MULTIDISCIPLINARY FIELDS http://siwebofknowledge.com/products_tools/multidisciplinary/webofscience/content.asp/en/

Starting from January 1st, 2010, the journal METALURGIA 0461-9579 and METALURGIA INTERNATIONAL 1582-

2214 are included in PRO-QUEST ABSTRACTS IN TECHNOLOGY AND ENGINEERING, CSA TECHNOLOGY RESEARCH

DATABASE AND CSA / ASCE CIVIL ENGINEERING ABSTRACTS. For further details, please access

http://www.csa.com/csa/03/journals_worship_list.cfm#civil-eng

The publisher is honored to inform the readers and authors that beginning with volume XII (2007), METALURGIA INTERNATIONAL is indexed and abstracted in the following:

(Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch)

(Journal Citation Reports/Source Edition

These elements represent Thomson Reuters products and custom information services.

(The “METALURGIA INTERNATIONAL” magazine receives manuscripts of papers including basic scientific research and industrial research in the following fields: metallurgy, materials science and engineering and different related processes.

(Original papers not previously publishing in any other journal, or not sent for publishing before, are accepted.

(After publication, the copyright is transferred to the publishing house.

(Every manuscript will be refereed, their reports form the basis of the Editor's decision.

(The manuscripts sent to the Editor will not returned to the author, even they are not by published.

(The manuscripts will be sent to the following address:
METALURGIA INTERNATIONAL.

83, Calea Griviței, sector 1, Postal code 010705, postal office 12
Bucharest, Romania

Tel: +40-0722926680; +40-0724537857

+40-0722696787; +40-0724296680

+40-0722311272; +40-0735547316

Fax: +40-021-3151232

E-mail: redactia@metalurgia.ro; See also web:

www.metalurgia.ro

THE BRITISH LIBRARY – London (Anglia), starting from year 2008

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ F.M.R.

PREȘEDINTE

Prof.univ.dr. LEPADATU V. GHEORGHE

